UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

CENTRO DE ENERGIA NUCLEAR NA AGRICULTURA

ANDERSON LANGE

Manejo da adubação nitrogenada na cultura do milho após cultivo da soja em sistema semeadura direta no Cerrado

PIRACICABA - SP

2006

ANDERSON LANGE

Manejo da adubação nitrogenada na cultura do milho após cultivo da soja em sistema semeadura direta no Cerrado

Tese apresentada ao Centro de Energia Nuclear na Agricultura da Universidade de São Paulo para obtenção de título de Doutor em Ciências.

Área de concentração: Energia Nuclear na Agricultura
Orientador: Prof. Dr. Paulo C.O. Trivelin
Co-orientador: Dr. Waldo A. R. Lara Cabezas

PIRACICABA - SP
2006

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Seção Técnica de Biblioteca - CENA/USP

Lange, Anderson

Manejo da adubação nitrogenada na cultura do milho após cultivo da soja em sistema semeadura direta no Cerrado / Anderson Lange; orientador Paulo Cesar Ocheuze Trivelin; co-orientador Waldo A.R. Lara Cabezas. - - Piracicaba, 2006.

135 f. : fig.

Tese (Doutorado – Programa de Pós-Graduação em Ciências. Área de Concentração: Energia Nuclear na Agricultura) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura da Universidade de São Paulo.

1. Cobertura do solo 2. Isótopos estáveis 3. Nitrogênio 15 4. Nitrogênio residual 5. Plantio direto I. Título

CDU 631.84:631.544.7

À DEUS, que sempre está do meu lado e por ter me ajudado a superar os problemas e dificuldades que tantas vezes estiveram em meu caminho durante esta fase de minha vida, agradeço a Ele também por permitir-me crescer profissional e espiritualmente; aos meus pais Silvino e Renate Lange que, apesar da distância, sempre estiveram do meu lado e trabalharam incansavelmente para que eu estive aqui hoje, muito obrigado.

DEDICO

Aos meus irmãos, Marilza, Zoni e Elton e a seus familiares pelo apoio e pelas boas horas que sempre passamos juntos quando nos encontramos,

OFEREÇO

A todos os meus ex-professores: da Universidade Federal de Lavras que tiveram o compromisso sério de ensinar-me seus conhecimentos no curso de Graduação e Mestrado e pela alegria e amizade a cada reencontro; do Centro de Energia Nuclear na Agricultura – CENA/USP, por proporcionarem-me a finalização desta etapa de minha vida acadêmica e científica, pelos conhecimentos transmitidos e pela possibilidade de aprender novas metodologias de estudo que poderão ajudar-me muito futuramente.

MINHA GRATIDÃO

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Paulo César Ocheuze Trivelin, que sempre esteve disposto a ajudar, explicar e corrigir minhas dificuldades e pela confiança em minha pessoa; ao Prof. Dr. Waldo A.R. Lara Cabezas, pelo incentivo e idéias que enriqueceram o estudo.

Ao Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA), à Universidade de São Paulo (USP), à Universidade Federal de Uberlândia (UFU), ao Maximiamo, Antônio Mauro e aos proprietários e funcionários das Fazendas Canadá e Pinusplan Reflorestadora Ltda (Floresta do Lobo), ao SN-Centro de Pesquisa e Promoção de Sulfato de Amônio Ltda e a Fundação Agrisus, enfim, a todos estes pelo apoio financeiro, institucional e pela disponibilização da infra-estrutura necessária para o desenvolvimento das atividades de pesquisa.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), especificamente ao CTHidro (Fundo Setorial de Recursos Hídricos) pela bolsa concedida.

Ao Prof. Euripedes Malavolta, por possibilitar e apoiar meus estudos extra-tese, pela confiança e convivência agradável e pelos conhecimentos transmitidos.

Aos técnicos e funcionários do Laboratório de Isótopos Estáveis do CENA/USP: Bento, Clelber, Pingin (José A. Bonassi), Hugo, Juliana, Miguel, Glauco e Magda que de alguma forma auxiliaram-me na execução deste trabalho.

À minha namorada e companheira de todos os momentos Érica, por sempre incentivar-me, entender e ser uma pessoa perseverante e capaz em todos os momentos.

À minha irmã por proporcionar a viagem aos EUA e pelo seu amor a mim dedicado. Também aos meus professores de inglês Gil Crumpler (*in memoriun*) e Lavon Chorba, aos quais conheci nos EUA e que, voluntária e pacientemente empenharam-se em ensinar-me um pouco de sua língua.

A todos os amigos de Pós Graduação, em especial: Carlos Faroni e André Vitti (pelas correções e sugestões), Isabela, Tatiele, Henrique, Carlão, Virgínia, José Lavres e Milton que sempre me ajudaram quando deles precisei. Da mesma forma, agradeço aos estagiários do Laboratório de Isótopos Estáveis pela agradável convivência e pelo auxílio no trabalho.

Aos estagiários do curso de agronomia de UFU: Aurélio, Rissatte, Titi, Cristiano, Rodrigo, Leonardo e demais envolvidos, sem os quais os trabalhos de campo não teriam sido executados.

Aos meus colegas de república: Adriano (Min), Barizon, Daniel, Joãozinho, Marcelo, Carlitos e Jackson pelo apoio.

Aos amigos de Uberlândia: Falqueto, Gustavo, Guilherme e Lílian pela amizade e ajuda.

A todas as pessoas que direta ou indiretamente auxiliaram-me na realização deste trabalho.

"O SOLO NÃO É UMA HERANÇA QUE RECEBEMOS DE NOSSOS PAIS, MAS SIM UM PATRIMÔNIO QUE TOMAMOS EMPRESTADO DE NOSSOS FILHOS".

L. Brown

"SÓ DEPOIS DE MUITO TEMPO FUI ENTENDER AQUELE HOMEM
EU QUERIA OUVIR MUITO MAS ELE ME DISSE POUCO
QUANDO SE SABE OUVIR NÃO PRECISAM MUITAS PALAVRAS
MUITO TEMPO EU LEVEI PRA ENTENDER QUE NADA SEI..."

Dias de Luta

Composição: Edgard Scandurra

RESUMO

LANGE, A. **Manejo da adubação nitrogenada na cultura do milho após cultivo da soja em sistema semeadura direta no Cerrado.** 2006. 135 f. Tese (Doutorado) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

O cultivo de plantas de cobertura como cultura de inverno para produzir palha e proteger o solo após a colheita da cultura de verão, na região do Cerrado brasileiro, tem sido um dos maiores desafios para os produtores que optaram pela adoção do sistema semeadura direta. Outra dificuldade inerente ao sistema semeadura direta, com peculiaridade para o Cerrado, refere-se ao manejo do nitrogênio (N) na cultura do milho, já que o ciclo deste nutriente é extremamente dependente das condições climáticas, apresentando, por isto, comportamento diferente da região Sul do país. Nesta situação, a aplicação de N na semeadura da cultura de cobertura de solo com o objetivo de aumentar a produção de palha ou em pré-semeadura da cultura principal, buscando otimizar tempo, pode ser uma estratégia que apresente a mesma eficiência da fertilização na cobertura no milho em sucessão à soja. Os objetivos do estudo foram avaliar a produção de massa de matéria seca de culturas de cobertura de solo e de espécies espontâneas; determinar a influência das épocas da fertilização nitrogenada nos caracteres fenológicos, na produtividade de grãos e de massa de matéria seca da cultura do milho cultivado após 2 anos de soja e, também, quantificar a eficiência da adubação nitrogenada, utilizando a técnica da diluição isotópica (^{15}N). Foram desenvolvidos dois experimentos na região do Triângulo Mineiro, no Estado de Minas Gerais, avaliando-se doses, fontes e épocas de aplicação de N. As doses de N foram: 110 kg ha^{-1} no experimento em solo de textura média e 70 kg ha^{-1} no experimento em solo de textura muito argilosa, como dose suplementar à adubação de semeadura. As culturas de cobertura de solo, cultivadas após a colheita da cultura de verão, não foram eficientes na produção de palha; a adubação

nitrogenada aplicada na semeadura da cultura de cobertura de solo também não resultou em produção de palha. No experimento em solo de textura média houve resposta à aplicação de N em relação à testemunha e beneficio do parcelamento em diferentes épocas, em relação à aplicação de maiores doses em uma única aplicação. Neste experimento, não houve diferença na produtividade de grãos na fertilização de cobertura do milho, usando uréia ou sulfato de amônio. Em solo de textura muito argilosa não houve resposta na produtividade de grãos do milho quando se aplicou N suplementar à adubação de semeadura, independente da época de aplicação. A eficiência da adubação nitrogenada variou de 26 a 70% para as diferentes épocas de aplicação, sendo que a média de aproveitamento foi de 50%. A aplicação antecipada não se mostrou eficiente em relação à recuperação do fertilizante, sendo recomendada adubação em cobertura, principalmente em solos mais arenosos.

Palavras-chave: manejo de fertilizantes, sucessão de culturas, pré-semeadura, N-recuperado na planta, fenologia do milho, ciclagem de nutrientes, épocas de aplicação de nitrogênio.

ABSTRACT

LANGE, A. **Management of corn crop nitrogen fertilization after soybean cultivation on no tillage system at the Brazilian Cerrado**. 2006. 135 f. Thesis (Doctoral.) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

Cultivation of soil cover crops as second crop willing to produce straw and protect the soil after the harvest of the summer crop at the Brazilian Cerrados region had been one of the biggest challenges faced by farmers that decided for the no tillage system. Another problem inherent to the no tillage system in the Cerrados in relation with the nitrogen management (N) for corn crops is due to the cycle of this nutrient is extremely dependent on climatic conditions and for this reason, a totally different activity in comparison with Southern region of Brazil must be considered. In this situation, N supply whether in the seeding time of the soil cover crops in order to increase the straw production or before the of main cultivation (pre-seeding) looking to optimize time, it might be a strategy that demonstrates the same efficiency offered by the topdressing of the corn in soybean succession. The objectives of the study were to evaluate dry matter production in the soil cover crops and spontaneous species; to determine the influence of different timing of N-fertilizer supply in the phenology characters, yield and dry matter of corn after 2 years of soybean cultivation and, also, to quantify the efficiency of the nitrogen supply using the isotopic dilution technique (^{15}N). Two experiments were carried out at the Triângulo Mineiro region, Minas Gerais State, Brazil, where rates, sources and timing of N applications were evaluated. The rates of N were: 110 kg ha^{-1} for the sandy clay loam soil experiment and 70 kg ha^{-1} for the very clayed soil experiment, besides the nitrogen supplied at the corn crop seeding. The cultivation of the soil cover crops after the harvest of the summer crop was not efficient for cover straw production; the nitrogen supplied at the seeding time of the cover crops also did not result in cover straw production. On the sandy clay loam experiment there was response to nitrogen regarding to the control treatment and also pointed benefit using split time application in relation with higher dose n a unique application. Also there was no difference in the corn yield whether by using urea fertilization or ammonium sulfate topdressing. For the very clayed soil experiment,

there was no response on corn yield when nitrogen was supplied at the seeding independent of application timing. The efficiency of the nitrogen fertilization ranged from 26 to 70% among the different application timing and the average efficiency was 50%. The anticipated application did not demonstrate efficient with regard to the fertilizer recovery, being recommended topdressing applications, especially in sandy soils.

Key-words: fertilizers management, crops succession, pre-seeding, plant N-recovery, phenology of maize plants, nutrient cycling, timing of nitrogen application.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 12
2 REVISÃO DE LITERATURA 15
2.1 Plantas de cobertura no sistema semeadura direta 15
2.2 A cultura do milho no sistema semeadura direta 18
2.3 Nitrogênio no sistema semeadura direta 21
2.4 O uso do traçador isotópico (^{15}N) 25
2.5 A cultura da soja e sua contribuição para as culturas sucessoras 27
2.6 A importância do enxofre no sistema agrícola do Cerrado 30
3 MATERIAL E MÉTODOS 33
3.1 Local do estudo e solos utilizados 33
3.2 Experimento 1 36
3.2.1 Histórico da área 36
3.2.2 Semeadura da planta de cobertura, delineamento experimental e tratamentos. 36
3.2.3 Tratos culturais 38
3.2.4 Métodos de implantação, colheita das plantas e cálculos para avaliação da eficiência de utilização do fertilizante nitrogenado-^{15}N (EUFN) 40
3.3 Experimento 2 43
3.3.1 Histórico da área 43
3.3.2 Semeadura das plantas de cobertura, delineamento experimental e tratamentos. 43
3.3.3 Tratos culturais 45
3.3.4 Métodos de implantação, colheita das plantas e cálculos para avaliação da eficiência de utilização do fertilizante nitrogenado-^{15}N (EUFN). 46
3.4 Determinações comuns aos dois experimentos 48
3.4.1 Cobertura do solo 48
3.4.2 Estado nutricional e determinação de acúmulo de graus-dia 49
3.4.3 Produtividade da cultura do milho 50
3.4.4 Determinações analíticas 51
3.4.5 Análise dos resultados 52
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO 53
4.1 Experimento 1 53
4.1.1 Produtividade de massa de matéria seca do milheto 53
4.1.2 Massa de matéria seca dos resíduos culturais da cultura antecessora e de espécies de plantas espontâneas 55

4.1.3 Estado nutricional da cultura do milho..... 59
4.1.4 Produtividade de grãos, massa de material seco residual e ciclagem de N e S na palha da cultura do milho. 64
4.1.5 Altura das plantas, diâmetro do colmo, distância dos entrenós, estande e número de espigas da cultura do milho. 73
4.1.6 Correlações entre diferentes variáveis na cultura do milho..... 74
4.1.7 Aproveitamento do nitrogênio do sulfato de amônio e da uréia pela cultura do milho em sistema semeadura direta..... 76
4.2 Experimento 2..... 82
4.2.1 Massa de matéria seca da aveia preta..... 82
4.2.2 Massa de matéria seca dos resíduos culturais da cultura antecessora e de espécies de plantas espontâneas..... 84
4.2.3 Estado nutricional da cultura do milho..... 86
4.2.4 Produtividade de grãos, massa de material seco residual e ciclagem de N e S na palha da cultura do milho. 88
4.2.5 Altura das plantas, diâmetro do colmo, distância dos entrenós, estande e número de espigas da cultura do milho. 94
4.2.6 Aproveitamento do N-amônio do sulfato de amônio e do nitrato de amônio pela cultura do milho em sistema semeadura direta 96
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS 102
5.1 Cobertura do solo..... 102
5.2 Produtividade da cultura do milho e acúmulo de graus-dia (GD) durante o ciclo 104
6 CONCLUSÕES 109
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... 110
8 ANEXOS..... 129

1 INTRODUÇÃO

O setor primário tem se destacado historicamente na sustentação da economia brasileira, em especial, nos últimos anos. Alguns fatores têm colaborado para tanto, podendo-se destacar o crescente uso de tecnologias, o melhoramento genético, o correto uso e manejo do solo, a adoção do sistema semeadura direta (SSD), citando-se, ainda, a incorporação das fronteiras agrícolas, principalmente a região do Cerrado.

Atualmente a produção nacional dos principais grãos está próxima dos 130 milhões de toneladas anuais, ocupando uma área de 47 milhões de ha. Entretanto, para que se alcance altas produtividades em solos brasileiros há a necessidade não apenas da correção inicial (calagem, gessagem, fosfatagem), mas também da manutenção dos níveis de fertilidade dos mesmos. Nesse contexto, o SSD tem importante papel na conservação do solo, no aumento e manutenção da fertilidade e na preservação dos recursos naturais. O sistema assume comportamento diferencial nas distintas regiões do país, em relação ao sistema de preparo convencional do solo (SPC), o que tem gerado opções para diversos estudos, em diferentes áreas.

O SSD tem trazido desde sua implantação diversas dificuldades de manejo, sendo que muitas delas já foram resolvidas, principalmente na região Sul do país, onde o sistema foi inicialmente instalado. Entretanto, na região do Cerrado, devido às diferentes condições de clima reinantes em relação ao Sul, muitas adaptações foram e estão sendo feitas para que a técnica possa ser usada com sucesso e assim contornar os problemas. Estima-se hoje que a região do Cerrado, onde está concentrada a produção nacional de grãos, apresente 40% da sua área cultivada sob SSD (LOPES et al., 2004).

Uma das maiores dificuldades encontradas pelos produtores que optaram pelo SSD no Cerrado, especificamente no Triângulo Mineiro (MG), tem sido a adoção de uma cultura que

ofereça cobertura do solo, conhecida como cultura de inverno ou planta de cobertura. Há escassez de chuvas após a colheita da cultura de verão na região do Cerrado e pequena diversidade de espécies adaptadas de plantas de cobertura, fatores estes que tem dificultado a implantação de culturas de cobertura de solo no início do outono, reduzindo a formação de palha sobre o solo e descaracterizando o SSD. Além disso, nessa região ocorrem altas temperaturas durante o ano todo, fato que corrobora para uma rápida mineralização da palha.

Outro ponto importante que tem despertado interesse na realização de pesquisas na região é o manejo do N, já que o ciclo deste nutriente é dependente das condições climáticas, apresentando, por isto, comportamento diferencial quando comparado ao manejo empregado na região Sul. Na região Sul é possível o cultivo de plantas de cobertura que aumentam o "pool" de N no solo, como as leguminosas, através da fixação biológica de nitrogênio (FBN), podendo-se reduzir a dose de N a ser aplicada em cobertura na cultura comercial de verão (AMADO; MIELNICZUK; AITA, 2002). A antecipação da adubação de cobertura nitrogenada, que seria utilizada na cultura do milho, aplicada já na semeadura da planta de cobertura ou na dessecação desta, tem por objetivo evitar a competição pelo adubo nitrogenado colocado na adubação de semeadura, técnica denominada de aplicação em pré-semeadura (SÁ, 1995). Nesse contexto, a produtividade do milho é semelhante quando se aplica antecipadamente o N recomendado para cobertura, no manejo da cultura de inverno. Salienta-se que em anos de chuvas intensas a produtividade pode ser reduzida (BASSO; CERETTA, 2000). A antecipação pode ser uma prática pouco segura em solos arenosos, mais sujeitos a lixiviação, pois é arriscado contar com a imobilização do N na fração orgânica, além da dependência das condições climáticas, que são pouco previsíveis (CANTARELLA; DUARTE, 2004).

Na região do Cerrado a antecipação da adubação nitrogenada vem sendo utilizada por alguns produtores. Entretanto, o objetivo dessa aplicação antecipada não é evitar a carência do

nutriente no pós-semeadura, já que a palha é escassa, mas sim, ganhar tempo. O cultivo de milho e soja segue o procedimento de se dividir a propriedade em glebas e cultivar com milho um terço da área da propriedade e o restante com soja e, assim, estabelecer a sucessão soja/soja/milho. Nessa situação alguns produtores vêm realizando aplicação antecipada de N, para que depois de toda área de milho ser semeada, o maquinário (tratores e implementos) encontrar-se liberado para a semeadura da soja. Esse procedimento é muito importante na região, pois as chuvas de verão se iniciam tardiamente e o produtor se vê obrigado a realizar a semeadura da soja logo após o término da semeadura do milho. Deve ser destacado também que na região ocorrem períodos prolongados de chuvas após novembro, o que obriga o produtor a equacionar tempo e maquinário para ser utilizado na semeadura da soja, já que as propriedades geralmente ocupam áreas acima de 1.000 ha.

A fertilização com N na semeadura da planta de cobertura com o intuito de formar palha ou em pré-semeadura buscando equacionar tempo pode ser uma estratégia adotada que apresente a mesma eficiência da aplicação em cobertura no milho em sucessão à soja, sendo possível, ainda, beneficiar-se do N residual proveniente da leguminosa.

Nesse contexto, o objetivo do trabalho foi avaliar a produção de massa de matéria seca (MMS) das culturas de cobertura e de outras espécies espontâneas; determinar a influência das épocas de aplicação do adubo nitrogenado nos caracteres fenológicos, na produtividade de grãos e de MMS da cultura do milho após a cultura da soja e quantificar a eficiência da adubação nitrogenada, utilizando técnica isotópica (^{15}N).

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Plantas de cobertura no sistema semeadura direta

Os resíduos culturais ou resíduos de plantas cultivadas eram considerados empecilhos para a agricultura de preparo convencional de solo e a queima destes foi uma prática rotineira, resultando na degradação física, química e biológica dos solos, com conseqüente queda na produtividade.

De maneira geral, a matéria orgânica do solo (MOS), que provém da adição de palha no sistema, atua no solo melhorando a capacidade de retenção de água, promovendo a estruturação dos solos, melhorando as condições edáficas para os microrganismos e aumentando a fertilidade. Havendo acúmulo de MOS consequentemente estará ocorrendo também acúmulo de N, P e S na fração orgânica do solo, uma vez que estes nutrientes correspondem a cerca de 0,5 % da matéria orgânica (WIETHOLTER, 2000).

Comparando SSD e SPC, Bayer e Bertol (1999) e Beutler et al. (2001) determinaram que o SSD foi responsável por elevar o estoque MOS, contribuindo com o seqüestro de CO_2 da atmosfera, além de resultar em acúmulo de N-total nas camadas superficiais de solo, onde prevalece o desenvolvimento do sistema radicular das culturas (BAYER; MIELNICZUK; MARTIN NETO, 2000).

Atualmente, com o uso do SSD, as plantas de cobertura do solo são consideradas recursos naturais de extrema importância por protegerem o solo. Além disso, elas podem ser responsáveis por ciclar grandes quantidades de nutrientes (FAVERO et al., 2000; GIACOMINI et al., 2003), inclusive de N, no caso de plantas que não são capazes de fixá-lo em quantidade representativa. As características desejáveis das plantas de cobertura são: elevada produtividade de massa seca, baixo custo de implantação, alta capacidade de resistir

ao déficit hídrico, ciclar nutrientes, não ser hospedeira de pragas e doenças, além de apresentar alta relação C/N.

Os primeiros estudos com SSD na região Sul já demonstravam que o uso de plantas de cobertura era eficiente na redução das perdas de solo e água, ou seja, no controle da erosão do solo (ELTZ et al., 1984, LOPES; COGO; LEVIEN, 1987). Diversos estudos já foram desenvolvidos objetivando verificar a capacidade das plantas de cobertura em produzir palha e ciclar nutrientes, sendo que a maior parte dos resultados provém da região Sul, onde existem condições climáticas favoráveis no período destinado ao cultivo de tais espécies (Tabela 1).

Dentre as propriedades físicas dos solos que limitam a produção no Cerrado, a baixa capacidade de retenção de umidade e, conseqüente, reduzida disponibilidade de água é responsável pela redução na produtividade das culturas comerciais em condições de sequeiro, fazendo-se necessário o aumento da concentração da MOS.

Para obter completa cobertura do solo e conseguir elevada infiltração de água são necessários entre 4 a 6 t ha^{-1} de MMS (DERPSCH et al., 1991). Alvarenga et al. (2001) cultivaram 18 espécies de plantas de cobertura em Iraí de Minas, no Estado de Minas Gerais, e observaram aos 98 dias após semeadura produtividade de MMS variando de 1,5 a 6,0 t ha^{-1} e consideraram que 6 t ha^{-1} podem garantir boa cobertura. Entretanto, produzir e manter a palha sobre o solo tem sido um dos grandes entraves encontrados para o SSD no Cerrado. Dificuldades ocorrem, normalmente, pela falta de culturas de cobertura adaptadas às condições locais, pela baixa disponibilidade de água no solo após sua semeadura (março/abril), e, principalmente, pelas altas temperaturas e precipitações concentradas nos meses mais quentes do ano, estimulando a decomposição e minimizando a permanência da palha sobre o solo.

Tabela 1- Produção de palha de espécies de plantas de cobertura de solo, em diferentes localidades.

Espécie	Local	Época de semeadura	Produtividade (t ha^{-1})	C	N	C/N	Citação
				g kg^{-1}			
Aveia preta	RS	inverno	4,32	--	10	40	Aita et al. (1994)
Pousio	RS	inverno	1,5	--	18	21	
Crotalária j.	GO	novembro	16,9	--	15	--	Amabilie, Fancelli e Carvalho (1999)
Aveia preta	RS	inverno	3,3	470	--	--	Gonçalves e Ceretta (1999)
Pousio	RS	inverno	1,8	406	--	--	
Milheto	SP	novembro	6,6	--	--	--	Guideli, Favroretto, Malheros (2000)
Milheto	SP	março	2,8	--	--	--	
Milheto	RJ	janeiro	3,1	--	--	--	Geraldo et al. (2002)
Milheto	RJ	março (1)	2,7	--	--	--	
Aveia preta	PR	outono/inverno	4,2-18,3	--	13	--	Borkert et al. (2003)
Pousio	MG	novembro	3,7	369	18	20	Favero et al. (2000)
Timbete	MG	novembro	1,3	388	17	23	
Aveia preta	MG	agosto	2,4	--	12	31	Torres et al. (2004)
Milheto	MG	agosto	10,3	--	16	22	
Pousio	MG	agosto	2,2	--	22	20	
Braquiaria	MG	agosto	6,0	--	22	16	
Aveia preta	MG	agosto (1)	3,36	--	14	28	
Milheto	MG	agosto (1)	3,62	--	15	25	
Pousio	MG	agosto (1)	3,79	--	15	25	
Braquiaria	MG	agosto (1)	2,1	--	20	20	
Aveia preta	RS	maio	4,31	--	12	37	Giacomini et al. (2003)
Pousio	RS	maio	0,77	--	18	25	
Aveia forrageira	SP	maio	2,2-7,7	--	--	--	Primavesi et al. (2002)
Aveia preta	SC	abril	8,3	--	--	--	Bertol et al. (1998)
Milho	SC	outubro	11,6	--	--	--	
Aveia preta	SP	maio	7,5	--	--	--	Nakagawa, Cavariani, Machado (2000)
Milheto	MS	setembro	6,9	--	10	45	Silva (2005)
Milheto	SP	setembro	4,0	--	19	--	Bertin et al. (2003)
Pousio	SP	setembro	2,6	--	31	--	
Milheto	SP	setembro	3,8-14,0	--	--	--	Foloni e Rosolem (2003)
Aveia preta	DF	abril	1,2	--	--	--	Sodré Filho et al. (2004)
Milheto	DF	abril	1,6	--	--	--	
Pousio	DF	abril	1,1	--	--	--	
Aveia preta	RS	inverno	5,7	--	10,8	38	Ceretta et al. (2002)

(1) Condição de pluviosidade reduzida

Estabelecer um sistema de rotação que contemple o cultivo de plantas de cobertura é importante por facilitar o controle de pragas, doenças e espécies espontâneas, por ciclar nutrientes minerais da camada arável e também do percolado abaixo dessa camda, sendo que, quanto maior for a diversidade de espécies, maior será a quantidade de nutrientes reciclados e disponibilizados para a atividade produtiva econômica (BORKET et al., 2003).

Uma estratégia que pode aumentar a quantidade de palha produzida pela planta de cobertura, cultivada no período outono/inverno, é a aplicação de fertilizantes em sua semeadura (NAKAGAWA; CAVARIANI; MACHADO, 2000; PRIMAVESI et al., 2002). Outra opção é apostar na adubação de sistema, aplicando parte do fertilizante destinado ao milho na planta de cobertura. Porém, os estudos desenvolvidos nessa vertente deixam de relatar os ganhos de MMS das plantas de cobertura (PAULETTI; COSTA, 2000; PORTO et al., 2004). Em relação à adubação de sistema, Wiethölter (2000) observou efeito residual do N aplicado na cultura do trigo na produtividade do milho em sucessão. Adicionalmente, plantas espontâneas também têm apresentado bom potencial de cobertura de solo em áreas de SSD em relação ao SPC, devido a permanência do banco de sementes na superfície do solo nesse sistema (SODRÉ FILHO et al., 2004).

Uma alternativa é beneficiar-se das plantas espontâneas que a região tem a oferecer. Estas espécies, conhecidas como plantas daninhas, inços, ervas invasoras podem promover a cobertura do solo, produzir fitomassa semelhante às plantas cultivadas e ainda ciclar altas quantidades de potássio (K) e magnésio (Mg) e, algumas delas fósforo (P) (FAVERO et al., 2000).

2.2 A cultura do milho no sistema semeadura direta

O milho é um dos principais insumos utilizado para a alimentação animal na forma in natura, como forragem conservada para o período de seca, na fabricação de farelos e também na alimentação humana, como amido, farinhas, óleo, etc. Segundo Pinazza (1993) existem mais de 600 produtos em que o milho participa como matéria prima.

O milho é uma das espécies mais eficientes na conversão de energia radiante em fitomassa, visto que uma semente de 260 mg pode resultar em um período de 140 dias em até 250 g de grãos por planta (FANCELLI, 2000). Isto é importante para o Brasil, que está situado em uma região tropical, fato que facilita o aproveitamento da luz solar. Outro ponto relevante é aproveitar o grande potencial que a espécie tem, já que uma parcela representativa da população brasileira ainda vive em condições de desnutrição.

A área brasileira cultivada com milho na primeira safra de 2002/03, ano de realização do estudo, foi de 9,66 milhões de ha, com produtividade média de 3,58 t ha^{-1}, sendo as maiores produtividades nacionais obtidas nos estados da região Centro-Oeste, com média de 5,13 t ha^{-1}, resultado esse decorrente do cultivo em grandes propriedades agrícolas, as quais podem variar de 300 a 1000 ha, ou ainda maiores (LANDERS, 2001), além das condições climáticas favoráveis que também ocorreram na referida safra. Nos últimos 20 anos a área cultivada com milho praticamente se manteve estagnada e os ganhos de produção se devem ao aumento da produtividade, com destaque para a região do Cerrado (SOUSA; BRAGA, 2004). Os ganhos em produtividade ocorreram graças ao correto manejo dos solos e ao melhoramento genético, sendo as baixas produtividades, resultado da diversidade de métodos de cultivo. Estima-se que 43% da área cultivada com o grão no país é destinada à subsistência, em que os agricultores utilizam baixa tecnologia e, apenas 11% dos agricultores usam alta tecnologia para produzir (VON PINHO, 2001). Neste sentido, é importante que o agricultor fique atento periodicamente no desempenho agronômico dos principais materiais genéticos recomendados para cada região, pois isto pode trazer informações valiosas para o aumento da produtividade, em relação ao híbrido ou híbridos a serem selecionados (SANTOS et al., 2002).

O monitoramento dos teores de nutrientes no solo e na planta, por meio da análise de solo e do tecido foliar, se faz necessário para alcançar a produtividade almejada. Isto se deve à

elevada capacidade extrativa da cultura (BULL, 1993), principalmente de N, podendo haver necessidade de até 190 kg ha^{-1} do nutriente para se produzir 9 t ha^{-1} de grãos. Segundo o mesmo autor, quando se manteve adequado fornecimento de nutrientes para o milho, a produção diária de MMS foi 245 kg ha^{-1}. Na carência de P e K a produção foi de 204 e 200 kg ha^{-1} respectivamente, enquanto para condições de extrema deficiência de N a produção diária foi 82 kg ha^{-1}, evidenciando a importância do correto fornecimento de N para a cultura.

A utilização do milho no sistema de rotação de culturas é importante para o sucesso do SSD no Brasil, pois, além da produção de grão, pode-se obter também 6,0 t ha^{-1} de MMS (WISNIEWSKI; HOLTZ, 1997), quantidade essa que proporciona o controle de aproximadamente 80% das perdas de água e solo em relação ao solo descoberto (LOMBARDI NETO et al., 1988), sendo esta característica importante para a região do Cerrado.

Após 13 anos cultivando diferentes plantas de cobertura no inverno e milho no verão, Lovato et al. (2004) verificaram que o milho foi o grande responsável pela adição de C ao solo. Além disso, Coelho e França (1995) comentaram que o retorno dos resíduos culturais do milho incorporou ao solo grande parte dos nutrientes, principalmente K e cálcio (Ca) contidos na palha.

Em função do planejamento do sistema de rotação, é importante destacar, também, que é possível se prever os estádios fenológicos da cultura por meio do conhecimento prévio de série histórica de temperatura da localidade e da soma calórica requerida pelo híbrido para atingir o ponto de maturidade fisiológica (GADIOLI et al., 2000; FANCELLI; DOURADO NETO, 2004). Isto se torna importante na região, pois assim pode-se prever a época aproximada da colheita e programar qual a espécie a ser utilizada para cobertura do solo (aquisição de sementes previamente), já que a semeadura só é indicada na região se houverem condições favoráveis de umidade do solo.

2.3 Nitrogênio no sistema semeadura direta

À medida que a agricultura se intensifica e os novos híbridos são lançados no mercado, o consumo de N tende a aumentar, pois as culturas possuem cada vez maiores exigências. Devido ao baixo efeito residual e a grande exigência das culturas, a adubação nitrogenada precisa ser feita em maiores quantidades e mais freqüentemente que a dos demais nutrientes. Dentre os fatores que fazem do N o nutriente mais importante para a cultura do milho pode-se citar sua participação no crescimento vegetativo, na fotossíntese, no aumento da porcentagem total de proteínas e no ganho de peso da espiga (FANCELLI; DOURADO NETO, 2004), tendo por conseqüência o aumento da produtividade.

A dinâmica do N no SSD é diferenciada em relação aos outros nutrientes, o que faz com que cada estudo tenha suas características únicas. Também quando manejado de forma correta, de acordo com os princípios básicos, o SSD requer rotação de culturas, o que não contempla o aparecimento em estudos de campo com duas condições idênticas, para se repetir um estudo em dois anos agrícolas. Em virtude dessas condições, os resultados são diversos.

Os fatores ambientais, os da própria cultura e os do solo afetam a resposta da cultura do milho ao N de modo que as curvas de rendimento podem variar bastante entre diferentes locais, assim como em solos férteis, com alto suprimento residual de N, adubações nitrogenadas podem até não ter efeito ou mesmo diminuir os rendimentos (BELOW, 2002).

Segundo Lara Cabezas (2001), a ausência de revolvimento do solo associada a uma planificação de rotação de culturas (não sucessão) eleva a tal grau a complexidade do sistema que nunca mais a mesma cultura, inserida na rotação, estará sujeita às mesmas condições.

Para obter elevada produtividade a cultura do milho requer grandes quantidades de N (ROJAS et al, 1999, CANTARELLA et al, 2003; COUTO, 2003; GAVA, 2003).

Atualmente, no Brasil, são recomendadas doses de N entre 30-40 kg ha^{-1} na semeadura (adubação de semeadura) e 140-180 kg ha^{-1} de N em cobertura (CFSMG, 1999; FANCELLI; DOURADO NETO, 2004; SOUSA; LOBATO, 2004). Alguns estudos de curva de resposta têm comprovado que essas doses propiciaram altas produtividades para a cultura na região do Cerrado (FERREIRA et al., 2001; LANGE, 2002; SILVA, 2005). A aplicação de N pode também influenciar indiretamente a nutrição da planta, havendo maior absorção de outros nutrientes devido à exploração de um maior volume de solo pelo aumento do sistema radicular (BULL, 1993). Altas doses podem modificar o pH do solo, aumentando ou diminuindo a disponibilidade de alguns nutrientes e pode haver também aumento na mineralização da MOS e conseqüente aumento dos nutrientes disponíveis.

É recomendável fazer a quantificação da adubação nitrogenada em função do rendimento almejado, da variedade ou híbrido utilizado, do solo, do clima, da época de semeadura, da cultura antecessora, da adubação anteriormente utilizada e do sistema de produção adotado. O parcelamento da adubação nitrogenada se faz necessário quando o solo apresentar menos que 30% de argila, quando a época de aplicação coincidir com o período chuvoso ou quando a dose de N for superior a 100 kg ha^{-1} (FANCELLI; DOURADO NETO, 2004).

Os níveis de produtividade dos solos são normalmente resultantes da interação entre processos de degradação, conservação e práticas de regeneração ou de manutenção da MOS. Nesta situação, o clima é o fator crítico que altera estes processos (SÁ, 1995).

Estudos têm buscado identificar a melhor dose e época de aplicação de N para o milho em SSD, porém, ainda não há concordância nos resultados. Na fase de adoção do SSD observou-se maior necessidade de utilização de N, devido ao processo de imobilização pela biomassa microbiana do solo, conseqüência de sua maior atividade e dos baixos teores de MO (SÁ, 1995; SÁ, 1999). Após alguns anos ocorre o restabelecimento no equilíbrio das

transformações que acontecem no solo, devido à deposição e ao acúmulo de resíduos culturais na superfície do solo (SÁ, 1999). Como conseqüência do aumento da cobertura e do teor de MOS, as quantidades de N presentes no solo também aumentam (SIDIRAS; PAVAN, 1985; BAYER; BERTOL, 1999; RHEINHEIMER et al., 1998; BAYER; MIELNICZUK; MARTIN NETO, 2000 ; SOUZA; MELO, 2000) e, dependendo do tempo de adoção e das condições locais, o caráter-fonte de N da MOS predomina em relação ao caráter-dreno (MENDONÇA; OLIVEIRA, 2000), podendo inclusive não haver resposta à sua aplicação (SÁ, 1995; CAPOBIANCO et al., 2004).

Tentando contornar o problema da imobilização de N aplicado na semeadura, Sá (1999) sugeriu, para a condição de solo e região de seu estudo, antecipar a dose de N de cobertura, aplicando-a no manejo mecânico da cultura de inverno, acelerando a sua decomposição e, desta forma, evitar a competição entre a biomassa e a cultura pelo adubo nitrogenado colocado na semeadura. A similaridade entre a aplicação de N em pré-semeadura (23 dias antes da semeadura) e cobertura foi observada por Basso e Ceretta (2000), entretanto, estes autores verificaram que a antecipação do N pode oferecer riscos, uma vez que ocorra elevada pluviosidade após sua aplicação. Resultados semelhantes foram observados por Pottker e Wiethölter (2004), mesmo aplicando o N bem próximo da semeadura do milho (10 dias antes).

Esta forma de manejo se torna ainda mais crítica em função das elevadas doses recomendadas para a cultura. Wolschick et al. (2003) verificaram, na cultura do milho, que a aplicação de 150 kg ha^{-1} de N em pré-semeadura e 30 kg ha^{-1} na semeadura resultou em produtividade semelhante a aplicação de 90 kg ha^{-1} de N, divididos entre semeadura e duas coberturas, sob condições de intensas chuvas (“El niño”). Bortolini et al. (2001) verificaram menores produtividades no milho quando o N foi aplicado antecipado (150 ou 60 kg ha^{-1}), em regime de disponibilidade hídrica excessiva, em relação à aplicação em cobertura, todavia,

quando se parcelou o N em cobertura, o efeito de uma elevada pluviosidade não foi observado, ao avaliar-se a produtividade de grãos. Cantarella et al. (2003) observaram que a aplicação do N em pré-semeadura reduziu a produtividade do milho em relação a aplicação em cobertura, quando houve distribuição regular de chuvas, porém, quando as chuvas foram escassas, produtividades semelhantes foram observadas para as duas épocas de aplicação. Já Couto (2003) verificou que a aplicação de sulfato de amônio (SA) em pré-semeadura ou em cobertura resultou em produtividades estatisticamente semelhantes, porém, quando utilizou uréia (UR) como fonte de N, esta se mostrou superior quando foi aplicada em cobertura.

Dentre as possibilidades de aplicação de N, o parcelamento em diferentes épocas parece ser a melhor forma de contornar o problema, entretanto, salienta-se que pode não haver resposta ao parcelamento da cobertura (SANGOI; ALMEIDA, 1994; ESCOSTEGUY; RIZZARDI; ARGENTA, 1997; SILVA; SILVA, 2002). Até mesmo a aplicação de todo o N na semeadura pode resultar em produtividade semelhante no milho (RUVER et al., 2004), em relação ao seu parcelamento.

Aplicar altas doses de N em uma única época em solos arenosos e mal estruturados pode ocasionar sérias perdas por lixiviação de nitrato (NO_3^-), principalmente, quando ocorrerem chuvas intensas (SUHET; PERES; VARGAS, 1985). Entretanto, quando Lara Cabezas et al., (2000) aplicaram 100 kg ha^{-1} de N na cultura do milho, sob a condição de um solo muito argiloso, não foram observadas perdas expressivas de N por lixiviação. Já Scivittaro et al. (2003) verificaram, após a colheita do milho, que 32% do total de N contido no solo encontrava-se na camada de 20-40 cm em um solo argiloso. Além de perda por lixiviação, o N está sujeito a perdas por volatilização, na forma gasosa de NH_3 (LARA CABEZAS, KORNDORFER; MOTTA, 1997), por denitrificação e também pelo arraste superficial, decorrente da erosão.

As variações nos resultados decorrem da diversidade de condições edafoclimáticas que ocorrem no país (fatores bióticos e abióticos), das distintas condições em que cada estudo é desenvolvido, das variações genéticas nos materiais utilizados, entre outros fatores, o que pode ocasionar baixo retorno econômico à aplicação de N.

2.4 O uso do traçador isotópico (^{15}N)

O uso da técnica do traçador isotópico (^{15}N) é importante para se entender o comportamento do N, melhorando o entendimento da relação entre o aproveitamento do fertilizante e produtividade da cultura e, desta forma, ampliar o conhecimento já existente (LARA CABEZAS, 2001; CANTARELLA et al., 2003, COUTO, 2003; LARA CABEZAS; LANGE, 2003; GAVA, 2003, LARA CABEZAS et al., 2004a, LARA CABEZAS et al., 2005), possibilitando modificar a forma de manejo ou a adoção de tecnologias alternativas e eficientes de aplicação do N em SSD.

Lara Cabezas et al. (2004a) observaram que 39% do total de N aplicado em pré-semeadura (71 kg ha^{-1}) foi recuperado, em relação a aplicação em cobertura, a qual proporcionou recuperação de 70% dos 35 kg ha^{-1} de N aplicados, lembrando que as produtividades foram semelhantes. Couto (2003) estudando fontes de N na cultura do milho em SSD observou maior recuperação e maiores produtividades quando utilizou SA em relação à aplicação de UR. Quando as chuvas foram normais, a recuperação do N fertilizante foi maior quando aplicado em cobertura, relativamente à aplicação em pré-semeadura, influenciando, inclusive, na produtividade do milho (CANTARELLA et al., 2003); porém, quando as chuvas foram escassas, a recuperação do N e a produtividade do milho foram

semelhantes. O uso de traçadores isotópicos (^{15}N) tem se tornado uma ferramenta facilitadora do entendimento da dinâmica deste nutriente em SSD (Tabela 2).

Lara Cabezas (2001) acompanhou a imobilização do N da UR e do SA enriquecidos em ^{15}N, aplicados em pré-semeadura e cobertura, observando que o processo é mais marcante quando o N foi aplicado em pré-semeadura. Porém, o N da UR foi imobilizado nas duas épocas de aplicação e o N do SA somente quando aplicado na pré-semeadura. Os resultados de produtividade sugeriram a aplicação de SA em pré-semeadura e para a UR os efeitos seriam variáveis, em função principalmente da pluviosidade e da mudança do pH do solo. Lara Cabezas e Lange (2003) observaram também que a maior quantidade de palha sobre o solo promoveu uma maior recuperação do N da UR e do SA na planta, 66,2 e 76,5% respectivamente, em relação a menor quantidade de palha, quando a aplicação foi feita em pré-semeadura. A condição de adensamento da cobertura pode ter estimulado a imobilização, aumentando a disponibilidade do nutriente na época de exigência pela cultura.

Gava (2003) avaliou a eficiência da adubação de cobertura para SPC e para o SSD em sua implantação. O uso de 100 kg ha^{-1} de N na forma de UR não apresentou diferenças significativas na eficiência de utilização do fertilizante nitrogenado para os dois sistemas. Segundo o autor, o aumento na demanda de N pela cultura, devido à possível imobilização, na implantação da semeadura direta, não foi verificado. Isto ocorreu, provavelmente, porque a dose de N satisfez as necessidades da cultura.

Tabela 2- Eficiência de utilização do fertilizante nitrogenado (EUFN) e porcentagem de nitrogênio na planta derivado do fertilizante (PNPDF) para as fontes sulfato de amônio (SA) ou da uréia (UR) aplicada em diferentes épocas na cultura do milho em sistema semeadura direta em solos do Brasil.

Fonte	Dose (kg ha^{-1})	Época	EUFN (%)	PNPDF	autor
SA	80	Pré-semeadura	79,7	31	Couto (2003)
UR	80	Pré-semeadura	59,1	22,9	
SA	80	Cobertura	88,8	26	
UR	80	Cobertura	50,3	18,5	
UR	50	Cobertura	39,6	15	Gava (2003)
UR	100	Cobertura	43,4	23	
UR	150	Cobertura	34,5	30	
UR	200	Cobertura	19	21	
UR	80	Pré-semeadura	48,3	19	Cantarella et al. (2003)
UR	80	Cobertura	66,4	28	
UR	80	Pré-semeadura	58,5	27	
UR	80	Cobertura	63	24	
UR	100	Cobertura	25,2	17	Lara Cabezas et al. (2000)
UR	60	Cobertura	57	32	Coelho et al. (1991)
UR + SA	71$^{nabo/milho}$	Pré-semeadura	27,1	11	Lara Cabezas et al. (2004a)
UR + SA	71$^{milheto/milho}$	Pré-semeadura	50,8	15	
SA	36$^{nabo/milho}$	Cobertura	72	14	
SA	36$^{milheto/milho}$	Cobertura	70	16	
SA	80$^{aveia/milho}$	Pré-semeadura	57	30	Lara Cabezas et al. (2005)
UR	80$^{aveia/milho}$	Pré-semeadura	28	21	
SA	80$^{aveia/milho}$	Cobertura	62	25	
UR	80$^{aveia/milho}$	Cobertura	42	19	
UR	60	Pré-semeadura	58	29	Lara e Lange (2003)
SA	60	Pré-semeadura	57	33	
UR	30-180	Cob. (4 folhas)	49	--	Silva (2005)
UR	30-180	Cob. (8 folhas)	50	--	
UR	50	Semead. + 2 Cobert.	71	--	Scivittaro et al. (2003)
UR	100	Semead. + 3 Cobert.	65	--	

2.5 A cultura da soja e sua contribuição para as culturas sucessoras

A área cultivada com soja aumentou muito nos últimos anos. Estima-se que na safra 2002/03, foram cultivados aproximadamente 18,5 milhões de ha no Brasil, sendo 15,5 milhões na região Sul e Centro-Oeste (CONAB, 2004). Nos últimos anos, os preços convidativos oferecidos para esta commodity proporcionaram aumento da área cultivada, sendo considerada uma das melhores formas de capitalização pelos agricultores. Entretanto, na a safra 2004/05, em função da alta no custo de produção de até 40%, da queda do preço da

saca, devido à baixa do dólar e, principalmente, pela queda na produtividade decorrente das condições climáticas e fitopatológicas, o único artifício foi alcançar produtividades acima de 50 sacas ha^{-1} (3000 kg), para obtenção de lucro, condição que se agravou ainda mais na safra 2005/06.

A introdução da cultura do milho como alternativa para rotação de culturas com a soja torna-se importante, por promover incorporação de palha e pelo beneficio que o N residual da soja pode proporcionar às culturas (GALLO et al., 1983; PEREIRA et al., 1988; MASCARENHAS et al., 1993; BELOW, 2002; MASCARENHAS; TANAKA; WUTKE, 2002). Entretanto, salienta-se que estas observações foram tomadas, em sua maioria, em estudos conduzidos sob SPC, não abrangendo a nova mentalidade e condição em que o solo se encontra no SSD. Gallo et al. (1983) após cultivar quatro e cinco anos com soja, não observaram resposta pela cultura do milho à aplicação de até 60 kg ha^{-1} de N, verificando resposta significativa apenas após três anos de soja.

Pereira et al. (1988) ao estudarem o efeito da sucessão soja/milho e soja/algodão, também não observaram resposta à adubação nitrogenada de cobertura na produtividade das culturas sucessoras. Segundo os autores, os resíduos da cultura de soja foram suficientes para suprir a necessidade de N, podendo sua aplicação ser dispensada, porém, deve-se observar que os autores aplicaram apenas 40 kg ha^{-1} de N na cobertura. Derpsch et al. (1991) observaram mesmo rendimento de milho após soja e tremoço sem adubação nitrogenada em relação ao monocultivo de milho, com aplicação de 90 kg ha^{-1} de N-SA.

Mascarenhas et al. (1993) observaram maiores produtividades de milho, num período de sete anos consecutivos, quando o solo foi cultivado com diferentes sistemas de rotação: três primeiros anos soja/milho/algodão em diversas combinações do que quando o milho foi cultivado continuamente, aplicando-se 60 kg ha^{-1} de N-SA em cobertura, evidenciando a importância da rotação de culturas.

Diversos resultados apontam o benefício da cultura da soja, como antecessora à outras gramíneas, fornecendo N (Mascarenhas et al., 2002). Segundo Below (2002), a recomendação de adubação nitrogenada para a cultura do milho nos EUA leva em consideração o sistema de rotação podendo-se dar um credito de até 45 kg N ha^{-1} para a soja, porém, alguns dados apontaram um crédito de até 97 kg N ha^{-1}. Apesar de as condições ambientais serem diferenciadas, espera-se que mesmo em clima tropical haja influência da cultura da soja sobre a disponibilidade de N para a cultura sucessora. Outros trabalhos verificaram que a soja pode ser uma removedora de N do solo, resultando em balanço negativo, ou seja, não há incremento de N no sistema (ZOTARELLI, 2000; LARA CABEZAS, 2001; ALVES et al., 2002).

O uso de novas metodologias de estudo e de técnicas analíticas mais avançadas, como uso de traçadores isotópicos (^{15}N), pode auxiliar no melhor entendimento do comportamento da cultura da soja no sistema. Normalmente, em metodologias tradicionais de amostragem, não são quantificadas as contribuições efetivas do sistema radicular, especialmente das raízes finas (≤1 mm), das raízes mineralizadas e dos exsudados radiculares, termo denominado NRnr-*Nitrogênio das raízes não recuperado* (ARAÚJO et al., 2004; ARAÚJO, 2004). O N não recuperado do sistema radicular da cultura da soja pode chegar a 80% do total de N encontrado nas raízes (ARAÚJO et al., 2004), representando 16% do total de N da planta inteira. Segundo estes autores, a quantidade de N observada no sistema radicular foi de 58 kg ha^{-1} (recuperado e não recuperado), representando 20% do total de N da planta. Mayer et al., (2003) observaram que entre 12-16% do N que as leguminosas acumularam estava no solo. Já Ramos et al. (2001) verificaram que o total de N acumulado nas raízes de algumas leguminosas poderia constituir entre 39 e 49% do total de N acumulado pela planta toda. Em trabalho recente, Sousa e Lobato (2004) estimaram a contribuição do teor de MOS e da soja, como cultura antecessora, em relação ao fornecimento de N. Em uma área em que se produziu

50 sacas de soja nos últimos 3 anos, pode-se ter um crédito de 40 kg ha^{-1} de N para a leguminosa e 30 kg ha^{-1} de N para cada 1% de MOS.

Em estudo de campo, Silva (2005) observou que aproximadamente 16% do N contido na parte aérea da crotalária foi aproveitado pelo milho em sucessão, no primeiro ano de cultivo, sugerindo que o benefício da leguminosa se deveu ao fornecimento do N pelo sistema radicular do adubo verde.

2.6 A importância do enxofre no sistema agrícola do Cerrado

Fertilizar as culturas com formulações NPK é prática corriqueira na agricultura brasileira, exceção feita para a cultura da soja. Nos últimos anos tem sido aumentada a concentração de NPK nos formulados, o que vem reduzindo a quantidade de outros elementos residuais, também importantes para as plantas como é o caso do enxofre (S). Dessa forma, já se recomenda aplicar micronutrientes em algumas culturas (CFSEMG, 1999; SOUSA; LOBATO, 2004), encontrando-se respostas significativas (FERREIRA et al., 2001). Conforme relatado por Potafos (1996) no capítulo "*O elo que pode faltar*", a deficiência de S têm se mostrado presente nos últimos anos, devido aplicação de fontes que contêm baixas ou insuficientes doses de S, em relação a extração pela cultura.

Em 1950, já se advertia sobre a posterior ocorrência da deficiência de S nas culturas (MALAVOLTA, 2001):

> "[...] embora nas nossas culturas ainda não se tenha constatado sintomas de carência de enxofre, o uso contínuo da terra, a erosão, a decomposição rápida da matéria orgânica e a aplicação de adubos que não contém enxofre ou que o encerram quantidades desprezíveis (fosfatos naturais, salitre do Chile, cloreto de potássio, nitrato de amônio, superfosfato triplo) contribuirão com o tempo para o aparecimento daquela condição. Além disso, a ausência de sintomas de deficiência não quer dizer obrigatoriamente que o enxofre não seja limitante da produção".

Deve-se ainda adicionar outro fator a esses apontamentos: a conquista do Cerrado acarretou uma desordem nutricional de 2,5 milhões de km^2, inclusive com carência de S (MALAVOLTA, 2001).

Estima-se que aproximadamente 70% dos solos da região do Cerrado apresentem problemas de deficiência de S (MALAVOLTA; KLIEMANN, 1985), sendo que a aplicação desse nutriente em doses crescentes pode proporcionar aumento na produtividade das culturas de soja e milho na região (VILELA; RITCHEY; SILVA, 1995).

O teor de S no solo na forma de sulfato (SO_4^{-2}) tem sido usado para prever respostas ao nutriente. Se o solo apresentar teores de S abaixo de 10 mg dm^{-3} (extração com fosfato de cálcio), a aplicação do nutriente pode resultar em incrementos de produtividade para a cultura do milho (COELHO; FRANÇA, 1995). Alguns trabalhos documentam que a cultura do milho absorve cerca de 13 a 21 kg ha^{-1} de S, dependendo da produtividade, sendo que deste total, aproximadamente 60% encontra-se nos grãos (POTAFOS, 1996; FANCELLI; DOURADO NETO, 2004). Dessa forma, recomenda-se a aplicação de 30 kg ha^{-1} de S para o milho (ALVES et al., 1999), que pode ser realizado via fornecimento de fertilizantes carreadores de macronutrientes primários e também portadores de S. O SA (22–24% de S), o superfosfato simples (12% de S) e o gesso agrícola (13 a 18% de S) são as fontes mais comuns desse nutriente.

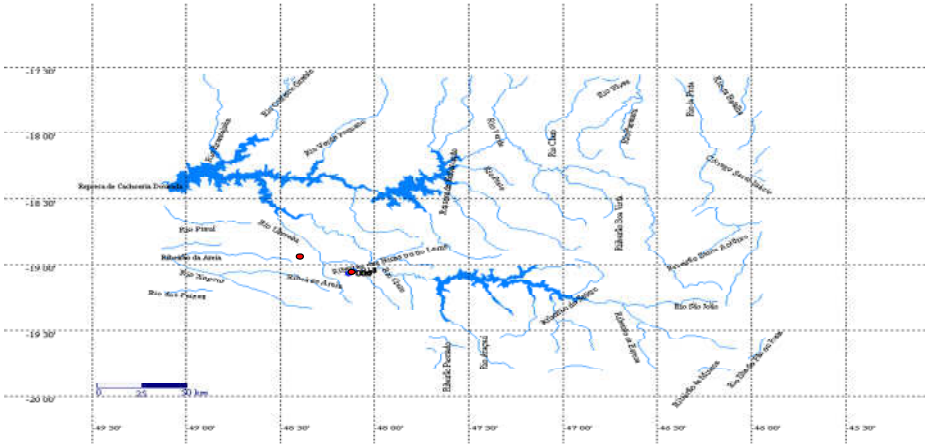
Em relação à dinâmica do SO_4^{-2} no solo em SSD para as condições de Cerrado, sabe-se que a maior parte do S encontra-se na forma orgânica e, portanto, o acúmulo de MOS condiciona maior ou menor disponibilidade de SO_4^{-2} às plantas. As condições encontradas na região Sul possibilitam maior acúmulo de MOS em função da menor amplitude térmica e, principalmente, pela possibilidade de se produzir palha, por meio do uso de plantas de cobertura que terão função também de capturar o SO_4^{-2} das camadas mais profundas do solo. No Cerrado ocorre rápida decomposição da palha proveniente das culturas de verão e

liberação do SO_4^{-2} em um período desfavorável à sua absorção pelas plantas, podendo ser perdido por lixiviação. Além disso, a busca por espécies de plantas de cobertura que formem palha sobre o solo e resgatem SO_4^{-2} das camadas mais profundas são ainda pouco estudadas na região do Cerrado.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local do estudo e solos utilizados

No período compreendido entre abril de 2002 a abril de 2003 foram desenvolvidos dois experimentos na região do Triângulo Mineiro, no município de Uberlândia (Minas Gerais), em duas propriedades representativas da região (Figura 1).



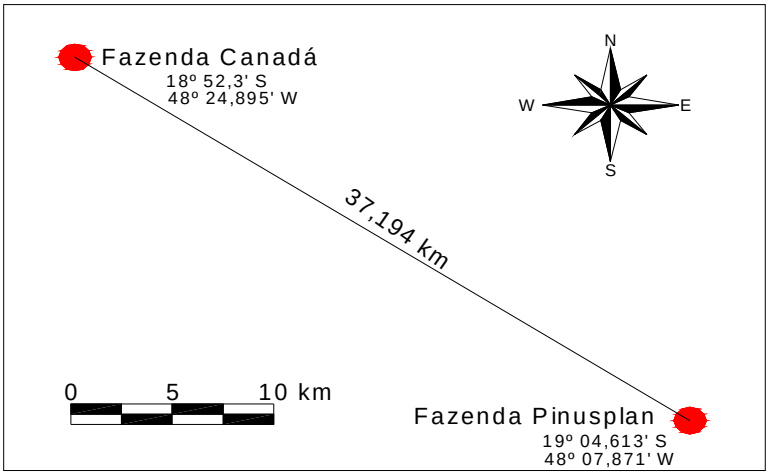


Figura 1. Localização geográfica e distância entre o experimento 1 (Fazendas Canadá) e experimento 2 (Fazenda Pinusplan).

O clima é classificado como Cwa (Köeppen), com inverno seco, verão chuvoso e temperatura média de 18ºC a 22ºC (Figura 2). Desde a instalação, em cada experimento, procurou-se obedecer às práticas de manejo adotadas em cada propriedade e ajustá-las no tempo (cronologicamente), conforme a necessidades de aplicações e demais tratos culturais.

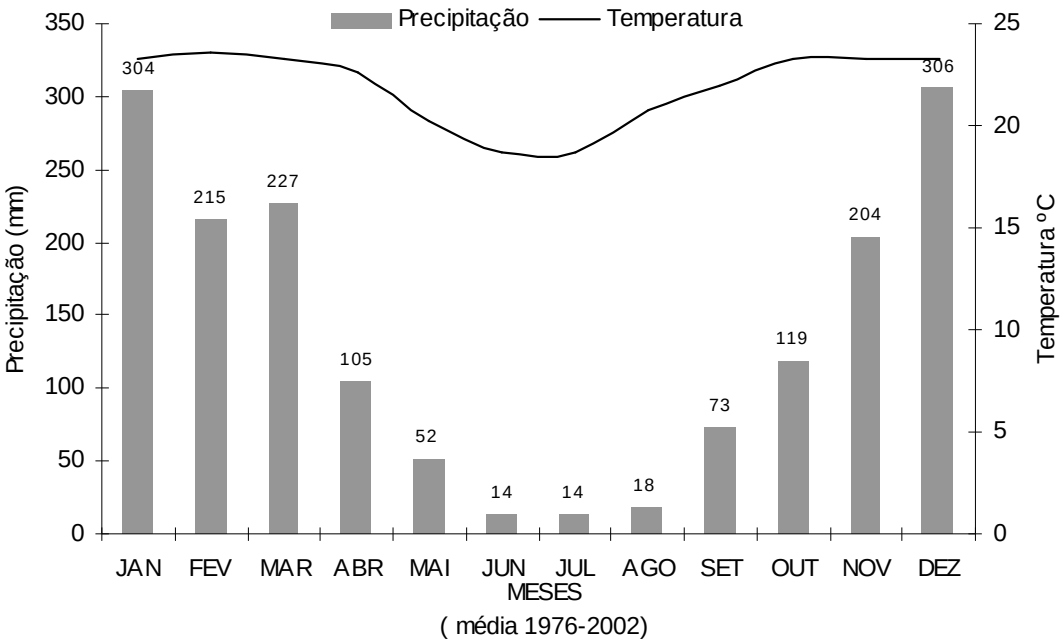


Figura 2. Variações de temperatura e de pluviosidade média mensal na região de Uberlândia - Triângulo Mineiro (MG). Média histórica de 1976 a 2002. Pluviosidade anual média: 1652 mm. Dados coletados na estação meteorológica da Fazenda Floresta do Lobo, Pinusplan Reflorestadora.

O experimento 1 foi instalado em Latossolo Vermelho-Amarelo (LVA), textura média (205 g kg^{-1} de argila), no talhão Jaú (50,6 ha), na fazenda Canadá, integrante do Grupo ABC, situada na BR-365, km 640, nas coordenadas geográficas 18º52,3'S e 48º24,895'W, a 830 m de altitude. O experimento 2 foi instalado em Latossolo Vermelho não-férrico, textura muito

argilosa (710 g kg^{-1} de argila), no talhão 2 (59 ha), fazenda Floresta do Lobo, Pinusplan Reflorestadora Ltda., situada na BR 050, km 93, nas coordenadas geográficas 19º04,613' S e 48º07,871'W, a 950 m de altitude. A descrição química e física dos solos pode ser observada abaixo (Tabela 3).

Tabela 3- Características e propriedades de terra na camada arável (0-20 cm), no experimento 1 (Fazenda Canadá) e no experimento 2 (Fazenda Pinusplan).

Variáveis	Experimento 1	Experimento 2	Experimento 1	Experimento 2
	0-10 cm		10-20 cm	
pH -água	5,9	5,3	6	5,2
P-Mehl-1 (mg dm^{-3})	40,7	19,4	20	9,3
K (mg dm^{-3})	50,8	123,5	61,7	60,7
S (mg dm^{-3})	3,5	---	4	---
Al ($cmol_c$ dm^{-3})	0	0,1	0	0,2
Ca ($cmol_c$ dm^{-3})	1,1	1,4	1,3	0,8
Mg ($cmol_c$ dm^{-3})	0,4	0,4	0,4	0,2
H+Al ($cmol_c$ dm^{-3})	2,1	4,5	2,1	5,0
SB ($cmol_c$ dm^{-3})	1,6	2,1	1,8	1,2
T ($cmol_c$ dm^{-3})	1,57	2,2	1,84	1,4
T ($cmol_c$ dm^{-3})	3,65	6,63	3,91	6,24
V (%)	43	32	47	19
m (%)	0	5	0	14
MO (g dm^{-3})	24	37	14	29
	Experimento 1		Experimento 2	
	0-20 cm		0-20 cm	
Areia grossa (g kg^{-1})	244		127	
Areia fina(g kg^{-1})	518		33	
Silte (g kg^{-1})	33		130	
Argila (g kg^{-1})	205		710	

O desenvolvimento dos experimentos teve como justificava o fato de os locais serem representativos da região, com solos de diferentes classes texturais distintas; diferente tempo de adoção e histórico de SSD, entre outros fatores. Os solos escolhidos representam bem a realidade do Cerrado brasileiro (*http://www.dcs.ufla.br/Cerrados/Portugues/CPrincipalP.htm*).

3.2 Experimento 1

3.2.1 Histórico da área

O experimento foi desenvolvido no talhão Jaú da fazenda Canadá, cultivado por quatro anos em SSD, assim como o restante da área comercial da fazenda, sendo o histórico dos últimos anos do talhão apresentado no quadro 1.

Quadro 1. Histórico agrícola resumido do solo do experimento 1 (Fazenda Canadá).

Cultura	Semeadura	Colheita	Produtividade (sacas ha^{-1})
Feijão Carioca Pérola	Janeiro de 2000	Abril de 2000	17,3
Milheto*	Agosto de 2000	-------	-------
Soja cv. M.Soy 8411	Safra 2000/2001	Abril de 2001	47,5
Milheto*	Abril de 2001	-------	-------
Soja cv. Vencedora	Safra 2001/2002	Abril de 2002	59,51

*Milheto: permaneceu na área como cobertura de solo apresentando baixa produção de massa de matéria seca.

3.2.2 Semeadura da planta de cobertura, delineamento experimental e tratamentos.

Após a colheita da soja, em 13/4/2002, semeou-se mecanicamente o milheto (BN 2), no espaçamento de 0,5 m entrelinha (12,5 kg ha^{-1} de semente), em toda área experimental (1 ha). O delineamento foi inteiramente casualizado com 7 tratamentos e 3 repetições, totalizando 21 parcelas (100 m x 5 m). A escolha desse delineamento deveu-se a homogeneidade da área e a resultados anteriores na mesma propriedade, onde não foram observados efeitos de bloco em estudos anteriores.

Os tratamentos foram: (T1) 00-00-44-00-00; (T2) 110-00-44-00-00; (T3) 45-00-44-65-00; (T4) 00-45-44-65-00; (T5) 20-00-44-70-20; (T6) 00-00-44-90-20 e (T7) 00-00-44-90^{UR}-20, cuja seqüência para cada tratamento correspondeu à dose de N (kg ha^{-1}) aplicado, respectivamente: na semeadura da planta de cobertura (SC) – cinco dias antes da semeadura

do milho (PS) – semeadura do milho (S) – cobertura no milho com 5-7 folhas estendidas (1ªCo) – cobertura no milho com 9-10 folhas estendidas (2ªCo). O total de N aplicado correspondeu a 44 kg ha^{-1} na testemunha (T1) e 154 kg ha^{-1} nos tratamentos que receberam N suplementar à adubação de semeadura.

A fertilização foi realizada da seguinte forma: (SC) – fertilizante incorporado no solo, abaixo e ao lado da semente do milheto; (PS) - aplicado na superfície do solo no espaçamento de 0,37 m entrelinhas; (S) 550 kg ha^{-1} da fórmula 08-20-10 + 05-08-02-0,15-0,4-0,1-0,2 (N, P_2O_5, K_2O, Ca, S, Mg, B, Zn, Cu, Mn), no espaçamento de 0,75 m entrelinhas, incorporado abaixo e ao lado das sementes de milho; (1ªCo) – incorporado a 5-7 cm de profundidade, no espaçamento de 0,37 m entrelinhas, lado a lado da planta de milho (5-7 folhas); (2ªCo) – aplicado na superfície do solo, no espaçamento de 0,75 m, na entrelinha do milho, aproximadamente a 0,2 m das plantas de milho (9-10 folhas). Utilizou-se sulfato de amônio (SA) com 20% de N em todos os tratamentos, com exceção do T7, em que 90 kg de N foi da fonte uréia (UR) com 45% de N. O tratamento T7 representou o manejo adotado pelo produtor. A aplicação de fertilizante incorporado no estádio de 5-7 folhas (SA ou UR) foi feita com o motivo de padronizar o possível dano ao sistema radicular, já que a UR deve ser incorporada para reduzir perdas de $N\text{-}NH_3$ (LARA CABEZAS et al., 2000). Os valores mensais de temperatura média e pluviosidade durante o período de cultivo do milheto até a semeadura do milho podem ser observados na Figura 3. Estes foram obtidos em uma estação meteorológica situada a 700 m da área experimental.

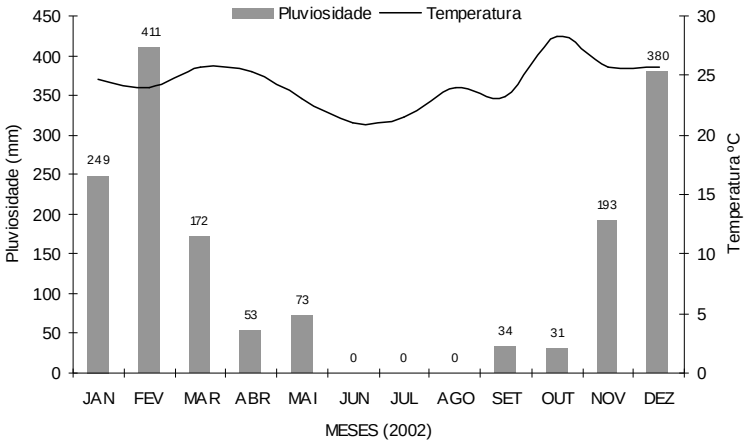


Figura 3. Temperatura e pluviosidade na Fazenda Canadá (experimento 1) em 2002.

No momento da aplicação dos fertilizantes, a adubadeira foi calibrada no campo em todos os tratamentos. Juntamente com aplicação de adubo nitrogenado, em alguns tratamentos foram instaladas microparcelas de 1,5 m de comprimento, onde se utilizou fertilizante enriquecido (^{15}N), respeitando a fonte, dose e modo de aplicação, como no restante da área.

3.2.3 Tratos culturais

Antes da semeadura do milho (5/11/2002) realizou-se a dessecação das plantas espontâneas, aplicando-se uma mistura de 2,4-D (406 g ha^{-1} - herbicida hormonal grupo fenoxiacéticos) + Glifosate (1080 g ha^{-1} - herbicida sistêmico grupo derivado glicina) em 150 L ha^{-1} de água (volume de calda). A semeadura foi realizada mecanicamente, em 7/11/2002, utilizando o milho híbrido Fort (precoce - Syngenta Seeds), com 4,8 sementes por metro linear e 550 kg ha^{-1} do adubo 08-20-10. As sementes foram tratadas com Carbofuran (508 g ha^{-1} - inseticida acaricida nematicida sistêmico grupo carbamato) + grafite 0,057 kg ha^{-1}. A

emergência das plantas ocorreu 5 dias após a semeadura. Em 23/11/2002 aplicou-se herbicida pós-emergente, inseticida e fertilizante foliar em todo o experimento, utilizando a mistura de Nicosulfuron (376 g ha^{-1} - herbicida grupo sulfoniluréias) + Lufenuron (10 g ha^{-1} - inseticida fisiológico grupo aciluréia) + óleo mineral 0,7L + Mn (198 g ha^{-1}) + S (97,5 g ha^{-1}) + B (67,5 g ha^{-1}) + Atrazine (1940 g ha^{-1} - herbicida grupo triazinas), em 200 L ha^{-1} de água (volume de calda).

Os valores de temperatura média e pluviosidade e as atividades relacionadas ao manejo empregado na cultura do milho (eventos 1 a 8) durante a safra 2002/2003, estão detalhados na Figura 4.

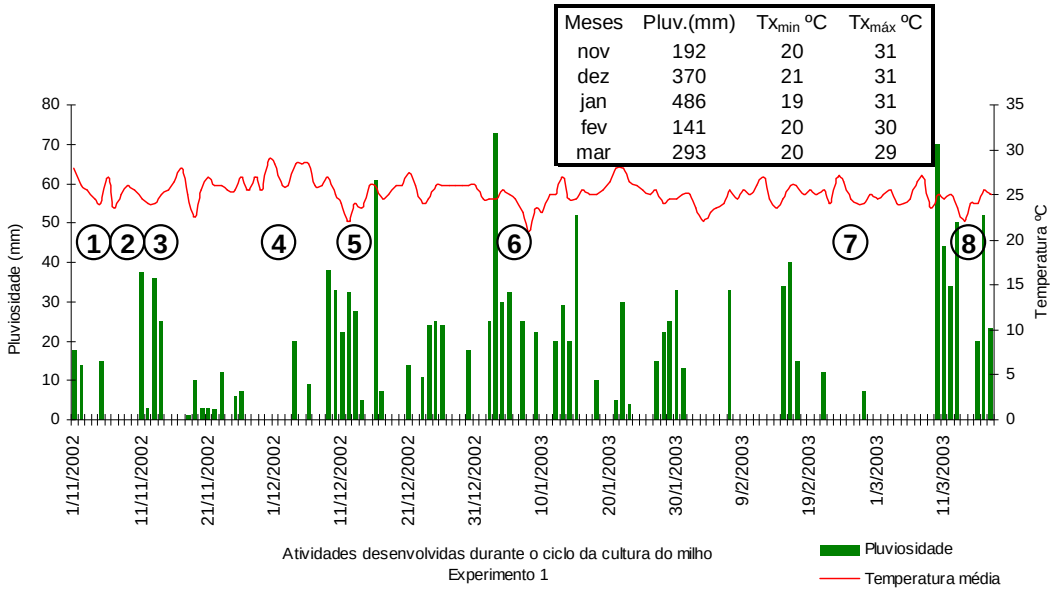


Figura 4. Temperatura e pluviosidade durante o desenvolvimento da cultura do milho na Fazenda Canadá (experimento 1). Legenda: 1- N em pré-semeadura (2/11/2002); 2- Semeadura (7/11/2002); 3- Emergência (12/11/2002); 4- N em cobertura 5-7 folhas (2/12/2002); 5- N em cobertura 9-10 folhas (13/12/2002); 6- Florescimento e análise foliar (4/1/2003); 7- Ponto de maturidade fisiológica (27/2/2003); 8- Colheita (17/3/2003).

3.2.4 Métodos de implantação, colheita das plantas e cálculos para avaliação da eficiência de utilização do fertilizante nitrogenado-^{15}N (EUFN)

3.2.4.1 Instalação de microparcelas com o fertilizante enriquecido em ^{15}N

Durante a aplicação do fertilizante nitrogenado comercial, interrompeu-se a aplicação do mesmo nas microparcelas de 1,5 m de comprimento (Figura 5) nos tratamentos T4, T5, T6 e T7 e aplicou-se fertilizante enriquecido com ^{15}N(*): (00-**45***-44-**65***-00, 20-00-44-**70***-**20***, 00-00-44-**90***-**20*** e 00-00-44-**90***$^{\mathbf{UR}}$-**20***), respeitando a fonte, dose e modo de aplicação, como no restante da área experimental. As fontes de N utilizadas apresentavam as respectivas composições isotópicas em ^{15}N: sulfato de amônio ^{15}N (3,09 ±0,02% de átomos ^{15}N) e uréia^{15}N (3,01 ±0,02% de átomos ^{15}N) usada no tratamento 00-00-44-90$^{\mathbf{UR}}$-20.

Na colheita selecionou-se a faixa de 1 m central nas microparcelas, colhendo-se todas as plantas das 3 linhas (central separadamente das duas laterais) e adotou-se o seguinte procedimento: a) determinou-se o número de plantas em cada segmento de linha e também o número de espigas; b) foram retiradas as espigas e debulhadas; c) os grãos foram separados em sacos de papel e pesados, retirando-se uma subamostra, a qual foi pesada e seca em estufa de ventilação forçada até massa constante, pesada e passada em moinho de facas tipo Willey (finamente moída), para determinação de N-total e abundância em ^{15}N; d) o sabugo e a palha das espigas foram reunidos ao restante do material vegetal (palha), o qual foi triturado, subamostrado, seguindo o procedimento adotado para os grãos. Durante a manipulação das amostras, foi tomado todo o cuidado a cada trituração e moagem, efetuando-se a limpeza minunciosa dos equipamentos para evitar contaminação cruzada entre amostras.

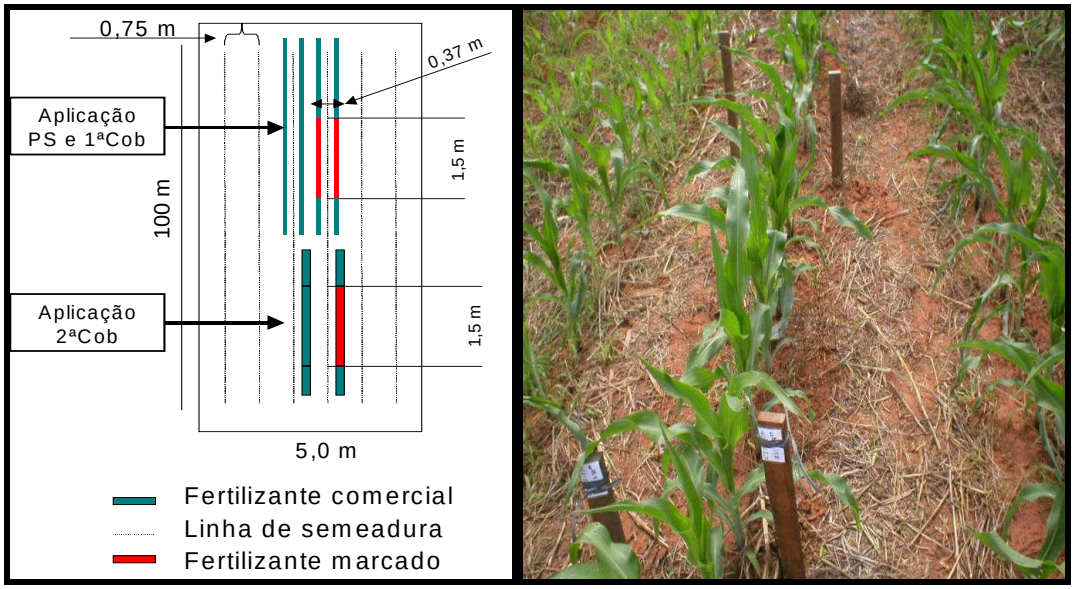


Figura 5. Esquema de aplicação do fertilizante enriquecido na fazenda Canadá (experimento 1).

3.2.4.2 Cálculo da recuperação do fertilizante para os tratamentos que receberam N na época de pré-semeadura e na primeira cobertura (5-7 folhas).

a) Porcentagem de nitrogênio na planta proveniente do fertilizante (%NPPF)

Obtidas as porcentagens de átomos de ^{15}N na planta e no fertilizante, usou-se a equação 1, obtida pelo principio da diluição isotópica, para calculo da %NPPF.

$$\%NPPF = \frac{\%^{15}\text{N amostra} - \%^{15}\text{N ab. natural}}{\%^{15}\text{N fertilizante} - \%^{15}\text{N ab. natural}} x100 \quad \text{Equação (1)}$$

onde: $\%^{15}N$ amostra = abundância em % de átomos de ^{15}N na planta; $\%^{15}N$ ab. natural = abundância natural em % de átomos de ^{15}N na planta que não foi fertilizada; $\%^{15}N$ fertilizante = abundância em % de átomos de ^{15}N no fertilizante.

b) Nitrogênio Total Acumulado (NTA)

$$\text{NTA} = \frac{\text{N x MS}}{1000} \quad \text{Equação (2)}$$

onde: NTA = Nitrogênio total acumulado (kg ha^{-1}); N = concentração de Nitrogênio na amostra (g kg^{-1}); MMS = Massa de material seco da amostra (kg ha^{-1}).

Nessa etapa calculou-se o NTA para a linha central e para as linhas laterais, lembrando que nas laterais colheram-se dois metros lineares, para transformação para kg ha^{-1}.

c) Quantidade de nitrogênio na planta proveniente do fertilizante (NPPF) em kg ha^{-1}

$$NPPF = \frac{\%NPPF \ x \ NTA}{100} \quad \text{Equação (3)}$$

onde: %NPPF = porcentagem de N na planta proveniente do fertilizante.

d) Eficiência de utilização do fertilizante nitrogenado (%EUFN)

$$EUFN = \frac{NPPF}{QNA} x100 \quad \text{Equação (4)}$$

onde: QNA = Quantidade de nitrogênio aplicado como fertilizante marcado (kg ha^{-1}); EUFN = significa a porcentagem de N que foi aproveitado do total de fertilizante aplicado.

3.2.4.3 Cálculo da recuperação do fertilizante nos tratamentos que receberam N na segunda cobertura (9-10 folhas).

O procedimento de cálculo foi semelhante, sendo a única diferença a multiplicação do resultado da equação 3 pelo fator 2 (dois). Esta correção deveu-se a forma de aplicação do N. Quando se aplica uma única faixa, na entrelinha, a aproximadamente 20-30 da linha de semeadura (Figura 5) e colhe-se as duas linhas adjacentes à faixa de aplicação, estas recuperaram o fertilizante enriquecido-^{15}N (50% do N recuperado pela planta), mas também recuperam N não enriquecido (50%), proveniente do fertilizante adjacente, que não recebeu marcação. Ou seja, a planta recupera do fertilizante aplicado em ambos os lados da linha, o qual deve ser computado nos cálculos.

3.3 Experimento 2

3.3.1 Histórico da área

O experimento foi desenvolvido no talhão 2 da fazenda Pinusplan, o qual foi cultivado por oito anos em SSD, sendo o histórico dos últimos anos apresentado no quadro 2.

Quadro 2. Histórico agrícola resumido do solo do experimento 2 (Fazenda Pinusplan).

Cultura	Semeadura	Colheita	Produtividade (sacas ha^{-1})
Milho híbrido Exceller	Safra 1999/2000	Março de 2000	93,4
Milheto	Abril de 2000	-------	-------
Soja var. Conquista	Safra 2000/2001	Março de 2001	57,6
Sorgo granífero	Abril de 2001	Agosto de 2001	38
Soja var. Monarca	Safra 2001/2002	Março de 2001	53,8

* Milheto: permaneceu na área como cobertura de solo, porém com baixa resposta em produtividade de massa de matéria seca.

3.3.2 Semeadura das plantas de cobertura, delineamento experimental e tratamentos.

Após a colheita da soja, em 26/4/2002, semeou-se a aveia preta, utilizando semeadora de 12 linhas, no espaçamento de 0,40 m entrelinha (9 kg ha^{-1} de semente) em toda área experimental (0,75 ha). O experimento constou de 5 tratamentos com 3 repetições, totalizando 15 parcelas (100 m x 4,8 m) instaladas inteiramente ao acaso, configurando um delineamento inteiramente casualizado, devido a homogeneidade da área experimental, assim como do restante do talhão.

Foram testados os seguintes tratamentos: (T1) 00-00-42-00-00; (T2) 70-00-42-00-00; (T3) 00-70-42-00-00; (T4) 00-00-42-70-00 e (T5) 00-00-42-35-35, cuja seqüência correspondeu à quantidade de N (kg ha^{-1}) aplicado respectivamente: na semeadura da planta de cobertura (SC) – oito (8) dias antes da semeadura do milho (PS) – semeadura do milho (S)

– cobertura no milho com 4-5 folhas estendidas (1ªCo) – cobertura no milho com 7-8 folhas estendidas (2ªCo). O total de N aplicado corresponde a 42 kg ha^{-1} na testemunha (T1) e 112 kg ha^{-1} nos tratamentos que receberam N suplementar à adubação de semeadura.

A fertilização foi aplicada no solo da seguinte forma: (SC) - aplicado incorporado abaixo e ao lado da semente de aveia; (PS) - aplicado na superfície do solo no espaçamento de 0,8 m entrelinhas; (S) 350 kg ha^{-1} do formulado 12-24-06 + 02-10 ($N:P_2O_5:K_2O:Ca:S$), no espaçamento de 0,8 m entrelinhas; (1ªCo) e (2ªCo) – aplicado na superfície do solo, no espaçamento de 0,8 m, na entrelinha do milho a 0,2 m das plantas. Utilizou-se como fonte de N a fórmula 18-00-24, mistura 2:1 produto comercial [nitrato amônio (NA) com 32% de N + sulfato de amônio (SA) com 20% de N], total 70 kg N ha^{-1} mais KCl (94 kg K_2O ha^{-1}). O tratamento 00-70-42-00-00 foi o manejo adotado pelo produtor. A aplicação do NA e do SA em superfície pode ser realizada, uma vez que as perdas podem ser de 15% no máximo (LARA CABEZAS; KORNDORFER; MOTTA, 1997). Os valores mensais de temperatura média e pluviosidade durante o período de cultivo da aveia preta até a semeadura do milho podem ser observados na Figura 6. Estes foram obtidos em uma estação meteorológica situada a 400 m da área experimental.

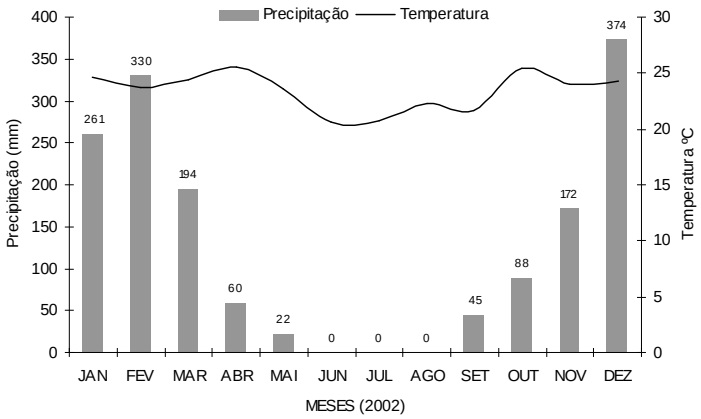


Figura 6. Temperatura e pluviosidade na Fazenda Pinusplan (experimento 2) em 2002. Estação meteorológica situada a 400 m da área experimental.

A calibração da adubadeira e a instalação das microparcelas seguiu o mesmo procedimento descrito para o experimento 1.

3.3.3 Tratos culturais

Antes da semeadura do milho (5/11/2002) realizou-se a dessecação das plantas espontâneas, aplicando-se Glifosate 1260 g ha^{-1} (herbicida sistêmico grupo derivado glicina) em todo o talhão do experimento, em 130 L ha^{-1} de água (volume de calda). A semeadura foi realizada mecanicamente em 7/11/2002, utilizando o milho híbrido Fort (precoce - Syngenta Seeds), com 4,8 sementes metro linear e 350 kg ha^{-1} da fórmula 12-24-06. As sementes foram tratadas com Thiodicarb 140 g ha^{-1} (inseticida grupo carbamato). A emergência das plantas ocorreu 6 dias após a semeadura. Em 26/11/2002 aplicou-se pós-emergente em todo o experimento, utilizando a mistura de Nicosulfuron 283 g ha^{-1} (herbicida grupo sulfoniluréias) + Atrazine 2910 g ha^{-1} (herbicida grupo triazinas), em 150 L ha^{-1} de água (volume de calda). Os valores de temperatura média e pluviosidade e as atividades relacionadas ao manejo empregado na cultura do milho (eventos 1 a 8) durante a safra 2002/2003, estão detalhados na Figura 7.

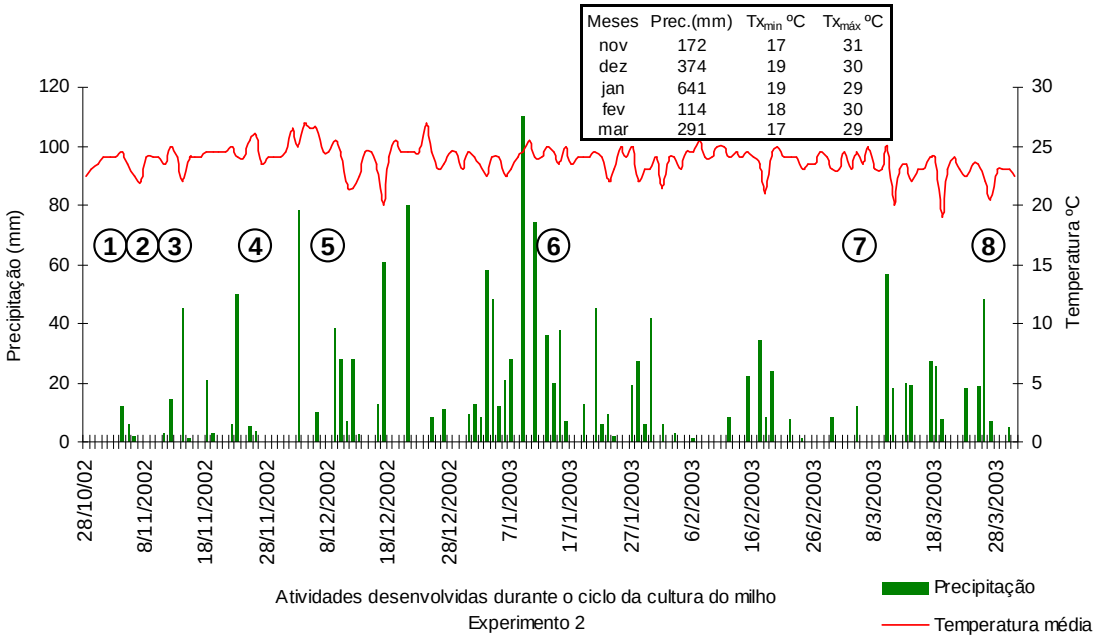


Figura 7. Temperatura e pluviosidade durante o desenvolvimento da cultura do milho na Fazenda Pinusplan (experimento 2). Legenda: 1- N em pré-semeadura (29/10/2002); 2- Semeadura (6/11/2002); 3- Emergência (12/11/2002); 4- N em cobertura 4-6 folhas (28/11/2002); 5- N em cobertura 7-9 folhas (9/12/2002); 6- Florescimento e análise foliar (10/1/2003); 7- Ponto de maturidade fisiológica (8/3/2003); 8- Colheita (1/4/2003).

3.3.4 Métodos de implantação, colheita das plantas e cálculos para avaliação da eficiência de utilização do fertilizante nitrogenado-^{15}N (EUFN).

3.3.4.1 Instalação das microparcelas com o fertilizante enriquecido-^{15}N

Durante a aplicação do fertilizante nitrogenado comercial, interrompeu-se a aplicação do mesmo em microparcelas de 1,5 m de comprimento (Figura 8) nos tratamentos T3, T4 e T5 e aplicou-se fertilizante enriquecido com ^{15}N (*): (00-**70***-42-00-00, 00-00-42-**70***-00 e 00-00-42-**35***-**35***). Instalaram-se duas ou quatro microparcelas em cada parcela principal, dependendo do tratamento, para cada época de aplicação. O uso de duas parcelas por época deveu-se à aplicação de fontes distintas de N, pois somente o N-amônio do SA ou do NA foi marcado com ^{15}N, ou seja, foram aplicados 70 kg ha^{-1} de N, mas apenas 43 kg ha^{-1} na forma

de N-amônio. Na colheita selecionou-se 1 m central, colhendo-se todas as plantas das duas linhas laterais à faixa de aplicação do fertilizante, adotando-se o seguinte procedimento: a) determinou-se o número de plantas e espigas das duas linhas conjuntamente; sendo o restante do procedimento semelhante ao descrito no experimento 1.

Nos tratamentos com mistura de SA e NA foram delimitadas duas microparcelas sendo que em uma aplicou-se SA-^{15}N (3,09 ± 0,02% de átomos ^{15}N) + NA (0,366% de átomos ^{15}N) e, na outra SA (0,366% de átomos ^{15}N) + NA-^{15}N(3,03±0,01% de átomos ^{15}N), obedecendo-se a dose, proporção entre fontes e modo de aplicação. A aplicação ora com ^{15}N-SA, ora com ^{15}N-NA, denominada de técnica do espelho, objetivou quantificar isoladamente o N aproveitado (recuperado) de cada fonte e em cada época (eficiência da fonte), já que a marcação nas duas fontes foi no N-NH_4^+. Os cálculos de recuperação do ^{15}N seguiram o mesmo procedimento descrito na segunda cobertura, no experimento 1.

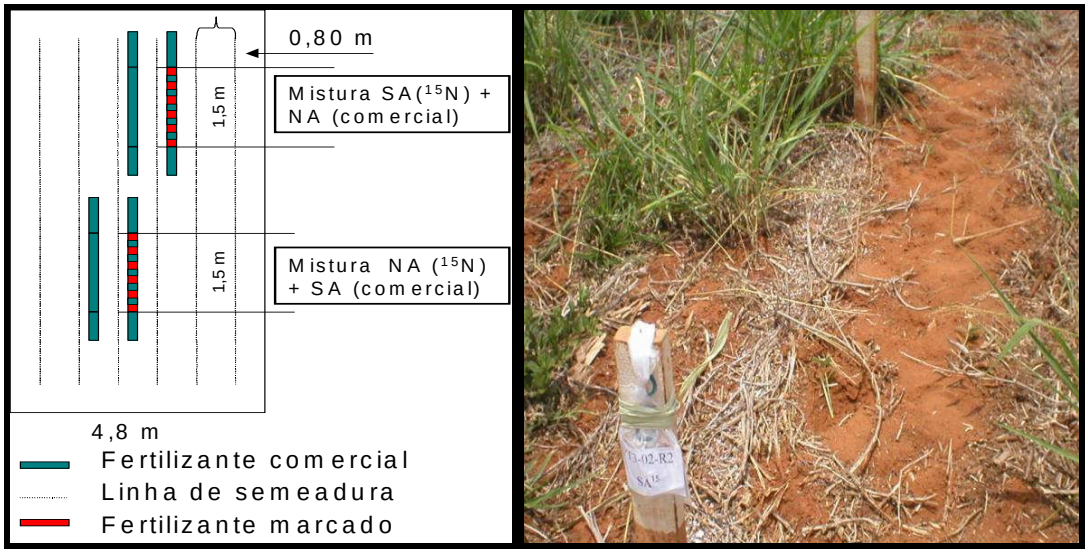


Figura 8. Esquema de aplicação do fertilizante enriquecido na fazenda Pinusplan (experimento 2).

3.4 Determinações comuns aos dois experimentos

3.4.1 Cobertura do solo

Em 14/5/2002 foi realizada colheita de todo material vegetal que recobria o solo (vegetativo e não vegetativo), na entrelinha de semeadura das culturas de coberturas (milheto e aveia preta), para determinação de massa de matéria seca (MMS). Colheram-se 5 amostras aleatórias na área experimental, em um metro quadrado ($1m^2$).

Em 20/7/2002, no experimento 1, foi realizada nova colheita de material vegetal (vegetativo e não vegetativo), na entrelinha de semeadura do milheto e na linha de semeadura para determinação de MMS. Colheu-se uma amostra por parcela, em um metro quadrado, em cada tratamento previamente adubado (110-00-44-00-00, 45-00-44-65-00 e 20-00-44-70-20) e nos tratamentos ainda não adubados (00-00-44-00-00, 00-45-44-65-00, 00-00-44-90-20 e 00-00-44-90^{UR-}20), colheu-se uma amostra por tratamento, descartando-se a mais discrepante, para obter três repetições por tratamento (entende-se que os tratamentos que não receberam adubação, em princípio, não deveriam diferir entre si, sendo considerados testemunha). Na linha de semeadura, o número de amostras colhidas por tratamento foi semelhante, em um metro linear. No experimento 2 colheu-se apenas amostras na linha de semeadura da aveia, em 23/9/2002, seguindo o mesmo procedimento adotado no experimento 1, ou seja, uma amostra por parcela no tratamento previamente adubado (70-00-42-00-00) e uma nos demais tratamentos ainda não adubados (00-00-42-00-00, 00-70-42-00-00, 00-00-42-70-00, 00-00-42-35-35), descartando-se a mais discrepante, para obter três repetições por tratamento, considerando este o tratamento ainda não fertilizado (testemunha).

Antes da semeadura do milho, em 6/11/2002 e 4/11/2002 no experimento 1 e 2 respectivamente, amostrou-se todo material vegetal que recobria o solo para determinar o total de MMS. Para isto foram colhidas amostras aleatórias, em um metro quadrado, dentro de cada

parcela experimental, num total de três amostras simples por parcela, para formar uma amostra composta. Todas as amostras foram levadas ao laboratório, secas à sombra por dois dias e posteriormente agitadas sobre peneira para eliminar o solo residual e tomadas as massas totais. A seguir fez-se a subamostragem, e posteriormente foram secas em estufa (60ºC) até peso constante, determinando-se o seu peso seco. Neste material determinou-se a concentração de C-total, N-total e S-total, sendo que em nenhum momento as amostras foram lavadas.

3.4.2 Estado nutricional e determinação de acúmulo de graus-dia

O estado nutricional foi determinado no estádio de florescimento pleno, colhendo-se as folhas imediatamente abaixo e oposta à espiga, aleatoriamente, em 15 plantas de cada parcela, nas duas linhas centrais. Separou-se o terço médio da folha e descartou-se nervura central. O material foi lavado e levado para secagem em estufa, sob ventilação forçada até peso constante. Posteriormente estas amostras foram moídas em moinho de facas tipo Willey e realizadas as determinações dos teores de N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn e Zn, segundo metodologia descrita em Malavolta, Vitti e Oliveira (1997). Aproximadamente uma semana antes do ponto de maturidade fisiológica (PMF) determinou-se a altura das plantas, mensurando-se a distância entre o colo da planta e a folha bandeira (última folha abaixo do pendão); a distância dos entrenós e o diâmetro de colmo foram determinados no entrenó imediatamente abaixo da inserção da espiga, sendo estas medidas tomadas nas duas linhas centrais de cada parcela. O PMF foi determinado conforme observação visual da “camada negra” formada entre o ponto de inserção do grão e o sabugo (FANCELLI; DOURADO NETO, 2004). A soma calórica ou número de graus-dia (GD) para o florescimento (GD_{fl}) e

para o PMF (GD_{pmf}), foi determinado conforme Gadioli et al (2000), utilizando dados climatológicos obtidos nas estações meteorológicas das fazendas.

Cálculo dos graus-dia:

$$GD_{fl} = \sum_{i-1}^{Nfl} \left[\frac{(T\,max_i + T\,min_i)}{2} - Tb \right] \text{(se } Tm > Tmax_i \text{ e } Tmin_i > Tb\text{)}$$

$$GD_{fl} = \sum_{i-1}^{Nfl} \left[\frac{(Tm + T\,min_i)}{2} - Tb \right] \text{(se } Tmax_i > Tm \text{ e } Tmin_i > Tb\text{)}$$

$$GD_{pmf} = \sum_{i-1}^{Npmf} \left[\frac{(T\,max_i + T\,min_i)}{2} - Tb \right] \text{(se } Tm > Tmax_i \text{ e } Tb < Tmin_i\text{)}$$

$$GD_{pmf} = \sum_{i-1}^{Npmf} \left[\frac{(Tm + Tb)}{2} - Tb \right] \text{(se } Tmax_i > Tm \text{ e } Tb < Tmin_i\text{).}$$

em que: $Tmax_i$ e $Tmin_i$ referem-se respectivamente, às temperaturas (ºC) máxima e mínima diária do ar, e Tb e Tm às temperaturas basais inferior (10ºC) e superior (30ºC) da cultura, respectivamente.

3.4.3 Produtividade da cultura do milho

A produtividade de grãos e de MMS da parte aérea, o número de espigas e o estande final foi determinado da seguinte forma: 1) em 30 m lineares determinou-se o número de plantas e o número de espigas; 2) cortaram-se as plantas na região do colo; 3) determinou-se o peso total (30 m); 4) separou-se de todo material, aleatoriamente, cinco plantas inteiras, sendo retiradas as espigas, as quais foram debulhadas e os grãos separados, restando apenas a palha (sabugo+colmo+folhas), que foi triturada e subamostrada para determinação da umidade, moída finamente para determinação de N e S totais; 5) no restante das plantas, as espigas foram retiradas, contadas e debulhadas, sendo os grãos pesados e subamostrados para

determinação da umidade e posterior correção dos valores de produtividade para 13%; 6) o peso da massa de matéria total (parte aérea) foi determinado pela diferença entre peso total dos 30 m lineares colhidos menos o peso dos grãos. O resumo das atividades desenvolvidas nos dois experimentos pode ser observado no ANEXO A.

3.4.4 Determinações analíticas

a) Carbono, nitrogênio e enxofre na MMS das plantas de cobertura e na MMS da cultura do milho: realizadas no Laboratório de Isótopos Estáveis, do CENA/USP. O N foi extraído e determinado por digestão-destilação Kjedahl, S-total por turbidimetria, usando digestão alcalina na conversão de S-orgânico à S-sulfato, conforme Rossete et al. (2004) e o C-total em espectrômetro de massas automatizado modelo ANCA-SL, da Europa Scientific Ltda (BARRIE; PROSSER, 1996).

b) N-total e abundância de ^{15}N (feitas apenas no material que recebeu fertilização enriquecido em ^{15}N): as determinações foram feitas em espectrômetro de massas automatizado modelo ANCA-SL, da Europa Scientific Ltda (BARRIE; PROSSER, 1996).

c) Análises foliares: as determinações de macro e micronutrientes foram feitas no laboratório Unithal (Tecn. e Com. Prod. Agrop. Ltda. Lab.Folha/Solo, Ins. Agropec., Águas), Campinas.

d) As caracterizações químicas e físicas de terra foram feitas nos laboratórios de solos do Instituto de Ciências Agrárias, da Universidade Federal de Uberlândia.

3.4.5 Análise dos resultados

Os resultados foram submetidos à análise de variância. As causas de variação significativas relacionadas à cobertura do solo foram submetidas ao teste de Tukey a 10% de probabilidade; e as relacionadas à cultura do milho comparadas ao teste de F para contrastes ortogonais a 10 % de probabilidade. Os tratamentos foram agrupados para a criação de cada contraste de acordo com a semelhança nas épocas de aplicação do fertilizante. Foram realizados também testes de correlação de Pearson entre algumas variáveis, sendo os resultados de correlação expressos na forma de coeficiente de determinação (R^2), que nada mais é do que o quadrado do coeficiente de correlação de Pearson (r). O pacote estatístico utilizado foi o SAS.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Experimento 1

4.1.1 Produtividade de massa de matéria seca do milheto

A produtividade de massa de matéria seca (MMS) do milheto aos 98 dias após a semeadura (DAS) não foi influenciada pela adubação nitrogenada de semeadura se comparada ao tratamento testemunha (ANEXO B). A cultura produziu 106 kg ha^{-1} de MMS em média, com alto coeficiente de variaçao (77%), que ocorreu devido ao déficit hídrico (Figura 9).

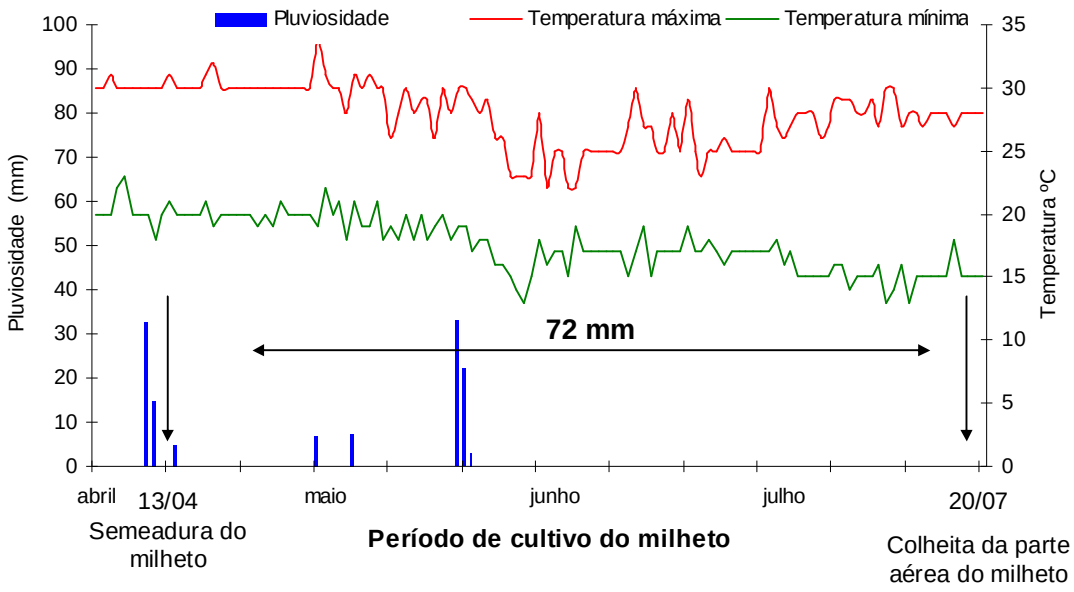


Figura 9. Temperatura e pluviosidade durante o período de desenvolvimento da cultura do milheto na Fazenda Canadá, entre os dias 13 de abril a 20 de julho de 2002 (experimento 1).

Além da baixa pluviosidade no período pós-semeadura, quando as chuvas acumularam apenas 72 mm, as temperaturas mínimas médias dos meses de abril, maio e junho foram de 20, 18 e 16ºC respectivamente (Figura 9), o que pode ter reduzido o potencial de acúmulo de MMS da cultura. Na região, 72 mm de chuva não significou um valor tão discrepante para os meses de maio, junho e julho, todavia; houve má distribuição destas, que se concentraram no

mês de maio. Entre 20/5 e 20/7 não houve chuva, o que impossibilitou a cultura de se desenvolver. Alvarenga et al. (2001) observaram que algumas culturas de cobertura de solo produziram até 6 t ha^{-1} de MMS na mesma região, porém destacaram que 90% da pluviosidade no período ocorreu no mês de março, mesmo mês de semeadura das culturas. A semeadura tardia foi um dos principais fatores que proporcionou baixa produtividade do milheto, pois se a mesma fosse efetuada até o mês de março, a probabilidade de sucesso seria maior em relação às épocas mais tardias (FONTES, 1998). Esse efeito pode ser observado no trabalho de Lara Cabezas (2001) em que o milheto produziu 5,3 t ha^{-1} de MMS, quando semeado em 22 de março.

Segundo Squire; Ong e Monteith (1987), quando o clima se torna seco a produtividade de MMS da cultura pode ser drasticamente reduzida de 12 para 1,5 t ha^{-1}, entretanto, fatores como a temperatura e o fotoperíodo podem influir no tempo entre a emergência e a colheita do milheto, podendo, também, reduzir sua produtividade (MAHALAKSHMI; BIDINGER, 1985). O milheto acumulou em média 106 kg ha^{-1} de MMS, o que representou um acúmulo da ordem de 1,1 kg ha^{-1} dia^{-1}. Torres et al. (2004) observaram na mesma região, nas safras 2000/2001 e 2001/2002, que o milheto semeado em agosto e manejado aos 110 DAS, produziu 10,3 e 3,62 t ha^{-1} de MMS respectivamente, o que resultou em acúmulo de 63 kg ha^{-1} dia^{-1} e, segundo os autores, a variação nos resultados de produtividade de MMS ocorreu devido às condições adversas de distribuição de chuvas. Silva (2005) semeou o milheto em setembro e observou produtividade média de 6,85 t ha^{-1} de MMS, tendo condições climáticas favoráveis no período do estudo.

Em um estudo de comparação de cultivares de milheto-pérola, submetidas à diferentes épocas de semeadura (janeiro e abril) e a diferentes pluviosidades (280 mm e 50 mm), respectivamente, Geraldo et al. (2002) observaram que a cultivar BRS 1501, semeada em abril, resistiu ao déficit hídrico e produziu 2,73 t ha^{-1} em relação à cultivar mais comumente

utilizada, BN 2, que produziu 3,11 t ha^{-1} quando semeada em janeiro, sendo a cultivar BRS 1501 indicada para condições de deficit hídrico. Segundo os autores, além da influênica do déficit hídrico, reduzindo a produtividade, fatores como fotoperído e termoperíodo foram determinantes na redução do acúmulo de MMS quando a cultura foi semeada em abril. Estudando diferentes épocas de semeadura, Guideli; Favoretto e Malheiros (2000) observaram que os mesmos genótipos de milheto semeados em novembro e em março produziram, respectivamente, 6,6 e 2,8 t ha^{-1} de MMS, evidenciando o efeito de época de semeadura na produtividade da cultura. Lemos et al. (2003) ao avaliarem três épocas de semeadura do milheto (5/3, 25/3 e 19/4) também observaram menor desenvolvimento na semeadura tardia, em função de menores temperaturas e de deficiência hídrica.

Neste contexto, ficou evidente a influência das condições climáticas na redução da produtividade da cultura. É importante salientar também que a quantidade de palha produzida pelo milheto foi muito baixa e, nesta situação, pode-se considerar que a área ficou em pousio durante a entressafra.

4.1.2 Massa de matéria seca dos resíduos culturais da cultura antecessora e de espécies de plantas espontâneas

Em maio de 2002 o solo apresentava uma cobertura de 7,35 t ha^{-1} de MMS (Figura 10), representada por plantas espontâneas (mortas e vivas) e resíduos culturais da cultura da soja, que segundo Malavolta, Vitti e Oliveira (1997) e Tormena (1996), podem chegar até 5 t ha^{-1}.

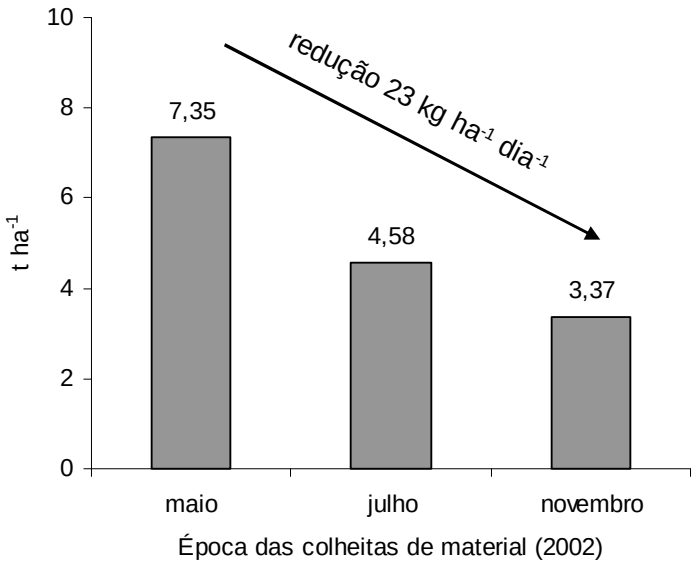


Figura 10. Massa de matéria seca dos resíduos culturais da soja e de espécies de plantas espontâneas na entrelinha de semeadura do milheto (maio e julho) e em área total (novembro), na região do Triângulo Mineiro no ano de 2002.

Posteriormente, tanto em julho como em novembro de 2002, não se verificou efeito da adubação nitrogenada aplicada no milheto, em abril, sobre a produtividade das plantas espontâneas da área, indicando que, como no milheto, estas espécies não foram influenciadas pela adição de N. O baixo crescimento das plantas na área ocorreu pela falta de chuvas durante este período (Figura 3), pois, apesar de haver N disponível no solo, as chuvas começam a cair com mais freqüência a partir do mês de novembro. Em média, a superfície do solo apresentou 4,58 e 3,37 t ha^{-1} de MMS em julho e novembro, respectivamente.

No período de maio a novembro de 2002 houve redução na cobertura do solo de 3,98 t ha^{-1}, aproximadamente 23 kg ha^{-1} dia^{-1}, fato decorrente das temperaturas elevadas e da presença de algumas chuvas no período (Figura 3), que forneceram umidade ao sistema e favoreceram a decomposição do material. A maior taxa de decomposição no primeiro intervalo foi favorecida pela maior umidade do solo nesse período, além da natureza do material, que apresentava menor relação C/N, principalmente por se tratar de resíduos da

cultura da soja. Segundo Bertol et al. (1998), a maior taxa de decomposição do material no início é explicada pelo ataque microbiano à fração mais facilmente decomponível do resíduo nessa fase, composta por protéinas e carboidratos simples, em relação ao ataque de compostos mais resistentes na fase final, tais como lignina e celulose. É importante salientar, ainda, que a partir de setembro ocorreram algumas chuvas na região, fato que estimulou a germinação de algumas espécies de plantas espontâneas, que adicionaram uma pequena quantidade de palha ao final do período de avaliação (novembro).

Antes da semeadura do milho apenas as quantidades de S no resíduo e a relação N/S apresentavam diferenças significativas entre tratamentos (Tabela 4). Verificou-se que a área experimental estava homogênea, sendo as diferenças significativas na quantidade de S e na relação N/S no tratamento T4 devido, provavelmente, à maior quantidade de palha e a maior concentração de S nesse tratamento. As quantidades de MMS variaram de 2,63 a 4,45 kg ha^{-1}, estando abaixo do valor considerado como ideal para cobertura do solo em SSD (ALVARENGA et al., 2001). Os valores observados corroboram com as observações feitas por Bertin et al. (2003) e Torres et al. (2004) em área de pousio.

Tabela 4- Influência de diferentes épocas de aplicação da adubação nitrogenada na produtividade de massa de matéria seca (MMS), nas concentrações e no conteúdo de carbono (C), nitrogênio (N) e enxofre (S) de diferentes resíduos vegetais antes da semeadura do milho.

Aplicação do N	MMS^{ns}	C^{ns}	N^{ns}	S^{ns}	C-total^{ns}	N-total^{ns}	S-total	C/N^{ns}	C/S^{ns}	N/S
SC-PS-S-1ªCo-2ªCo	t ha^{-1}	—— g kg^{-1} ——			—— kg ha^{-1} ——					
00-00-44-00-00	3,67	374	12,3	1,0	1374	45	3,7b	30	374	12,3ab
110-00-44-00-00	2,72	363	12,5	1,1	990	34	3,0b	29	330	11,4bc
45-00-44-65-00	3,50	376	11,3	0,86	1313	39	3,0b	33	437	13,1ab
00-45-44-65-00	4,45	381	11,9	1,23	1696	53	5,5a	32	310	9,7c
20-00-44-70-20	2,63	377	12,4	1,09	991	33	2,9b	30	346	11,4bc
00-00-44-90-20	3,78	380	12,4	0,91	1435	47	3,4b	31	418	13,6a
00-00-44-90^{UR}-20	2,86	373	13,1	1,07	1068	37	3,1b	28	349	12,2ab
Média	3,37	375	12,3	1,04	1267	41	3,5	31	366	12,0
CV%	23	4	17	20	25	30	31	21	19	10

Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem pelo teste de Tukey a 10%. ^{NS}: não significativo. (T1) 00-00-44-00-00; (T2) 110-00-44-00-00; (T3) 45-00-44-65-00; (T4) 00-45-44-65-00; (T5) 20-00-44-70-20; (T6) 00-00-44-90-20 e (T7) 00-00-44-90^{UR}-20, cuja seqüência para cada tratamento corresponde à quantidade de N em kg ha^{-1} aplicado na semeadura da planta de cobertura (SC) – cinco (5) dias antes da semeadura do milho (PS) – semeadura do milho (S) – cobertura no milho com 5-7 folhas estendidas (1ªCo) – cobertura no milho com 9-10 folhas estendidas (2ªCo).

As relações C/N, C/S e N/S foram, em média, 31, 366 e 12, respectivamente, sendo observadas diferenças significativas apenas na relação N/S do material. O tratamento 00-45-44-65-00 apresentou a relação N/S mais estreita, decorrente da maior quantidade de S na palha em relação aos demais. A C/N média de 31, segundo a literatura, pode provocar imobilização de N durante a mineralização da palha (SÁ, 1999). Porém, como observado, a mineralização da palha para as condições de Cerrado é muito rápida (Figura 11), o que provocaria uma imobilização do N do fertilizante por um menor período de tempo em relação às condições encontradas nos estados do Sul do Brasil, podendo o processo de imobilização não ser tão determinante na carência de N no momento pós-semeadura na região do Cerrado. As variações de resultados de relação C/N nos resíduos podem ocorrer devido à presença de diferentes espécies espontâneas na área, às variações no estádio fenológico das mesmas, no estado nutricional, nas condições de colheita do material e do próprio método de análise.

No momento da semeadura, apesar do uso de implementos adequados ao SSD, ocorre revolvimento do solo na faixa de incorporação do fertilizante e da semente, fator que, aliado à aplicação de herbicidas dessecantes, umidade favorável e aumento do contato resíduos/solo, ativaram o processo de mineralização da palha, o que pode provocar, após algumas semanas, mineralização de parte dos resíduos, reduzindo a cobertura do solo. O resíduo que se encontrava sobre o solo antes da semeadura do milho tem um potencial de disponibilizar 41 kg ha^{-1} de N e 3,5 kg ha^{-1} de S, após sua mineralização (Tabela 4).

É importante salientar que na área experimental, assim como em todo talhão, observou-se a presença abundante de timbete (*Cenchrus echinatus*), o qual colaborou com a MMS total em novembro. Favero et al. (2000) observaram que espécies espontâneas, na região do Cerrado produziram até 3,7 t ha^{-1}, ciclando cerca de 68 kg ha^{-1} de N-total, sendo que 37% do total de MMS era timbete. Shiaku (2002) ressaltou que o timbete tem como

característica desejável para a região do Cerrado a resistência ao déficit hídrico e sistema radicular agressivo, chegando a 1,5 m de profundidade.

Figura 11. Vista da área experimental antes da semeadura do milho (30/9/2002), após a emergência (15/11/2002) e no estádio de florescimento da cultura do milho (10/1/2003), demonstrando a mineralização da palha no pós-semeadura.

4.1.3 Estado nutricional da cultura do milho

As épocas de aplicação do N afetaram significativamente as concentrações foliares de N (Contraste 1), de P (Contraste 1, 2 e 6), de Ca (Contraste 2 e 3) e de S (Contraste 3 e 6), sendo que para o K e Mg não foram observadas diferenças significativas (Tabela 5). A concentração de N no tecido foliar variou entre 33 e 38 g kg^{-1}, estando acima do valor considerado adequado para a cultura do milho, conforme Martinez; Carvalho e Souza (1999), indicando que a planta estava bem nutrida em relação a este nutriente, podendo, inclusive, ter ocorrido consumo de luxo. É importante observar que o híbrido utilizado no experimento respondeu a alta dose de N, conforme se verificou nos resultados de produtividade de grãos, o que pode explicar as concentrações foliares mais elevadas que a recomendada na literatura.

A concentração de N foi significativamente superior quando este foi adicionado complementarmente a adubação de semeadura em relação à testemunha (Contraste 1) ou

quando se comparou o tratamento 45-00-44-65-00 e 00-45-44-65-00 (Contraste 6), indicando maior concentração para o primeiro. Apesar das diferenças significativas, observou-se que mesmo na ausência da aplicação de N complementar à adubação de semeadura, as concentrações foram adequadas para a cultura.

Tabela 5- Contrastes calculados para a concentração de macronutrientes nas folhas da cultura do milho em relação às épocas de aplicação da adubação nitrogenada. Teores considerados adequados para a cultura (MARTINEZ; CARVALHO; SOUZA, 1999).

Contraste	N	P	K	Ca	Mg	S
	g kg^{-1}					
1.T1 vs Demais	33 x 36**	3,3 x 3,6**	25 x 26	1,6 x 1,7	1,8 x 1,7	1,9 x 2,1
2.T2;T6;T7 vs T3;T4;T5	36 x 37	3,5 x 3,6**	25 x 27	2,0 x 1,5**	1,7 x 1,7	2,0 x 2,1
3.T2 vs T6;T7	35 x 36	3,4 x 3,5	24 x 26	1,6 x 2,2*	1,6 x 1,8	1,7 x 2,1**
4.T6 vs T7	35 x 37	3,6 x 3,4	25 x 26	1,9 x 2,4	1,9 x 1,7	2,2 x 2,0
5.T5 vs T3;T4	37 x 37	3,7 x 3,6	26 x 27	1,6 x 1,4	1,7 x 1,7	2,2 x 2,1
6. T3 vs T4	38 x 35*	3,5 x 3,7*	27 x 27	1,1 x 1,7	1,5 x 1,9	1,8 x 2,4**
Média	35,8	3,5	25,8	1,7	1,7	2,0
CV%	6,5	4,6	8,3	24,7	18,7	10,0
Martinez; Carvalho e Souza (1999)	27,5-32,5	2,5-3,5	17,5-22,5	2,5-4,0	2,5-4,0	1-2

*, **: refere-se ao nível de significância pelo teste de F na análise de variância para contrastes ortogonais a 10 e 5%, respectivamente. (T1) 00-00-44-00-00; (T2) 110-00-44-00-00; (T3) 45-00-44-65-00; (T4) 00-45-44-65-00; (T5) 20-00-44-70-20; (T6) 00-00-44-90-20 e (T7) 00-00-44-90^{UR}-20, cuja seqüência para cada tratamento corresponde à quantidade de N em kg ha^{-1} aplicado na semeadura da planta de cobertura (SC) – cinco dias antes da semeadura do milho (PS) – semeadura do milho (S) – cobertura no milho com 5-7 folhas estendidas (1ªCo) – cobertura no milho com 9-10 folhas estendidas (2ªCo).

A concentração de P no tecido foliar do milho foi influenciada significativamente pelas épocas de aplicação de N e variou entre 3,3 e 3,7 g kg^{-1} (Tabela 5). Houve aumento na concentração de P quando se comparou a média dos tratamentos testados e a testemunha (Contraste 1) e na comparação entre as aplicações mais bem distribuídas no tempo em relação a aplicação em uma ou duas épocas (Contraste 2). Estes resultados, possivelmente, estão ligados a um maior aproveitamento do N, que pode ter beneficiado a absorção de outros nutrientes. Segundo Bull (1993) existe interação entre N e P e, mesmo em solos com elevados teores de P, é marcante a influência do N, em função do aumento do sistema radicular.

Observou-se também que o tratamento T4 (00-45-44-65-00) apresentou maior concentração de P em relação ao tratamento T3 (45-00-44-65-00) (Contraste 6). A provável explicação para o aumento de P no contraste 6, apesar da menor significância, deveu-se ao nutriente em questão ao sistema de cultivo. Sabe-se que entre os nutrientes, o P apresenta maior variabilidade no solo sob SSD (NICOLODI; ANGHINONI; SALET, 2002), devido ao não revolvimento e a formação de faixas ricas em P, o que pode ter influenciado este resultado, uma vez que a área estava no seu 5º ano de cultivo e a distribuição horizontal do P ainda não é homogênea.

A concentração de Ca foliar aumentou quando a aplicação de N foi efetuada em uma ou duas épocas em relação à melhor distribuição no tempo (Contraste 2), havendo também efeito positivo para a aplicação do N todo em cobertura em relação à aplicação na semeadura da planta de cobertura (Contraste 3). Embora tenha existido um efeito significativo da aplicação de N na concentração de Ca foliar em alguns tratamentos, suas concentrações, assim como as de Mg, estão abaixo dos níveis mínimos considerados adequados para cultura do milho (Tabela 5).

Este resultado pode ter relação com as concentrações destes nutrientes no solo. Antes da semeadura o solo apresentava 1,2 e 0,4 $cmol_c$ dm^{-3} de Ca e Mg, respectivamente (Tabela 3), valores considerados baixos, segundo Alvarez V. et al. (1999). Na semeadura foram aplicados 30 kg ha^{-1} de Ca e 10 kg ha^{-1} de Mg, quantidades que poderiam suprir parte da carência destes nutrientes. Segundo Bull (1993) é necessário aproximadamente 40 kg ha^{-1} de cada um desses nutrientes (conteúdo na parte aérea) para se atingir até 9,0 t ha^{-1} de grãos. As quantidades aplicadas foram menores que as recomendadas para a cultura, o que pode explicar a aparente carência de Ca e Mg, pois os valores estão abaixo da necessidade da cultura.

Salienta-se, entretanto, que as calibrações de nutrientes foram feitas em solos cultivados sob SPC em que o comportamento tanto da cultura como dos nutrientes no solo podem ser diferenciados quando se utiliza o SSD, já que sintomas visuais de deficiência não foram observados. Mesmo quando o solo apresentou teores adequados desses nutrientes, constatou-se concentrações foliares menores do que as consideradas adequadas para a cultura do milho sob SSD na região do Cerrado (LANGE, 2002). Nesse contexto, mesmo o híbrido utilizado no estudo pode também apresentar variação nas concentrações foliares de nutrientes em relação aos padrões recomendados. O trabalho de Schlindwein e Gianello (2004) abordou uma série de dúvidas e questionamentos com relação às novas calibrações que devem ser feitas para o cultivo em SSD.

A concentração de S no tecido foliar foi influenciada significativamente pelas diferentes épocas de aplicação de N, variando entre 1,7 e 2,4 g kg^{-1}, estando dentro da faixa considerada adequada para a cultura. Até mesmo na ausência da aplicação de N suplementar a adubação de semeadura, a concentração de S foi adequada, porém, isto pode também ter ocorrido devido a um efeito de concentração, em função da menor produtividade de MMS da cultura neste tratamento. Houve aumento na concentração de S quando todo o N foi aplicado em cobertura (Contraste 3) em relação a sua aplicação na semeadura da planta de cobertura ou quando este foi aplicado mais próximo da semeadura do milho (Contraste 6). Esse resultado sugere, possivelmente, um menor aproveitamento do S do sulfato de amônio (SA) quando uma parte ou todo o fertilizante é aplicado antecipadamente, na semeadura da planta de cobertura. Em relação às diferentes fontes de N (Contraste 4), não se verificou diferença significativa nas concentrações foliares, apesar de os valores serem superiores quando se utilizou somente SA em relação à mistura uréia (UR) e SA. Provavelmente a aplicação de 20 kg ha^{-1} de N na forma de SA, com o concomitante fornecimento de 24 kg ha^{-1} de S, no estádio de 9-10 folhas, forneceu o S necessário à cultura.

Em relação aos micronutrientes, a concentração de boro (B) (Contraste 1), de cobre (Cu) (Contraste 1, 2 e 5), de ferro (Fe) (Contraste 6), de manganês (Mn) (Contraste 1, 2, 3 e 4) e de zinco (Zn) (Contraste 5) foram influenciadas pelas diferentes épocas de aplicação do N como dose suplementar a adubação de base (Tabela 6).

Tabela 6- Contrastes calculados para a concentração de micronutrientes nas folhas da cultura do milho em relação às épocas de aplicação da adubação nitrogenada. Teores considerados adequados para a cultura (MARTINEZ; CARVALHO; SOUZA 1999).

Contraste	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	——— mg kg^{-1} ———				
1.T1 vs Demais	16 x 11**	13 x 15**	108 x 123	28 x 34**	44 x 56
2.T2;T6;T7 vs T3;T4;T5	11 x 12	14 x 15**	120 x 126	34 x 37**	54 x 58
3.T2 vs T6;T7	11 x 11	13 x 15	107 x 126	30 x 42**	44 x 59
4.T6 vs T7	11 x 10	14 x 15	115 x 137	37 x 47**	57 x 61
5.T5 vs T3;T4	13 x 12	17 x 15**	110 x 134	33 x 31	73 x 51**
6. T3 vs T4	12 x 11	15 x 15	162 x 106*	30 x 32	50 x 52
Média	12	14,5	121	33	54
CV%	17,5	7,2	29,1	9,8	23,4
Martinez; Carvalho e Souza (1999)	4-20	6-20	20-250	20-150	20-70

*, **: refere-se ao nível de significância pelo teste de F na análise de variância para contrastes ortogonais a 10 e 5%, respectivamente. (T1) 00-00-44-00-00; (T2) 110-00-44-00-00; (T3) 45-00-44-65-00; (T4) 00-45-44-65-00; (T5) 20-00-44-70-20; (T6) 00-00-44-90-20 e (T7) 00-00-44-90^{UR}-20, cuja seqüência para cada tratamento corresponde à quantidade de N em kg ha^{-1} aplicado na semeadura da planta de cobertura (SC) – cinco dias antes da semeadura do milho (PS) – semeadura do milho (S) – cobertura no milho com 5-7 folhas estendidas (1ªCo) – cobertura no milho com 9-10 folhas estendidas (2ªCo).

A concentração de B no tecido foliar foi superior quando não foi aplicado N complementar a adubação de semeadura (Contraste 1) em relação a presença desta, resultado que ocorreu, possivelmente, devido a um efeito de concentração, decorrente de um menor desenvolvimento vegetativo da planta. Esperava-se, para esta variável, efeito positivo da aplicação de N em relação à concentração de B no tecido, uma vez que esse micronutriente encontra-se presente na MOS e, sabendo que a aplicação de N estimula a mineralização, ocorreria liberação do B da matéria orgânica ao sistema.

As concentrações de Cu e de Mn aumentaram quando se aplicou N complementar a adubação de semeadura (Contraste 1) ou quando o N foi aplicado mais bem distribuído no tempo (Contraste 2) em relação a sua aplicação em doses menos distribuídas no tempo. Para Zn e Cu houve também efeito positivo da aplicação do N parcelado em três épocas (Contraste 5) em relação a aplicação apenas em duas épocas. Neste caso, é possível que a dose de N aplicada no estádio de 9-10 folhas tenha beneficiado a absorção desses micronutrientes, pois pode ter ocorrido queda do pH do solo, o que aumentou a disponibilidade destes nutrientes, época esta que coincidiu com a alta demanda de nutrientes pela planta.

Para Mn, a aplicação de altas doses de N concentradas em uma única época, no pós-semeadura, podem ter provocado queda do pH do solo e, como conseqüência, aumento da disponibilidade desse nutriente, consequentemente, aumento na concentração foliar (Contraste 3). A aplicação de diferentes fontes de N (UR e SA) também afetou a concentração de Mn, que apresentou concentração superior no tratamento que recebeu 90 kg ha^{-1} de N-UR em relação a aplicação de 90 kg ha^{-1} de N-SA. De modo geral, os resultados não acusaram carência de micronutrientes nas folhas da cultura do milho.

4.1.4 Produtividade de grãos, massa de material seco residual e ciclagem de N e S na palha da cultura do milho.

As épocas de aplicação do N afetaram significativamente a produtividade de grãos (Contraste 1 e 2), de MMS (Contraste 1), não influenciando o índice de colheita (IC) (Tabela 7). A produtividade de grãos aumentou quando foram aplicados 110 kg ha^{-1} de N como dose suplementar à adubação de semeadura em relação a ausência desta (Contraste 1), ocasionando um ganho de 1,21 t ha^{-1} de grãos, correspondendo a 20% de acréscimo em relação à

testemunha. Escosteguy; Rizzardi e Argenta (1997) também observaram aumento na produtividade do milho quando aplicaram 80 ou 160 kg ha^{-1} de N em cobertura, parcelados ou não, em relação ausência desta, em SSD. Resultados semelhantes foram observados por Basso e Ceretta (2000), Porto et al. (2004) e Mannigel et al. (2004), porém, estes autores omitiram totalmente a aplicação de N na testemunha. Lara Cabezas et al. (2004b) estudando fontes nitrogenadas no sistema Santa Fé, na mesma propriedade, observaram resposta para aplicação de N em cobertura comparada à ausência desta, evidenciando a condição de alta fertilidade do solo, pois nos tratamentos que receberam N somente na semeadura (35 kg ha^{-1}) a produtividade foi de 7,3 t ha^{-1} de grãos, produtividade esta considerada alta na região do Cerrado.

Tabela 7- Contrastes calculados para a produtividade de grãos, massa de matéria seca (MMS) e no índice de colheita em relação às épocas de aplicação da adubação nitrogenada.

Contraste	Grãos	MMS	IC
	— t ha^{-1} —	— t ha^{-1} —	
1.T1 vs Demais	6,22 x 7,43**	6,79 x 7,87**	0,44 x 0,45
2.T2;T6;T7 vs T3;T4;T5	6,85 x 8,02**	7,65 x 8,10	0,44 x 0,46
3.T2 vs T6;T7	6,78 x 6,89	7,63 x 7,66	0,44 x 0,44
4.T6 vs T7	7,28 x 6,50	7,95 x 7,38	0,44 x 0,43
5.T5 vs T3;T4	8,15 x 7,96	7,91 x 8,19	0,47 x 0,46
6. T3 vs T4	7,76 x 8,15	8,12 x 8,26	0,45 x 0,46
Média	7,26	7,72	0,45
CV%	12,5	9,6	6,6

*, **: refere-se ao nível de significância pelo teste de F na análise de variância para contrastes ortogonais a 10 e 5%, respectivamente. (T1) 00-00-44-00-00; (T2) 110-00-44-00-00; (T3) 45-00-44-65-00; (T4) 00-45-44-65-00; (T5) 20-00-44-70-20; (T6) 00-00-44-90-20 e (T7) 00-00-44-90^{UR}-20, cuja seqüência para cada tratamento corresponde à quantidade de N em kg ha^{-1} aplicado na semeadura da planta de cobertura (SC) – cinco dias antes da semeadura do milho (PS) – semeadura do milho (S) – cobertura no milho com 5-7 folhas estendidas (1ªCo) – cobertura no milho com 9-10 folhas estendidas (2ªCo).

A aplicação da dose de N parcelada no tempo, em dois ou três parcelamentos (T3, T4 e T5), também aumentou em 17% a produtividade, relativamente a aplicação de maiores doses (90 ou 110 kg ha^{-1}) em uma época (Contraste 2), o que equivaleu a um ganho de 1,17 t ha^{-1} de grãos. Segundo Fancelli (2000) o potencial de produção do milho é definido

precocemente, por ocasião da emissão da 4ª a 6ª folha, etapa definida como diferenciação floral. A confirmação do número de fileiras (ovários) ocorre por ocasião da 7ª e 9ª folha completamente expandida. Nesse contexto, os tratamentos que receberam parte do N antes da semeadura (T3, T4, T5) podem ter sido beneficiados por uma maior disponibilidade de N no momento da semeadura, uma vez que o N aplicado na semeadura pode, em parte, ter sido imobilizado, sabendo que na ocasião a superfície do solo apresentava uma MMS próxima a 3,37 t ha^{-1} com relação C/N igual a 31.

As maiores produtividades observadas para uma melhor distribuição do N em diferentes épocas podem estar relacionadas também as condições de pluviosidade do período, pois no mês de dezembro de 2002, época das coberturas, a pluviosidade acumulada foi de 380 mm, podendo ter provocado lixiviação, de NO_3^- e SO_4^{-2} em todos os tratamentos, com destaque para aqueles que receberam as maiores doses em uma única aplicação (T6 e T7). Apesar de a literatura nacional não apresentar muitos resultados referentes a lixiviação de N, alguns trabalhos relatam perdas expressivas desse nutriente, conforme revisão de Gava (2003). Entretanto, este autor não verificou em seu estudo tal evento, após aplicar até 200 kg ha^{-1} de N em um solo com 510 g kg^{-1} de argila sob pluviosidade próxima a 200 mm mensais. Além disso, fertilizantes nitrogenados provocam queda do pH do solo e alteração no índice salino, aumentando a pressão osmótica da solução (MALAVOLTA; PIMENTEL-GOMES; ALCARDE, 2002), o que pode ter prejudicado a cultura quando se aplicou 90 kg ha^{-1} de N em uma única operação, em um solo com apenas 205 g kg^{-1} de argila. Aliado ao possível dano das altas doses aplicadas em uma única época (T6, T7), pode haver também danos mecânicos ao sistema radicular quando o N é incorporado ao solo no estádio de 5-7 folhas, comprometendo a densidade e a distribuição de raízes (FANCELLI; DOURADO NETO, 2004). Esse tipo de injúria pode ter acontecido em todos os tratamentos, porém, nos tratamentos que ainda não haviam recebido parte do N suplementar à adubação de semeadura,

o dano pode ter sido mais severo, por um possível menor desenvolvimento do sistema radicular, em relação a tratamentos que já haviam recebido N antecipadamente.

Em relação às condições pluviais, é importante atentar para o fato que entre a primeira cobertura (19 DAE) e a segunda cobertura (30 DAE), a pluviosidade acumulada foi de 182 mm, sendo 153 mm concentrados em apenas 5 dias. Já entre a segunda cobertura (30 DAE) e o florescimento (52 DAE), a pluviosidade foi de 282 mm, sendo observadas pluviosidades diárias de até 70 mm, evento que, provavelmente, pode ter favorecido a lixiviação tanto de NO_3^- com de SO_4^{-2} no perfil do solo, principalmente, levando-se em consideração a textura do mesmo.

Segundo Sousa e Lobato (2004), quando fertilizantes nitrogenados são aplicados na forma de amônio ou em outra forma, por exemplo amídica, que seja transformada em NH_4^+, enquanto a nitrificação não se completa, tem-se pouca mobilidade do N no perfil, mas com o solo úmido, a nitrificação é rápida e, num período de três a quatro semanas, todo N estará na forma de NO_3^-, propenso à lixiviação. Basso e Ceretta (2000) verificaram que, após aplicarem N em pré-semeadura (até 90 kg ha^{-1}), houve pluviosidade de 243 mm em 23 dias, evento que promoveu forte lixiviação de N, com conseqüente menor absorção do nutriente, conforme análise de tecido da planta. Resultados semelhantes foram obtidos por Wolschick et al. (2003).

Lera; Cantarella e Bolnhezi (2000), após aproximadamente 75 dias da aplicação de 80 kg ha^{-1} de N-UR, observaram que era apreciável a quantidade de NO_3^- na camada de 20-40 cm, salientando que o estudo foi desenvolvido num Latossolo roxo, na região de Ribeirão Preto. Nesse mesmo estudo os autores não observaram diferenças na produtividade do milho entre a aplicação do N, 45 dias antes da semeadura ou no estádio de 6 folhas do milho.

Suhet; Peres e Vargas (1985) estimaram que a movimentação do NO_3^- no perfil do solo após a aplicação de 200 kg ha^{-1} de N-UR em Latossolo vermelho-escuro de Cerrado, pode variar entre 1-1,5 mm no perfil do solo (movimentação vertical) para cada milímetro (mm) de chuva. Apesar das condições peculiares de cada estudo, no presente experimento, o NO_3^- pode ter se movimentado até 0,5 m de profundidade (464 mm de chuva em 30 dias) ou ainda mais, em função da textura do solo.

A produtividade média de grãos observada (7,3 t ha^{-1}) enquadrou-se dentro da média regional, como relata Santos et al. (2002) que, ao avaliarem 23 diferentes hídridos de milho, observaram produtividade média de 7,1 t ha^{-1}. Mesmo em SPC, a aplicação de 120 kg ha^{-1} de N em cobertura no milho, com dois ou três parcelamentos, resultou em produtividade média semelhante a encontrada neste estudo (DUETE, 2000). Ficou também evidente que as maiores produtividades observadas condizem com o teto produtivo do híbrido utilizado, que produziu em diversas avaliações de 8,0 a 8,3 t ha^{-1}.

Ao comparar-se a produtividade de grãos do tratamento 00-00-44-00-00 (T1) e o tratamento 110-00-44-00-00 (T2), verificou-se um acréscimo de 9% no segundo. Este resultado sugere que ao menos uma parte do N e do S aplicados na semeadura do milheto permaneceu no sistema, pois no período compreendido entre abril e outubro de 2002, a pluviosidade foi de 190 mm, bem distribuída no tempo, o que não deve ter favorecido a lixiviação de nutrientes. Como mencionado anteriormente, neste mesmo período houve uma redução de 4,0 t ha^{-1} na MMS que recobria o solo e, nestas condições, pode ter ocorrido imobilização parcial do N aplicado em abril, com posterior liberação no início das chuvas. Isto também se confirma nos resultados de produtividade do contraste 3, indicando aproveitamento parcial do N aplicado no milheto.

Apesar de as diferentes fontes de N não influenciarem estatisticamente a produtividade de grãos (Contraste 4), verificou-se que o tratamento em que se aplicou apenas o SA, a

produtividade aumentou 13% (776 kg ha^{-1} de grãos) em relação à mistura de UR e SA. Este resultado se assemelhou às observações feitas por Lara Cabezas et al. (2005), em que o autor verificou maior produtividade no milho fertilizado com SA, tanto em pré-semeadura como em cobertura, em relação ao uso da UR. Nesse trabalho, a produtividade foi significativamente superior para o SA (847 kg ha^{-1} de grãos), resultado que, segundo os autores, pode decorrer do fato de ter havido maior imobilização do N-UR em relação ao N-SA, o que retardou a assimilação pela planta, além do fornecimento de S pelo SA. Resultados semelhantes para a produtividade de milho também foram observados por Lara Cabezas et al. (2004b), após aplicar 104 kg ha^{-1} de N como UR ou SA, salientando que o uso do SA proporcionou aumento de 300 kg ha^{-1} de grãos. Watanabe et al. (2001) observaram maiores produtividades no milho quando utilizaram SA como fonte de N em relação à UR, atribuindo os resultados ao concomitante fornecimento de S e/ou a possivel menor lixiviação do SA. É importante lembrar que tanto a UR como o SA foram incorporados ao solo (5-7 cm).

A pequena diferença observada, favorável ao SA, aparentamente, também não parece estar relacionada com a deficiência de N ou de S, pois a análise do tecido foliar não apontou carência de nutrientes no tratamento que recebeu UR e SA (Tabela 5). Salienta-se que no tratamento T7 foram aplicados 20 kg ha^{-1} de N e 24 kg ha^{-1} de S, na forma de SA na segunda cobertura (7-9 folhas), fertilização esta que pode ter eliminado a possível carência da planta por S. A deficiência de S no solo tem aumentado com o decorrer dos anos devido ao uso de adubos concentrados e esta pode se tornar mais crítica em solos de textura média à arenosa, devido a uma possível lixiviação de SO_4^{-2} para camadas mais profundas. Segundo Coelho e França (1995) podem existir efeitos positivos para a aplicação de S na cultura do milho quando os teores no solo encontrarem-se baixos, como os observados neste trabalho (3,5 mg dm^{-3}).

A aplicação de 110 kg ha^{-1} de N como dose suplementar à adubação de semeadura resultou em um ganho médio de 11 kg ha^{-1} de grãos para cada 1 kg ha^{-1} de N-fertilizante adicionado ao solo. Sabendo que o custo do kg de N-SA é de aproximadamente R$ 3,00 e, que o preço pago pelo kg de milho é R$ 0,26 (8/2005), a aplicação de N suplementar à adubação de semeadura não resultaria em lucro para o produtor, observando que estes cálculos se referem a média dos tratamentos. Porém, observando os tratamentos que obtiveram as melhores produtividades, 8,15 t ha^{-1} (T4 e T5), a aplicação de N resultou em um ganho médio de 17,5 kg ha^{-1} de grãos para cada 1 kg ha^{-1} de N-fertilizante adicionado ao solo. Neste caso, o retorno econômico da aplicação de 1 kg de N resultaria no ganho de R$ 1,50, despresando o custo de aplicação do fertilizante, colheita, secagem, transporte dos grãos e outros.

Quando se aplicou N suplementar à adubação de semeadura a produtividade de MMS da cultura do milho aumentou, relativamente à aplicação apenas na semeadura (Contraste 1). A quantidade de palha produzida pela cultura, 7,70 t ha^{-1}, pode proteger solo no pós-colheita, sendo a cultura uma opção importante no sistema de rotação, pois fornece altas quantidades de palha, a qual tem como característica desejável a relação C/N elevada, o que permite a mesma persistir sobre o solo por mais tempo. Mai et al. (2003) também observaram que a aplicação de N em diferentes épocas proporcionou maiores produtividades de palha no milho em relação a ausência desta. Estes autores omitiram, inclusive, a aplicação de N na semeadura. Poecojeski et al. (2003) ao estudarem doses crescentes de N e K em cobertura na cultura do milho, observaram que na ausência da aplicação de N, a cultura produziu 6,6 t ha^{-1} de MMS e, nas maiores doses de N e K, a produtividade foi de 8,5 t ha^{-1}, resultados esses semelhantes ao observado neste estudo.

O índice de colheita (IC), que é resultado da fração de grãos secos em relação a massa seca total da planta (grãos e palha), não foi influenciado pelos diferentes tratamentos. Esta

característica é importante no estudo do melhoramento genético da cultura, no sentido de identificar a habilidade de um híbrido em combinar elevada capacidade de produtividade total e de destinar a MS acumulada a componentes de interesse econômico (FANCELLI; DOURADO NETO, 2004), podendo variar de 0,6 a 0,1 para híbridos de alta e baixa produtividade, respectivamente. Os valores de IC observados nos diferentes tratamentos variaram entre 0,45-0,47, o que indica ser o híbrido bom produtor de palha para o sistema, além da elevada produtividade de grãos. Os resultados observados concordam com a literatura, conforme Coelho et al. (1991), Gava (2003) e Silva (2005), que observaram, respectivamente, IC de 0,46; 0,48; e 0,48.

As épocas de aplicação do N afetaram significativamente as concentrações de N (Contraste 1 e 2) e de S (Contraste 1, 3 e 4) na palha residual que ficou sobre o solo (Tabela 8), assim como as quantidades de N (Contraste 1 e 2) e de S (Contraste 1 e 4). Já a relação N/S não foi influenciada.

Tabela 8- Contrastes calculados para a ciclagem de N-total e S-total na palha residual da cultura do milho em relação às épocas de aplicação da adubação nitrogenada.

Contraste	N	S	N	S	N/S
	——— g kg ———		——— kg ha^{-1} ———		
1.T1 vs Demais	4,7 x 5,4**	0,41 x 0,5**	32 x 43**	2,8 x 4,0**	11 x 11
2.T2;T6;T7 vs T3;T4;T5	5,1 x 5,8**	0,49 x 0,51	39 x 47**	3,8 x 4,1	10 x 11
3.T2 vs T6;T7	4,8 x 5,2	0,45 x 0,51**	37 x 40	3,5 x 3,9	11 x 11
4.T6 vs T7	5,3 x 5,0	0,57 x 0,45**	42 x 37	4,5 x 3,3**	10 x 11
5.T5 vs T3;T4	5,5 x 5,9	0,51 x 0,51	43 x 48	4,1 x 4,2	11 x 12
6. T3 vs T4	5,7 x 5,5	0,50 x 0,52	46 x 50	4,1 x 4,3	11 x 12
Média	5,3	0,49	41,1	3,8	19,0
CV%	10,0	9,0	11,4	13,2	11,3

*, **: refere-se ao nível de significância pelo teste de F na análise de variância para contrastes ortogonais a 10 e 5%, respectivamente. (T1) 00-00-44-00-00; (T2) 110-00-44-00-00; (T3) 45-00-44-65-00; (T4) 00-45-44-65-00; (T5) 20-00-44-70-20; (T6) 00-00-44-90-20 e (T7) 00-00-44-90^{UR}-20, cuja seqüência para cada tratamento corresponde à quantidade de N em kg ha^{-1} aplicado na semeadura da planta de cobertura (SC) – cinco dias antes da semeadura do milho (PS) – semeadura do milho (S) – cobertura no milho com 5-7 folhas estendidas (1ªCo) – cobertura no milho com 9-10 folhas estendidas (2ªCo).

Os teores e as quantidades de N presentes na MMS do milho foram influenciados pela aplicação de 110 kg ha^{-1} de N suplementar à adubação de semeadura (Contraste 1), em relação a ausência desta, assim como a melhor distribuição do N, em duas ou três épocas, também influenciou a variável (Contraste 2), resultados estes semelhantes à produtividade de grãos. Segundo Wietholter (2000) o teor de N na palha de milho oscila em valores próximos a 6 g kg^{-1}, resultado semelhante ao observado na média dos tratamentos, porém, inferior ao observado por Lara Cabezas et al. (2004a) e Silva (2005), que observaram teor igual a 8,1 e 8,4 g kg^{-1}; respectivamente. Esta característica pode estar mais relacionada ao genótipo do que ao ambiente.

Os tratamentos testados proporcionaram aumento significativo na concentração e na quantidade de S em relação à testemunha (Contraste 1). As concentrações também foram estatisticamente superiores quando se aplicou o N todo em cobertura em relação a sua aplicação na semeadura do milheto (Contraste 3). Com relação ao uso de diferentes fontes de N (Contraste 4), houve redução significativa na concentração e na quantidade de S na parte vegetativa da planta, resultado decorrente da redução da dose de S fornecida como adubação complementar à semeadura, apesar deste resultado não ter refletido ganhos significativos de produtividade de grãos.

De modo geral, as quantidades médias de N e S na palha residual foram 41 e 4 kg ha^{-1}, respectivamente, que poderão ser disponibilizadas ao solo durante a decomposição. Não foram observadas diferenças na relação N/S na palha da cultura do milho nos diferentes tratamentos.

4.1.5 Altura das plantas, diâmetro do colmo, distância dos entrenós, estande e número de espigas da cultura do milho.

As épocas de aplicação do N afetaram significativamente a altura das plantas (Contraste 2), a distância dos entrenós (Contraste 2), o estande final (Contraste 1 e 2) e o número de espigas (Contraste 1 e 4). Já o diâmetro do colmo não foi influenciado pelas diferentes épocas de aplicação de N (Tabela 9). A aplicação de N suplementar à adubação de semeadura proporcionou maior estande e maior número de espigas na cultura (Contraste 1), o que, provavelmente, se refletiu na maior produtividade, como já discutido. A aplicação de N em parcelas mais distribuídas no tempo, duas ou três aplicações, também beneficiou a altura de plantas, a distância dos entrenós e o estande final em relação a aplicação de altas doses em uma única época (Contraste 2). Neste caso, a aplicação de elevada dose de N, 90 kg ha^{-1} em uma única época (T6 e T7), pode ter prejudicado a cultura pelo resultado da combinação: aumento do índice salino e queda de pH provocada pelo fertilizante junto ao sistema radicular da cultura, além de possível lixiviação de N, decorrente de uma provável menor capacidade de imobilização do N na camada superficial, devido à elevada dose de N e as chuvas que ocorreram, como já discutido.

Observou-se que o tratamento que recebeu 90 kg ha^{-1} na forma de UR (T7) apresentou número de espigas estatisticamente superiores aos apresentados pelo tratamento que recebeu 90 kg ha^{-1} na forma de SA (T6), porém, os resultados de produtividade de grãos apresentaram comportamento inverno.

Tabela 9- Contrastes calculados para a altura de plantas, diâmetro de colmo, distância entrenós, estande final e número de espigas por hectare na cultura do milho em relação às épocas de aplicação da adubação nitrogenada.

Contraste	Altura	Diâmetro do colmo	Distância entrenó	Estande final ha^{-1}	Nº. de espigas ha^{-1}
		cm			
1.T1 vs Demais	209 x 213	1,9 x 2,0	15, 8 x 16,2	53332 x 58369**	51999 x 58295**
2.T2;T6;T7 vs T3;T4;T5	204 x 221**	2,0 x 2,0	15,8 x 16,7**	57332 x 59406*	57332 x 59258
3.T2 vs T6;T7	210 x 202	1,9 x 2,1	15,7 x 15,9	57776 x 57110	55999 x 57999
4.T6 vs T7	202 x 201	2,1 x 2,0	15,8 x 15,9	55999 x 58221	54665 x 61332**
5.T5 vs T3;T4	219 x 222	2,0 x 2,0	16,8 x 16,6	58220 x 59999	57332 x 59258
6. T3 vs T4	218 x 225	2,0 x 2,0	16,7 x 16,5	61332 x 58665	61776 x 58665
Média	212	2,0	16,2	57599	57376
CV%	3,9	3,3	4,0	4,0	4,6

*, **: refere-se ao nível de significância pelo teste de F na análise de variância para contrastes ortogonais a 10 e 5%, respectivamente. (T1) 00-00-44-00-00; (T2) 110-00-44-00-00; (T3) 45-00-44-65-00; (T4) 00-45-44-65-00; (T5) 20-00-44-70-20; (T6) 00-00-44-90-20 e (T7) 00-00-44-90^{UR}-20, cuja seqüência para cada tratamento corresponde à quantidade de N em kg ha^{-1} aplicado na semeadura da planta de cobertura (SC) – cinco dias antes da semeadura do milho (PS) – semeadura do milho (S) – cobertura no milho com 5-7 folhas estendidas (1ªCo) – cobertura no milho com 9-10 folhas estendidas (2ªCo).

4.1.6 Correlações entre diferentes variáveis na cultura do milho

O fornecimento correto de N e de S para a cultura do milho pode influenciar o aproveitamento de outros nutrientes. Nesse sentido, entre as correlações significativas conseguidas no experimento 1(Figura 12), houve relação direta entre o acúmulo de N e S na palha (Figura 12 *f*) e que o fornecimento de N e S foi também determinante no aumento do teor de P foliar (Figura 12 *g* e *h*). Houve, também, correlação entre o aumento do teor de P nas folhas e aumento da produtividade de grãos (Figura 12 *a*). Além de a concentração de P no solo antes da semeadura na camada de 0-10 cm ser considerada muito alta (ALVAREZ et al., 1999), sendo esta uma característica de áreas sob SSD, o fornecimento de 110 kg ha^{-1} de P_2O_5 na semeadura (48 kg ha^{-1} de P) foi também importante para o melhor aproveitamento do N e do S pela cultura.

Pode-se também observar que existia carência tanto de N como de S na área onde a cultura foi semeada, pois houve correlação direta na absorção destes nutrientes pela planta

com as produtividades (Figura 12 *d* e *e*), o que evidencia a necessidade do fornecimento concomitante de ambos para obtenção de altas produtividades em solos do Cerrado.

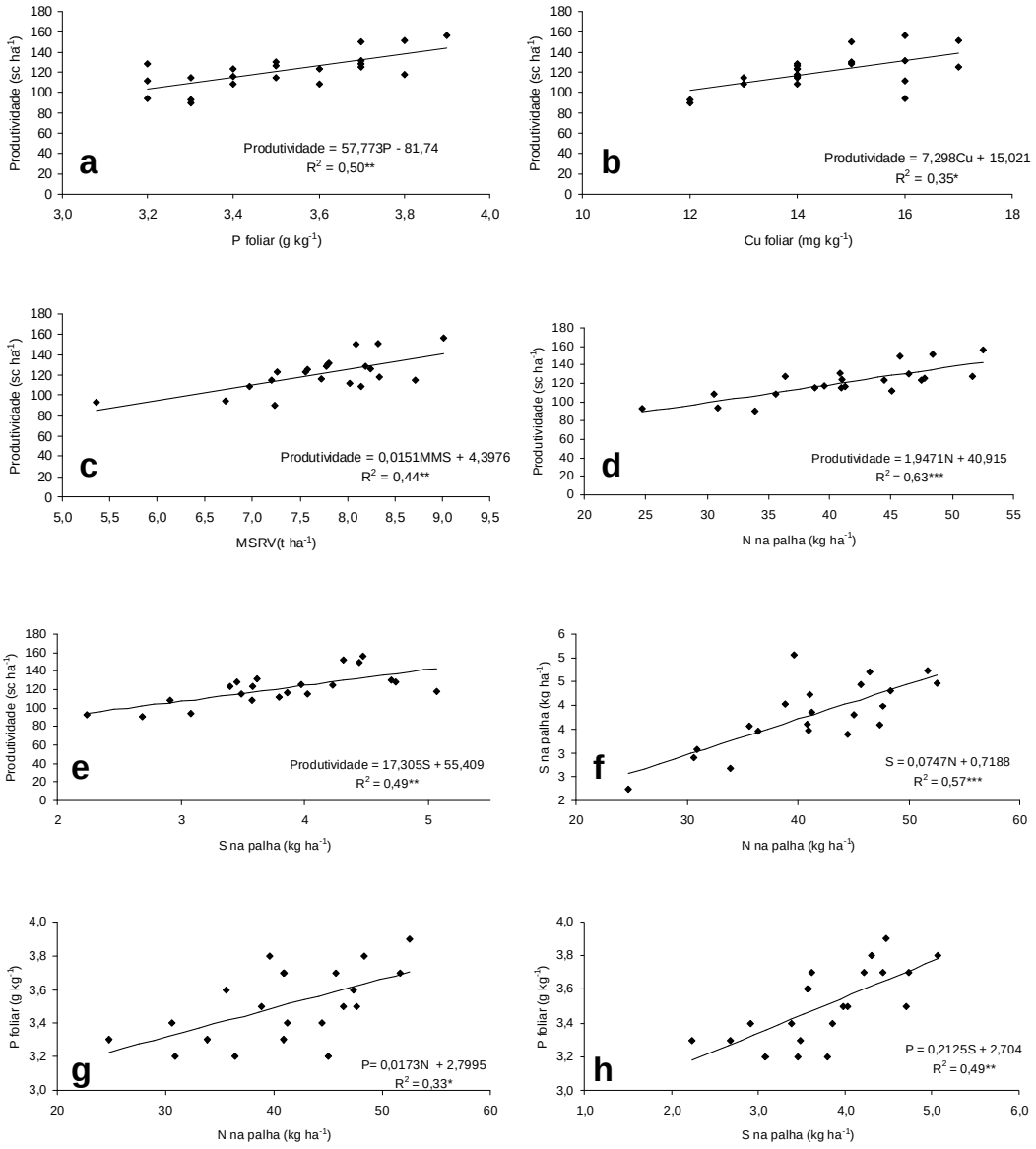


Figura 12. Correlação de Pearson entre diferentes variáveis na cultura do milho, envolvendo todos os dados (n=21). *,**,***: significativo a 5%, 1% e 0,1%, respectivamente. Os resultados de correlação foram expressos na forma de coeficiente de determinação (R^2), que nada mais é do que o quadrado do coeficiente de correlação de Pearson (r).

4.1.7 Aproveitamento do nitrogênio do sulfato de amônio e da uréia pela cultura do milho em sistema semeadura direta

O parcelamento de 110 kg ha^{-1} de N em diferentes épocas não apresentou diferenças significativas na eficiência de utilização do fertilizante nitrogenado (EUFN), nos diferentes compartimentos da planta (Tabela 10), recuperando-se, em média, 48% de N aplicado. Verificou-se que 33% do total de N na planta foi fornecido pelo fertilizante (PNPDF) aplicado como dose suplementar a adubação de semeadura e o restante procedeu de outras fontes, inclusive do N aplicado na semeadura. Estes resultados corroboram com os encontrados por Coelho et al. (1991), em que 32% do total de N na planta foi proveniente do fertilizante aplicado em cobertura; valor também próximo ao observado por Lara Cabezas et al. (2000) que verificaram que 24% do N era proveniente do fertilizante aplicado em cobertura.

Com relação à distribuição do N recuperado nos diferentes compartimentos da planta, verificou-se que aproximadamente 70% do N recuperado alocou-se nos grãos e 30% na palha, resultado semelhante ao observado por Duete (2000), Gava (2003) e Silva (2005), sendo que os dois últimos autores observaram EUFN média semelhante a determinada neste estudo.

A cultura acumulou em média 157 kg ha^{-1} de N e, deste total, 52 kg ha^{-1} foram absorvidos do N aplicado como dose suplementar a adubação de semeadura. Sabendo-se que foram aplicados 44 kg ha^{-1} de N na semeadura e, admitindo que aproximadamente 50% deste também foi recuperado (22 kg ha^{-1}), teríamos um total de 74 kg ha^{-1} de N procedente do fertilizante aplicado na safra em questão, sendo o restante, 83 kg ha^{-1} de N, proveniente de outras fontes, mostrando que o solo - entenda-se solo como residual de culturas anteriores, decomposição de resíduos e a fixação biológica - um grande fornecedor de N para a cultura do milho. Meisinger et al. (1985) ao aplicarem doses crescentes de N no milho, cultivado em sistema semeadura direta, observaram recuperação de 46 e 52% para doses de 90 e 135 kg ha^{-}

[1] de SA respectivamente, com fertilização de cobertura, recuperações semelhantes às verificadas neste estudo.

Tabela 10- Contrastes calculados para o nitrogênio total acumulado (N-total), nitrogênio na planta proveniente do fertilizante (NPPF), eficiência de utilização do fertilizante nitrogenado (EUFN), porcentagem de nitrogênio na planta derivado do fertilizante (PNPDF) e nitrogênio derivado de outras fontes (NDOF) na colheita da cultura do milho, após a aplicação de 110 kg ha^{-1} de N na forma de sulfato de amônio (SA) ou mistura uréia (UR) e SA como dose suplementar a adubação de semeadura.

PARTE	Contraste	N-total	NPPF	EUFN	PNPDF	NDOF
		—— kg ha^{-1}—		——— % ——		– kg ha^{-1}–
Grãos	1. T4 vs T6,T7	124 x 102	36 x 37	33 x 34	29 x 36	88 x 65
	2. T6 vs T7	102 x 101	40 x 33	37 x30	39 x 33	62 x 68
Média		109	36	33	33	73
CV(%)		--	17	17	--	--
Palha	3. T4 vs T6,T7	58 x 42	17 x 16	15 x 14	31 x 37	41 x 27
	4. T6 vs T7	39 x 45	16 x 15	14 x 14	40 x 34	23 x 30
Média		48	16	14	34	32
CV(%)		--	13	13	--	--
Planta toda	5. T4 vs T6,T7	182 x 144	52 x 52	48 x 48	30 x 36	130 x 92
	6. T6 vs T7	142 x 146	56 x 49	51 x 44	40 x 33	86 x 98
Média		157	52	48	33	105
CV(%)		--	14	14	--	--

Não houve diferença significativa entre os tratamentos à 10% de probabilidade. Negrito = referente as doses de **^{15}N** na tabela acima. (T4) 00-**45**-44-**65**-00; (T6) 00-00-44-**90**-**20** e (T7) 00-00-44-**90^{UR}**-**20**, cuja seqüência para cada tratamento corresponde à quantidade de N em kg ha^{-1} aplicado na semeadura da planta de cobertura (SC) – cinco dias antes da semeadura do milho (PS) – semeadura do milho (S) – cobertura no milho com 5-7 folhas estendidas (1ªCo) – cobertura no milho com 9-10 folhas estendidas (2ªCo). NDOF (adubação de semeadura, solo, outras).

A aplicação antecipada, no tratamento T4, em que se aplicou 45 kg ha^{-1} em pré-semeadura, apresentou EUFN de apenas 26% (ANEXO C), com aproveitamento de 12 kg ha^{-1} do total de nutriente aplicado, corroborando com Lara Cabezas et al. (2004a, 2005). A baixa EUFN em relação às demais épocas de aplicação deveu-se, provavelmente, à textura do solo (762 g kg^{-1} de areia) aliada à pluviosidade, que podem ter favorecido a lixiviação de N, como também documentado por Bortolini et al. (2001) e Potttker e Wietholter (2004) em estudos semelhantes. No intervalo entre a aplicação antecipada e a primeira cobertura nitrogenada (30

dias), quando o milho apresentava 5-7 folhas, a pluviosidade acumulada foi de 175 mm, com chuvas de até 40 mm dia^{-1} (Figura 4). Lara Cabezas et al. (2005) verificaram maior eficiência na recuperação para o SA (57 %) aplicado em pré-semeadura (43 antes da semeadura) em relação ao observado nesse estudo. Já quando a fonte foi UR, para as mesmas condições, a recuperação foi apenas de 28%. Ainda, segundo Lara Cabezas et al. (2005), o N-SA tem um "turnover" (imobilização/remineralização) mais dinâmico que o N-UR. Salienta-se, entretanto, que os autores desenvolveram o estudo em solo argiloso.

Portanto, para a opção de manejo (00-45-44-65-00), a aplicação em cobertura foi determinante na EUFN total, pois dos 52 kg ha^{-1} recuperados pela cultura, 40 kg ha^{-1} procederam da aplicação em cobertura. A baixa recuperação determinada não condiz com os resultados obtidos por diversos autores (Tabela 2), em que, na maioria dos casos, se observou recuperação superior a 50%, quando o N foi aplicado antecipadamente. Entretanto, ressalte-se que praticamente todos esses estudos foram desenvolvidos em solos com altos teores de argila, comparativamente ao do presente estudo.

Observando-se apenas a recuperação dos 90 kg ha^{-1} de N (Tabela 11), constatou-se diferença significativa em relação à EUFN nos grãos (Contraste 1), na palha (Contraste 3 e 4) e na planta toda (Contraste 5). Resultados semelhantes foram observados por Couto (2003) na planta toda, em que a recuperação do N-SA foi 33% mais eficiente em relação ao N-UR. Resultados semelhantes foram também verificados por Lara Cabezas et al. (2005). Entre os fatores que podem ter provocado menor EUFN da fonte UR em relação ao SA, destaca-se a maior imobilização do N-UR em relação ao N-SA (LARA CABEZAS et al., 2005). O maior índice salino da UR (75) em relação ao SA (69), pode ter provocado danos ao sistema radicular da cultura e uma possível lixiviação da UR, evento não muito comum, mais documentado por Silva (1982) e Camargo (1989). Atualmente altas doses de N são aplicadas na cultura do milho e a possibilidade de perdas por lixiviação, principalmente em solos

arenosos, não pode ser descartada (CANTARELLA; DUARTE, 2004). Além disso, a UR ao ser aplicada no solo pode não hidrolisar-se tão rapidamente, pois é uma molécula neutra, o que estaria favorecendo a lixiviação, principalmente na condição de chuvas intensas, como as que ocorreram.

Tabela 11 - Contrastes calculados para o nitrogênio total acumulado (N-total), nitrogênio na planta proveniente do fertilizante (NPPF), eficiência de utilização do fertilizante nitrogenado (EUFN) na colheita da cultura do milho, em relação aos 90 kg ha^{-1} de N aplicados como sulfato de amônio ou uréia (UR).

Compartimento	Contraste	N-total	NPPF	EUFN
		kg ha^{-1}		%
Grãos	1. T7 vs T5, T6	93 x 118	25 x 37**	28 x 42**
	2. T5 vs T6	127 x 108	41 x 34	46 x 38
Média		109	33,34	37,04
CV(%)		--	17,76	17,77
Palha	3. T7 vs T5, T6	37 x 50	11 x 16*	13 x 18*
	4. T5 vs T6	60 x 39	19 x 13*	21 x 15*
Média		45	14	16
CV(%)		--	23	23
Planta toda	5. T7 vs T5, T6	130 x 167	36 x 53**	40 x 59**
	6. T5 vs T6	187 x147	60 x 47*	66 x 52*
Média		155	48	53
CV(%)		--	17	17

*, **: refere-se ao nível de significância pelo teste de F na análise de variância para contrastes ortogonais a 10 e 5%, respectivamente. Negrito = referente às doses de ^{15}N na tabela acima, (T5) 20-00-44-**70**-**20**; (T6) 00-00-44-**90**-20 e (T7) 00-00-44-**90**^{UR}-20, cuja seqüência para cada tratamento corresponde à quantidade de N em kg ha^{-1} aplicado na semeadura da planta de cobertura (SC) – cinco dias antes da semeadura do milho (PS) – semeadura do milho (S) – cobertura no milho com 5-7 folhas estendidas (1ªCo) – cobertura no milho com 9-10 folhas estendidas (2ªCo). UR = 90 kg ha^{-1} de uréia.

Para o SA houve também diferença na EUFN na palha e na planta toda, na aplicação parcelada, no tratamento T5 (70 kg ha^{-1} de N na primeira cobertura e 20 kg ha^{-1} de N na segunda cobertura) em relação à aplicação da mesma dose em uma única época (Contraste 4 e 6). O parcelamento de 90 kg ha^{-1} de N-SA em duas épocas aumentou a EUFN em 14 %, relativamente à aplicação em dose única, com recuperação de 13 kg ha^{-1} a mais de N. Como discutido anteriormente, ocorreram chuvas intensas neste período, o que pode ter reduzido a

eficiência da fertilização nitrogenada na cultura, além de outros fatores já mencionados, em relação a altas doses de N.

Uma comparação importante pode ser feita entre o tratamento T5 (Tabela 11) e o tratamento T6 (Tabela 10). Quando foram aplicados 90 kg ha^{-1} de N (T5) parcelados em duas épocas (20-00-44-**70**-**20**), a recuperação foi de 60 kg ha^{-1} e, quando 110 kg ha^{-1} de N (T6) foram parcelados, também em duas épocas (00-00-44-**90**-**20**), o aproveitamento do N foi de 56 kg ha^{-1}, demonstrando que o parcelamento do N, em menores doses, pode melhorar seu aproveitamento.

A distribuição dos 90 kg ha^{-1} de N até a cultura atingir 5-7 folhas (desde a semeadura da planta de cobertura até a primeira cobertura) interferiu no aproveitamento dos 20 kg ha^{-1} aplicados no estádio de 9-10 folhas, na segunda cobertura (Tabela 12). Quando se aplicou apenas 70 kg ha^{-1} na primeira cobertura (T5), observou-se maior recuperação do N em relação à aplicação de 90 kg ha^{-1} na primeira cobertura, na palha da cultura (Contraste 3) e na planta toda (Contraste 5).

As diferentes fontes aplicadas na primeira cobertura também interferiram na EUFN, pois a recuperação dos 20 kg ha^{-1} de N-SA foi 15% superior na planta toda quando 90 kg ha^{-1} de N-UR foram aplicados na primeira cobertura (Contraste 6), em relação a aplicação de 90 kg ha^{-1} de N-SA, podendo este resultado ter sido influenciado por uma possível carência de S no tratamento T7, já que este ainda não havia recebido S previamente (primeira cobertura). Estes nutrientes participam na composição de diversas proteínas, existindo influência negativa na incorporação do N na planta quando há carência de S (STEWART; PORTER, 1969; MALAVOLTA, VITTI; OLIVEIRA, 1997).

Tabela 12- Contrastes calculados para o nitrogênio total acumulado (N-total), nitrogênio na planta proveniente do fertilizante (NPPF), eficiência de utilização do fertilizante nitrogenado (EUFN) na colheita da cultura do milho, em relação aos 20 kg ha^{-1} de N aplicados no estádio de 9-10 folhas como fonte sulfato de amônio.

Compartimento	Contraste	N-total	NPPF	EUFN
		kg ha^{-1}		%
Grãos	1. T5 x T6,T7	115 x 101	9 x 7	45 x 37
	2. T6 x T7	95 x 107	7 x 8	32 x 41
Média		106	7	40
CV(%)			20	20
Palha	3. T5 x T6,T7	60 x 45	5 x 3**	26 x 16**
	4. T6 x T7	39 x 51	3 x 4	13 x 19
Média		50	4	19
CV(%)			24	24
Planta toda	5. T5 x T6,T7	175 x 146	14 x 11**	70 x 53**
	6. T6 x T7	134 x 158	9 x 12*	46 x 61*
Média		156	12	59
CV(%)			15	15

*, **: refere-se ao nível de significância pelo teste de F na análise de variância para contrastes ortogonais a 10 e 5%, respectivamente. Negrito = referente às doses de **^{15}N** na tabela acima (T5) 20-00-44-70-**20**; (T6) 00-00-44-90-**20** e (T7) 00-00-44-90^{UR}-**20**, cuja seqüência para cada tratamento corresponde à quantidade de N em kg ha^{-1} aplicado na semeadura da planta de cobertura (SC) – cinco (5) dias antes da semeadura do milho (PS) – semeadura do milho (S) – cobertura no milho com 5-7 folhas estendidas (1ªCo) – cobertura no milho com 9-10 folhas estendidas (2ªCo).

Saliente-se, ainda, que a maior EUFN foi observada nesta época (30 DAE), chegando até 70% de recuperação do fertilizante, o que pode ser resultado de uma elevada demanda e conseqüente acúmulo de N no estádio de 30-40 DAE, conforme observado por Gava (2003) e, também decorrente do fato da dose ser um tanto quanto pequena (20 kg ha^{-1}), tendo favorecido a eficiência de uso do N. Nesse contexto, Scivittaro et al. (2003) observaram elevada recuperação de UR no milho devido, possivelmente, à aplicação de pequenas doses parceladas no tempo, uma vez que realizaram até quatro parcelamentos.

4.2 Experimento 2

4.2.1 Massa de matéria seca da aveia preta

A produtividade da aveia preta em termos de massa de matéria seca (MMS) aos 150 dias após a semeadura (DAS) não foi influenciada pela adubação nitrogenada aplicada na semeadura (ANEXO D). A produtividade de MMS da aveia preta foi baixa, com uma média de 463 kg ha^{-1}, tendo sido verificado ainda um alto coeficiente de variação (50%). A reduzida produtividade ocorreu devido ao déficit hídrico (Figura 13), com intensidade de chuva de apenas 53 mm entre a semeadura e a colheita da parte aérea da aveia preta. Lara Cabezas et. al. (2005) também não verificaram grande ganho de MMS pela aveia preta quando semeada tardiamente na mesma região, onde a mesma produziu apenas 1,1 t ha^{-1} de MMS. Resultados semelhantes também foram observados por Couto (2003), sendo que em ambos os casos, o déficit hídrico foi responsável pelo baixo desenvolvimento da cultura. Em anos em que ocorre falta de chuvas, as culturas semeadas em abril alcançam produções médias inferiores a 500 kg ha^{-1}, evidenciando a dificuldade de formação de palha nessa época na região do Cerrado (FONTES, 1998).

A pluviosidade na região é um evento não totalmente previsível, sendo que em anos de chuvas normais, pode haver um acúmulo de 200 mm entre os meses de abril e agosto. Neste contexto, os produtores buscam realizar a semeadura da planta de cobertura o mais próximo possível da colheita da cultura de verão e ficam aguardando a ocorrência de chuva, para que a mesma se estabeleça, não havendo, entretanto, sucesso em todos os anos.

Diversos trabalhos desenvolvidos na região Sul do país têm demonstrado que a aveia preta tem potencial para acumular MMS (Tabela 1). Borket et al. (2003) observaram, a partir de 333 amostragens em aveia preta no Estado do Paraná, produtividades variando desde valores menores que 5,0 t ha^{-1} até maiores que 15 t ha^{-1}, porém, a maior classe das amostras

enquadrou-se entre 7,5 e 10 t ha^{-1}. Primavesi et al. (2002) observaram que a aveia forrageira semeada em maio, no Estado de São Paulo, produziu 4,5 t ha^{-1} de MMS, tendo recebido 70 kg ha^{-1} de N na forma de UR. Na região Sul do Brasil, sobre resteva de soja e sem a adição de fertilizante nitrogenado, Mai et al. (2003) verificaram que a aveia preta produziu 7,0 t ha^{-1} de MMS. Em Uberaba, Minas Gerais, a aveia preta semeada em agosto, produziu em média, 2,86 t ha^{-1} de MMS, com acúmulo de 26 kg ha^{-1} dia^{-1}, resultado decorrente de bons índices pluviométricos no período do estudo (TORRES et al., 2004). Este pequeno acúmulo de MMS pela aveia preta deveu-se a estiagem que teve início em meados de abril e prolongou-se até setembro, sendo que neste intervalo praticamente não ocorreram chuvas

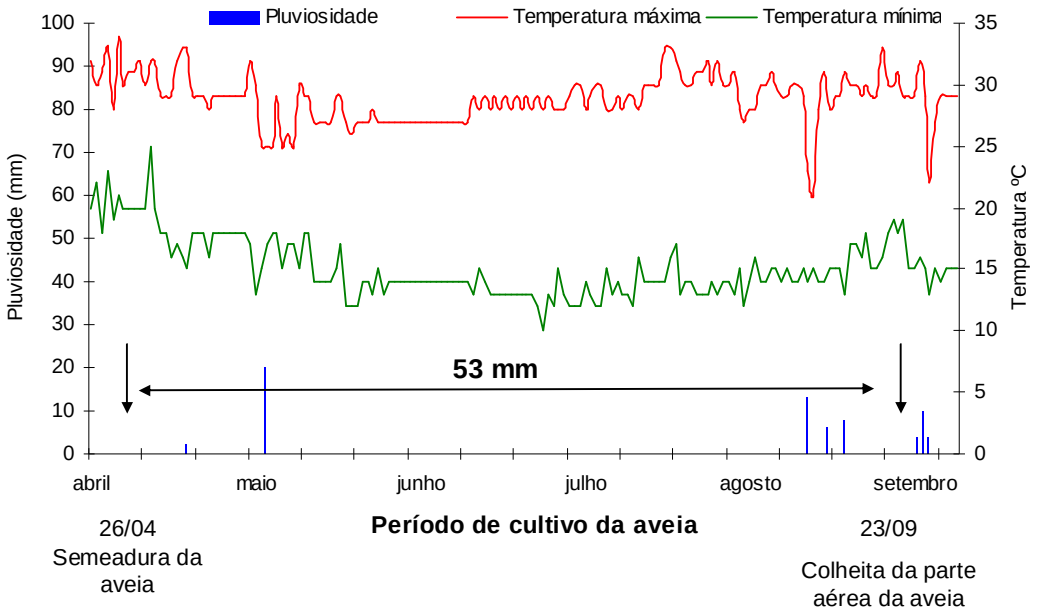


Figura 13.Temperatura e pluviosidade durante o período de desenvolvimento da cultura da aveia preta na fazenda Pinusplan, entre os dias 26 de abril e 23 de setembro de 2002 (experimento 2).

4.2.2 Massa de matéria seca dos resíduos culturais da cultura antecessora e de espécies de plantas espontâneas

Em maio de 2002 a superfície do solo continha 9 t ha^{-1} de MMS (Figura 14), representada por plantas espontâneas (mortas e vivas) e resíduos culturais da cultura da soja, além de algum resíduo de sorgo cultivado como cultura antecessora à soja, na safra de 2001. Entre maio e novembro, em um período de 174 dias, houve redução de 30 kg ha^{-1} dia^{-1} na quantidade de MMS que recobria o solo. Lara Cabezas (2001) no ano de 1998, na mesma região, observou redução da MMS do milheto e outros resíduos de 29 kg ha^{-1} dia^{-1}. Resultados semelhantes foram também observados por Bertol et al. (1998) com aveia preta no Sul do país.

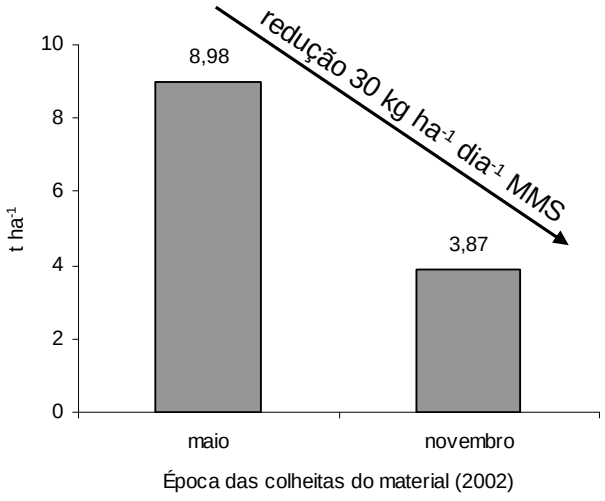


Figura 14. Massa de matéria seca dos resíduos culturais da soja e de espécies de plantas espontâneas na entrelinha de semeadura da aveia preta (maio) e em área total (novembro), na região do Triângulo Mineiro no ano de 2002.

Em novembro de 2002, antes da semeadura do milho, não se observou efeito do N aplicado em abril (70-00-42-00-00) na produtividade de palha das espécies de plantas espontâneas da área, em relação a ausência de adubação, indicando que, como na aveia preta, estas espécies não foram influenciadas pela aplicação prévia de N. Acredita-se que essa ausência de resposta à adubação nitrogenada deveu-se a baixa pluviosidade no período compreendido entre abril e outubro de 2002 (Figura 13).

Antes da semeadura do milho a concentração de C e de S na MMS e as relações C/N e C/S apresentaram diferenças significativas (Tabela 13), sendo que para as demais variáveis não se observou diferença significativa. A quantidade de MMS não foi diferente em relação aos tratamentos, sendo, em média, de 3,87 t ha^{-1}. Este valor é semelhante ao determinado por Torres et al., (2004) em área de pousio.

Tabela 13- Influência de diferentes épocas de aplicação da adubação nitrogenada na produtividade de massa de matéria seca (MMS), nas concentrações e no conteúdo de carbono (C), nitrogênio (N) e enxofre (S) de diferentes plantas que compõe o resíduo vegetal antes da semeadura do milho.

Aplicação do N	MMS^{ns}	C	N^{ns}	S	$C\text{-}total^{ns}$	$N\text{-}total^{ns}$	$S\text{-}total^{ns}$	C/N	C/S	N/S^{ns}
SC-PS-S-1ªCo-2ªCo	t ha^{-1}	—— g kg^{-1} ——			—— kg ha^{-1} ——					
00-00-42-00-00	3,51	360b	13,5	1,16a	1257	46	4,0	27b	318b	12
70-00-42-00-00	3,68	392a	13,5	0,85ab	1437	50	3,1	30ab	466ab	16
00-70-42-00-00	4,31	369ab	10,5	0,88ab	1599	49	4,2	37ab	455ab	12
00-00-42-70-00	4,26	361b	12,8	0,97ab	1526	55	4,2	28ab	374b	13
00-00-42-35-35	3,62	381ab	9,5	0,66b	1381	35	2,4	41a	590a	15
Média	3,87	373	12,0	0,90	1440	47	3,6	32	441	14
CV%	38	3	17	21	38	46	56	18	19	21

Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem pelo teste de Tukey a 10%. ^{NS}: não significativo. (T1) 00-00-42-00-00; (T2) 70-00-42-00-00; (T3) 00-70-42-00-00; (T4) 00-00-42-70-00 e (T5) 00-00-42-35-35, cuja seqüência para cada tratamento corresponde à quantidade de N em kg ha^{-1} aplicado na semeadura da planta de cobertura (SC) – oito dias antes da semeadura do milho (PS) – semeadura do milho (S) – cobertura no milho com 4-5 folhas estendidas (1ªCo) – cobertura no milho com 7-8 folhas estendidas (2ªCo).

As concentrações médias de N e S no resíduo foram de 12 e 0,9 g kg^{-1}, respectivamente. Resultado muito próximo foram encontrados em aveia preta por Giacomini et al. (2003), porém, inferior aos encontrados pelos mesmos autores em área de pousio. As

quantidades médias de C-total, N-total e S-total na MMS sobre o solo foram 1,4 t ha^{-1}, 47 e 3,6 kg ha^{-1}, respectivamente, não sendo observadas diferenças entre os tratamentos. Gonçalves; Ceretta e Basso (2000) observaram antes da semeadura do milho e após cinco anos de sucessão entre plantas de cobertura no inverno e milho no verão, 5,8 t ha^{-1} de resíduos sobre o solo, com teor médio de 11 g kg^{-1} de N, semelhantes aos determinados neste trabalho. O valor de MMS encontrado por Gonçalves; Ceretta e Basso (2000) deveu-se ao incremento anual que as plantas de cobertura proporcionaram ao sistema, ao cultivo de milho e ao clima diferenciado da região Sul do país.

As relações C/N e C/S apresentaram diferenças, sendo ambas superiores no tratamento 00-00-42-35-35, resultado das menores quantidades de N e S neste tratamento. O valor médio da relação C/N observado foi intermediário ao encontrado por Giacomini et al. (2003) para aveia preta (36) e ervilhaca comum (24), menor que os observados por Silva (2005) em área de pousio (37) e maior que os observados por Torres et al (2004), também em área de pousio (25), o que demonstra a variabilidade de resultados da literatura. A presença de 3,87 t ha^{-1} de MMS sobre o solo, antes da semeadura do milho, pode disponibilizar, aproximadamente, 47 kg ha^{-1} de N-total e 3,6 kg ha^{-1} de S-total ao ambiente, após sua mineralização. Salienta-se que na semeadura do milho o processo de mineralização da palha é otimizado, devido a fatores já mencionados.

4.2.3 Estado nutricional da cultura do milho

Não foram observadas diferenças significativas nas concentrações foliares dos macronutrientes em relação às épocas de aplicação de N (Tabela 14), com exceção para o

potássio (K), que pode deve ter ocorrido devido ao efeito de concentração, em relação ao menor ganho de MMS pela cultura do milho na testemunha (Contraste 1).

Todos os macronutrientes, exceto Ca e Mg, se encontraram dentro da faixa considerada como adequada para a cultura do milho, conforme recomendado por Martinez; Carvalho e Souza (1999) e, em alguns casos, até acima dos limites recomendados. As menores concentrações de Ca e Mg no tecido foliar podem ser resultados dos baixos teores destes nutrientes no solo antes da semeadura do milho, 1,1 e 0,3 $cmol_c\ dm^{-3}$, respectivamente. Ressalta-se, porém, que as calibrações dos nutrientes no solo foram dimensionadas com semeadura em experimentos desenvolvidos sob SPC e, no SSD a dinâmica de nutrientes, a variabilidade horizontal e, principalmente, a variabilidade vertical são diferentes, havendo um gradiente de concentração na superfície do solo, o que pode diferenciar a disponibilidade de nutrientes nessa condição, ressaltando ainda, nesse contexto, que novos estudos devem ser feitos para o cultivo em SSD (SCHLINDWEIN; GIANELLO, 2004). Além disso, existe também a variabilidade genética de cada híbrido, que pode influenciar este resultado.

Tabela 14- Contrastes calculados para a concentração de macronutrientes nas folhas da cultura do milho em relação às épocas de aplicação da adubação nitrogenada. Teores considerados adequados para a cultura (MARTINEZ; CARVALHO; SOUZA, 1999).

Contraste	N	P	K	Ca	Mg	S
	g kg^{-1}					
1.T1 vs Demais	31 x 32	3,1 x 2,9	24 x 22**	2,2 x 2,3	1,5 x 1,5	2,1 x 2,2
2.T2 vs T3;T4;T5	32 x 32	3,0 x 2,8	22 x 22	2,7 x 2,2	1,6 x 1,5	2,1 x 2,2
3.T3 vs T4;T5	31 x 32	2,9 x 2,8	22 x 23	2,1 x 2,3	1,6 x 1,5	2,3 x 2,1
4. T4 vs T5	34 x 30	2,8 x 2,8	23 x 23	2,2 x 2,4	1,5 x 1,5	2,1 x 2,2
Média	32	2,9	23	2,3	1,5	2,1
CV%	8,7	7,5	5,4	17,4	3,8	18,5
Martinez; Carvalho e Souza (1999)	27,5-32,5	2,5-3,5	17,5-22,5	2,5-4,0	2,5-4,0	1-2

*, **: refere-se ao nível de significância pelo teste de F na análise de variância para contrastes ortogonais a 10 e 5%, respectivamente. (T1) 00-00-42-00-00; (T2) 70-00-42-00-00; (T3) 00-70-42-00-00; (T4) 00-00-42-70-00 e (T5) 00-00-42-35-35, cuja seqüência para cada tratamento corresponde à quantidade de N em kg ha^{-1} aplicado na semeadura da planta de cobertura (SC) – oito dias antes da semeadura do milho (PS) – semeadura do milho (S) – cobertura no milho com 4-5 folhas estendidas (1ªCo) – cobertura no milho com 7-8 folhas estendidas (2ªCo).

Entre os micronutrientes, o B e o Fe (Contraste 3) foram influenciados pelas diferentes épocas de aplicação de N (Tabela 15). A maior concentração de B observada no tratamento 00-70-42-00-00 (Contraste 3), provavelmente, foi resultado de uma maior disponibilidade de B no solo, proveniente da mineralização da palha, porém, um maior coeficiente de variação também foi verificado nesta variável, em relação às demais, o que pode ter influenciado no resultado. Verificou-se ainda que as concentrações observadas para todos os micronutrientes estão dentro da faixa adequada para a cultura.

Tabela 15- Contrastes calculados para a concentração de micronutrientes nas folhas da cultura do milho em relação às épocas de aplicação da adubação nitrogenada. Teores considerados adequados para a cultura (MARTINEZ; CARVALHO; SOUZA, 1999).

Contraste	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	——— mg kg^{-1} ———				
1.T1 vs Demais	10 x 10	13 x 14	110 x 109	24 x 27	37 x 36
2.T2 vs T3;T4;T5	9 x 10	14 x 13	110 x 109	25 x 27	35 x 37
3.T3 vs T4;T5	15 x 8**	13 x 14	122 x103*	28 x 27	35 x 38
4. T4 vs T5	8 x 8	13 x 14	103 x 103	26 x 27	33 x 42
Média	10	13	109	26	36
CV%	22,2	7,2	12,3	8,4	16,9
Martinez; Carvalho e Souza (1999)	4-20	6-20	20-250	20-150	20-70

*, **: refere-se ao nível de significância pelo teste de F na análise de variância para contrastes ortogonais a 10 e 5%, respectivamente. (T1) 00-00-42-00-00; (T2) 70-00-42-00-00; (T3) 00-70-42-00-00; (T4) 00-00-42-70-00 e (T5) 00-00-42-35-35, cuja seqüência para cada tratamento corresponde à quantidade de N em kg ha^{-1} aplicado na semeadura da planta de cobertura (SC) – oito dias antes da semeadura do milho (PS) – semeadura do milho (S) – cobertura no milho com 4-5 folhas estendidas (1ªCo) – cobertura no milho com 7-8 folhas estendidas (2ªCo).

4.2.4 Produtividade de grãos, massa de material seco residual e ciclagem de N e S na palha da cultura do milho.

As épocas de aplicação do N afetaram significativamente a produtividade de MMS (Contraste 1, 2 e 4) e o índice de colheita (Contraste 1, 2 e 4), não existindo efeito significativo na produtividade de grãos em nenhum contraste (Tabela 16).

A ausência de resposta em relação à produtividade de grãos deveu-se ao bom nível de fertilidade do solo (8 anos de SSD), aos médios teores de matéria orgânica e, principalmente, ao sistema de sucessão de culturas adotado na área.

O cultivo de soja pode resultar em balanço positivo de N ao sistema, principalmente no SSD (ARAÚJO et al., 2004), com consequente redução ou ausência de resposta à adubação nitrogenada aplicada no milho. Gallo et al. (1983) não obtiveram resposta à aplicação de 60 kg ha^{-1} de N após quatro anos cultivando-se soja na área, colhendo 7,5 t ha^{-1} de grãos. Segundo os autores, os resíduos da cultura de soja e seu sistema radicular, acrescidos da nodulação, forneceram o N necessário para a cultura do milho. Pereira et al. (1988) observaram produtividade de 6,6 t ha^{-1} de milho em Mococa (SP), valor esse muito próximo ao verificado neste trabalho, na ausência de N complementar à adubação de semeadura, podendo-se atribuir tal efeito ao cultivo de soja como cultura antecessora.

Tabela 16- Contrastes calculados para a produtividade de grãos, de massa de material seco (MMS) e índice de colheita (IC) em relação às épocas de aplicação da adubação nitrogenada.

Contraste	Grãos	MMS	IC
	t ha^{-1}		
1.T1 vs Demais	8,21 x 8,42	6,71 x 8,20**	0,52 x 0,48**
2.T2 vs T3;T4;T5	8,41 x 8,42	7,12 x 8,56**	0,51 x 0,46**
3.T3 vs T4;T5	8,35 x 8,46	8,68 x 8,50	0,46 x 0,47
4. T4 vs T5	8,43 x 8,48	9,07 x 7,93*	0,45 x 0,48*
Média	8,38	7902	0,48
CV%	8,4	8,3	4,1

*, **: refere-se ao nível de significância pelo teste de F na análise de variância para contrastes ortogonais a 10 e 5%, respectivamente. (T1) 00-00-42-00-00; (T2) 70-00-42-00-00; (T3) 00-70-42-00-00; (T4) 00-00-42-70-00 e (T5) 00-00-42-35-35, cuja seqüência para cada tratamento corresponde à quantidade de N em kg ha^{-1} aplicado na semeadura da planta de cobertura (SC) – oito dias antes da semeadura do milho (PS) – semeadura do milho (S) – cobertura no milho com 4-5 folhas estendidas (1ªCo) – cobertura no milho com 7-8 folhas estendidas (2ªCo).

Wietholter (2000) verificou na seqüência soja/trigo/milho que a produtividade do milho foi superior à seqüência milho/trigo/milho, resultado da contribuição da leguminosa

como fonte de N. Esse mesmo autor constatou, após 6 safras agrícolas, que o trigo cultivado depois da soja apresentou rendimento 10% superior do que quando o milho foi cultivado antes do trigo, no Estado do Rio Grande do Sul. Segundo Below (2002) a recomendação de adubação nitrogenada nos EUA para a cultura do milho leva em consideração o sistema de rotação, e pode-se dar um credito de até 45 kg N ha^{-1} para a soja.

Mascarenhas; Tanaka e Wutke (2002) em revisão intitulada “Cultivo de cereais e cana-de-açúcar após soja: economia de adubo nitrogenado” demonstra que o cultivo prévio de soja é capaz de suprir o N necessário à gramínea cultivada em seqüência, não havendo resposta à adubação nitrogenada. Orrutéa et al. (2004), estudando doses de N aplicadas no milho após a soja em SSD, não verificaram diferença entre a aplicação de 92 kg ha^{-1} de N mais soja ou quando apenas a soja foi cultivada no ano anterior, demonstrando o benefício da leguminosa para o milho em sucessão. A contribuição da soja como cultura antecessora (duas safras) pode ter fornecido aproximadamente 40 kg ha^{-1} de N (SOUZA; LOBATO, 2004), podendo este valor estar ainda aquém do real (ARAÚJO et al., 2004).

Capobianco et al. (2004), ao estudarem doses crescentes de N na cultura do milho (até 200 kg ha^{-1}), não observaram diferenças entre os tratamentos testados, atribuindo a falta de resposta ao período em que a área vem sendo cultivada em SSD, à rotação de culturas e ao N proveniente do milheto jovem, dessecado antes da semeadura do milho. Pauletti e Costa (2000) também não observaram diferença entre a omissão total de N e a aplicação de 90 kg ha^{-1} de N em pré-semeadura ou cobertura acompanhados de 30 kg ha^{-1} de N na adubação de semeadura do milho, no Estado do Paraná. Dependendo do tempo de adoção e das condições locais, o caráter-fonte de N da MOS no SSD predomina em relação ao caráter-dreno, com elevado fornecimento de N ao sistema (MENDONÇA; OLIVEIRA, 2000).

Os resultados observados não condizem com o estudo desenvolvido por Mai et al. (2003), em que os autores verificaram menor produtividade no milho quando aplicaram 70 kg

ha^{-1}, em pré-semeadura, em relação a aplicação em cobertura, porém, salienta-se que no estudo desses autores a aveia produziu mais de 7,0 t ha^{-1} de MMS, o que pode ter provocado imobilização do N aplicado em pré-semeadura, além de os autores terem usado apenas 20 kg ha^{-1} de N na semeadura.

Os resultados obtidos para aplicação de N apenas na semeadura apresentaram coerência com a recomendação de N para cultura do milho nos estudos do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (AMADO; MIELNICZUK; AITA, 2002). Os autores recomendam aplicar apenas 50 kg ha^{-1} de N para se obter entre 6-9 t ha^{-1} de grãos quando se dispõe de 25 e 50 g dm^{-3} de matéria orgânica no solo e quando se utilizou uma leguminosa de alta produção antecedendo o milho. No presente estudo, pode-se creditar à soja anteriormente cultivada, ao menos em parte, esse benefício. A ausência de resposta à aplicação de N também ficou evidente na área comercial da fazenda, em que, segundo informações do produtor, a produtividade de grãos no talhão do estudo (53 ha) foi semelhante (7800 kg ha^{-1}), no qual foi utilizada a aplicação de N em pré-semeadura, porém com 90 kg ha^{-1}.

Como mencionado, a viabilidade da técnica da antecipação da aplicação de N tem alta dependência das condições pluviais (BASSO; CERETTA, 2000; WOLSCHICK et al., 2003), assim como a aplicação na semeadura ou em cobertura pode apresentar diferentes resultados (SANGOI; ALMEIDA, 1994; ESCOSTEGUY; RIZZARDI; ARGENTA, 1997; SILVA; SILVA, 2002; RUVER et al., 2004). Assim, as condições em que cada estudo foi conduzido, principalmente, as que estão relacionadas aos atributos do solo como textura, agregação e MO, ao sistema de rotação entre outros, podem ser determinantes nos resultados. Apesar de alguns estudos indicarem que não existe benefício no parcelamento do N em cobertura, generalizações não podem ser feitas, sendo que a decisão deve ser tomada com base nas condições locais, que variam desde econômicas até às de manejo. Mesmo em SPC pode não

existir benefício do parcelamento de N em cobertura no milho, em relação a uma única aplicação (DUETE, 2000).

A produtividade de MMS da cultura do milho foi significativamente superior nos tratamentos que receberam N suplementar à adubação de semeadura (Tabela 16) em relação a ausência desta (Contraste 1), como também naqueles que foram adubados mais próximos da época da semeadura do milho (Contraste 2), o que indica, no último caso, menor aproveitamento do N aplicado na semeadura da planta de cobertura. Houve ainda destaque para o tratamento 00-00-42-70-00 (T4) que produziu 9 t ha^{-1} de resíduos vegetais (Contraste 4), resultado este que demonstrou não ser o parcelamento do N (T5) uma opção de melhor retorno em relação à produtividade de palha quando comparada à aplicação em uma única época em cobertura (4-5 folhas).

Neste contexto, como houve influência da aplicação de N suplementar à semeadura na produtividade de MMS e na de grãos não, é possível que o resultado esteja relacionado com uma estratégia fisiológica da planta, no sentido de direcionar os assimilados para produção de grãos, garantindo a perpetuação da espécie e, quando houve N e outros nutrientes em maior abundância, estes foram direcionados para a produção de palha.

Assim como a produtividade de MMS, o IC foi influenciado nos contrastes acima mencionados, tendo os valores semelhança com a literatura, conforme documentaram Coelho et al. (1991), Gava (2003) e Silva (2005).

Em função da grande dificuldade encontrada em se produzir palha na região, verificou-se que o milho produziu aproximadamente 8 t ha^{-1} de palha, quantidade essa que irá recobrir o solo no momento pós-colheita, protegendo-o. Outro ponto importante que contribuiu para o bom resultado de produtividade de grãos e MMS foi a condição de clima favorável (Figura 7). Não foram observados intervalos maiores que 6 dias sem chuva, além das temperaturas favoráveis. Segundo Fancelli (2000) temperaturas diurnas relativamente

elevadas (28-32ºC) possibilitam altas taxas fotossintéticas, ao passo que temperaturas noturnas amenas (18-20ºC) contribuem para o prolongamento do período de crescimento, assegurando à cultura maior ciclo.

Ainda em relação à palha residual (Tabela 17), as épocas de aplicação do N afetaram significativamente a concentração de N (Contraste 2) e de S (Contraste 4), as quantidades de N (Contrastes 1, 2, 3 e 4) e de S (Contrastes 2 e 4) e a relação N/S (Contraste 4).

A concentração de N na MMS do milho foi significativamente inferior apenas no tratamento que recebeu N na semeadura da aveia em relação à aplicação mais próxima da semeadura do milho (Contraste 2), o que ocorreu, possivelmente, devido ao menor aproveitamento do N aplicado nesta época, corroborando com os resultados de produtividade de MMS do milho. A quantidade de N na MMS foi significativa para todos os contrastes testados. Este efeito ocorreu, em alguns tratamentos, devido a maior concentração de N na parte vegetativa (Contraste 3), ou devido ao efeito conjunto de concentração de N e da maior produtividade de MMS (Contraste 2), ou apenas da maior produtividade de MMS (Contraste 1 e 4). Basso e Ceretta (2000), em estudo semelhante, observaram quantidades de N iguais tanto para aplicação antecipada (dessecação da aveia), como para a aplicação em cobertura (dose única) em anos de pluviosidade normal.

A concentração e a quantidade de S na MMS da cultura do milho foi significativamente superior quando se aplicou todo o N suplementar à adubação de semeadura, em uma única aplicação em cobertura, no estádio de 4-5 folhas (Contraste 4). Maiores quantidades de S também foram observadas quando todo o N foi aplicado mais próximo da semeadura em relação à aplicação antecipada (Contraste 2). As maiores quantidades de S nestes contrastes ocorreram em função da maior produtividade de MMS. A relação N/S do material foi afetada pelas épocas de aplicação de N, efeito decorrente da menor concentração e quantidade de S no tratamento T5 (Contraste 4). As quantidades de N

que retornaram ao sistema pela palha aproximaram-se da dose utilizada na adubação de semeadura, lembrando-se, ainda, que não foi contabilizada a contribuição do sistema radicular da cultura. Isto justifica a importância da cultura do milho não só pela produção de palha para recobrir o solo, mas também pela importância na ciclagem de N e S, além de outros nutrientes não determinados.

Tabela 17- Contrastes calculados para a ciclagem de N-total e S-total na palha residual da cultura do milho em relação às épocas de aplicação da adubação nitrogenada.

Contraste	N	S	N	S	N/S
	——— g kg ———		——— kg ha^{-1} ———		
1.T1 vs Demais	4,9 x 5,1	0,47 x 0,45	33 x 42**	3,2 x 3,8	10 x 11
2.T2 vs T3;T4;T5	4,6 x 5,2**	0.,45 x 0,46	32 x 45**	3,2 x 3,9**	10 x 12
3.T3 vs T4;T5	5,5 x 5,1	0,48 x 0,44	47 x 44*	4,2 x 3,8	11 x 12
4.T4 vs T5	5,2 x 5,0	0,50 x 0,38*	47 x 40**	4,6 x 3,0**	10 x 13**
Média	5,0	0,46	40	3,6	11
CV%	7,8	7,8	7,0	13,4	11,1

*, **: refere-se ao nível de significância pelo teste de F na análise de variância para contrastes ortogonais a 10 e 5%, respectivamente. (T1) 00-00-42-00-00; (T2) 70-00-42-00-00; (T3) 00-70-42-00-00; (T4) 00-00-42-70-00 e (T5) 00-00-42-35-35, cuja seqüência para cada tratamento corresponde à quantidade de N em kg ha^{-1} aplicado na semeadura da planta de cobertura (SC) – oito dias antes da semeadura do milho (PS) – semeadura do milho (S) – cobertura no milho com 4-5 folhas estendidas (1ªCo) – cobertura no milho com 7-8 folhas estendidas (2ªCo).

4.2.5 Altura das plantas, diâmetro do colmo, distância dos entrenós, estande e número de espigas da cultura do milho.

As épocas de aplicação do N afetaram significativamente a altura das plantas (Contrastes 2 e 3), o diâmetro dos colmos (Contraste 2), a distância dos entrenós (Contrastes 2, 3 e 4) e o número de espigas (Contraste 1) (Tabela 18).

A ausência de aplicação de N suplementar à adubação de semeadura reduziu apenas o número de espigas (Contraste 1) comparada à aplicação de 70 kg ha^{-1} de N suplementar à adubação de semeadura, resultado este semelhante ao observado por Escosteguy; Rizzardi e Argenta (1997). A altura das plantas, o diâmetro de colmos e a distância dos entrenós

apresentaram-se superiores quando o N foi aplicado próximo à semeadura da cultura (Contraste 2) ou antes da semeadura (Contraste 3), exceto para o diâmetro de colmo. Observou-se também maior distância dos entrenós quando se parcelou o N em cobertura em relação à aplicação em uma única dose (Contraste 4). Escosteguy; Rizzardi e Argenta (1997) e Silva e Silva (2002) também não encontraram benefício do parcelamento do N em cobertura na cultura do milho em SSD com relação ao número de espigas e altura de plantas, o que condiz com o resultado observado no contraste 4. Porto et al. (2004) não observaram diferença no número de espigas por hectare quando o N foi parcelado em diferentes épocas, desde a semeadura da aveia até na cobertura do milho.

Tabela 18- Contrastes calculados para a altura de plantas, diâmetro de colmo, distância dos entrenós, estande final e número de espigas por hectare na cultura do milho em relação às épocas de aplicação da adubação nitrogenada.

Contraste	Altura	Diâmetro do colmo	Distância dos entrenós	Estande final ha^{-1}	Nº. de espigas ha^{-1}
		cm			
1.T1 vs Demais	214 x 218	2,0 x 2,1	16,5 x 16,6	52083 x 54791	49583 x 52396*
2.T2 vs T3;T4;T5	214 x 219**	1,9 x 2,1**	16,1 x 16,8**	57083 x 54027	53750 x 51944
3.T3 vs T4;T5	222x 217**	2,1 x 2,1	17,0 x 16,7**	52916 x 54583	52500 x 51667
4.T4 vs T5	217 x 217	2,1 x 2,1	16,5 x 16,9**	52916 x 56250	51250 x 52083
Média	217	2,1	16,6	57608	51917
CV%	1,43	3,23	1,19	6,14	4,38

*, **: refere-se ao nível de significância pelo teste de F na análise de variância para contrastes ortogonais a 10 e 5%, respectivamente. (T1) 00-00-42-00-00; (T2) 70-00-42-00-00; (T3) 00-70-42-00-00; (T4) 00-00-42-70-00 e (T5) 00-00-42-35-35, cuja seqüência para cada tratamento corresponde à quantidade de N em kg ha^{-1} aplicado na semeadura da planta de cobertura (SC) – oito dias antes da semeadura do milho (PS) – semeadura do milho (S) – cobertura no milho com 4-5 folhas estendidas (1ªCo) – cobertura no milho com 7-8 folhas estendidas (2ªCo).

Não foram observadas correlações significativas no estudo em solo de textura muito argilosa, provavelmente, devido à similaridade que os resultados apresentaram em relação à produtividade e teores foliares.

4.2.6 Aproveitamento do N-amônio do sulfato de amônio e do nitrato de amônio pela cultura do milho em sistema semeadura direta

A eficiência de utilização do N-amônio do fertilizante nitrogenado (EUFN) das fontes sulfato de amônio (SA) e nitrato de amônio (NA) aplicados conjuntamente (43 kg ha^{-1} de N-amônio), apresentou diferença significativa na palha (Contrastes 3 e 4) e na planta toda (Contraste 5) em relação aos tratamentos testados (Tabela 19). Deve-se salientar que foram aplicados 70 kg ha^{-1} de N em cobertura, porém, apenas o N-amônio das fontes foi enriquecido em ^{15}N (43 kg ha^{-1}).

Tabela 19- Contrastes calculados para o nitrogênio total acumulado (N-total), nitrogênio na planta proveniente do fertilizante (NPPF), eficiência de utilização do fertilizante nitrogenado (EUFN), porcentagem de nitrogênio na planta derivado do fertilizante (PNPDF) e nitrogênio derivado de outras fontes (NDOF) na colheita da cultura do milho, referente à aplicação de 43 kg ha^{-1} de N-amônio das fontes sulfato de amônio (SA) e nitrato de amônio (NA) enriquecidos com ^{15}N.

		N-total	NPPF	EUFN	PNPDF	NDOF
Compartimento	Contraste	—— kg ha^{-1}——		——— % ———		– kg ha^{-1}–
Grãos	1.T3 vs T4; T5	124 x 122	13 x 17	31 x 39	11 x 14	111 x 105
	2.T4 vs T5	118 x 125	16 x 17	38 x 40	14 x 14	102 x 108
	Média	122	16	36	13	106
	CV(%)	---	20,5	20,5	---	---
Palha	3.T3 vs T4; T5	63 x 64	6 x 9**	14 x 20**	10 x 13	57 x 56
	4.T4 vs T5	55 x 72	7 x 10*	17 x 22*	13 x 13	48 x 63
	Média	63	8	18	12	55
	CV(%)	---	15,83	15,83	---	---
Planta toda	5.T3 vs T4; T5	187 x 185	20 x 25*	45 x 59*	11 x 14	167 x 159
	6.T4 vs T5	173 x 196	24 x 27	55 x 62	14 x 14	149 x 169
	Média	185	24	55	13	162
	CV(%)	---	16,4	16,4	---	---

*, **: refere-se ao nível de significância pelo teste de F na análise de variância para contrastes ortogonais a 10 e 5%, respectivamente. (T3) 00-70-42-00-00; (T4) 00-00-42-70-00 e (T5) 00-00-42-35-35, cuja seqüência para cada tratamento corresponde à quantidade de N em kg ha^{-1} aplicado na semeadura da planta de cobertura (SC) – oito dias antes da semeadura do milho (PS) – semeadura do milho (S) – cobertura no milho com 4-5 folhas estendidas (1ªCo) – cobertura no milho com 7-8 folhas estendidas (2ªCo). NDOF (adubação de semeadura, N-nitrato não enriquecido, solo e outras).

Quando o N foi aplicado todo em cobertura (T4 e T5), a recuperação foi maior na palha e na planta toda em relação à aplicação antes da semeadura (Contrastes 3 e 5). Lara Cabezas et al. (2004) também verificaram maior aproveitamento do N quando este foi aplicado em cobertura (71%) em SSD, relativamente à aplicação em pré-semeadura (39%). Possivelmente, parte do N aplicado em pré-semeadura (8 dias antes da semeadura), no tratamento T3, pode ter sido imobilizado pelos resíduos da superfície do solo (3,9 t ha^{-1} de MMS com relação C/N igual a 32). Apesar de todas as fertilizações terem sido aplicadas sobre a superfície do solo; na pré-semeadura, o potencial de imobilização poder ter sido maior, pois após a aplicação do dessecante e do procedimento de semeadura (pequeno revolvimento do solo), a decomposição do resíduo é acelerada e, como observado em campo, no intervalo entre a aplicação em pré-semeadura e a primeira cobertura (29/10 a 28/11/2002), grande parte dos resíduos já haviam sido decompostos, o que colaboraria para a menor imobilização do N aplicado em cobertura. Ressalta-se que entre 29/10 e 28/11/2002, a pluviosidade acumulada foi de 170 mm de chuva, o que pode ter provocado lixiviação de N, porém, de baixa magnitude em função da textura do solo (710 g kg^{-1} de argila) e dos teores de MO, não sendo este evento muito provável. Em relação aos dois tratamentos em que a aplicação foi feita em cobertura (T4 e T5), os resultados apontaram maior EUFN apenas na palha quando se parcelou o N em duas épocas (Contraste 4), porém, na planta toda tal efeito não foi verificado.

De modo geral, a EUFN pela planta da mistura NA+SA foi de 55% (24 kg ha^{-1}), sendo 16 kg ha^{-1} exportados nos grãos e 8 kg ha^{-1} remanescentes na palha, que retornaram ao sistema. Cantarella et al. (2003), avaliando a recuperação de ^{15}N-fertilizante em duas safras, observaram sempre maior EUFN quando a aplicação foi feita em cobertura. Já Couto (2003) observou elevada recuperação média do N, tanto em pré-semeadura (69%), como em cobertura (70%) para as fontes UR ou SA.

A cultura acumulou, em média, 185 kg ha^{-1} de N na parte aérea (Tabela 19), sendo que 24 kg ha^{-1} foram fornecidos pelo N-amônio das fontes NA e SA aplicados como dose suplementar a adubação de semeadura. Admitindo-se uma recuperação de 50% para o N-nitrato da fonte nitrato de amônio, que não recebeu marcação (13,5 kg ha^{-1} de N), e que 50% do N aplicado na semeadura também tenha sido recuperado (21 kg ha^{-1}), tem-se um total 59 kg ha^{-1} de N na planta provenientes do fertilizante aplicado na corrente safra, e o restante, 126 kg ha^{-1} tem origem de outras fontes, mostrando o potencial do solo em fornecer N - entenda-se fonte solo como o residual de culturas anteriores, decomposição de resíduos, fixação biológica - para a cultura do milho. Gava (2003) ao utilizar diferentes doses de N em cobertura na cultura do milho observou que, em média, 22% do N acumulado na planta era proveniente do fertilizante aplicado em cobertura e 78% derivou do solo e de outras fontes.

Com um adequado manejo do solo pode-se contar com até 180 kg ha^{-1} provenientes da mineralização, podendo-se produzir até 9 t ha^{-1} de grãos de milho (SOUSA; LOBATO, 2004). É possível estimar a contribuição do “solo” para a cultura, utilizando alguns fatores propostos pelos autores acima citados. Para cada 1% de MOS, tem-se o fornecimento de 30 kg ha^{-1} de N, com um total de 99 kg ha^{-1} de N, conforme o solo em questão (Tabela 3). Em relação as três culturas antecessoras (Quadro 2), tem-se a soja (58 sacas ha^{-1} x 0,22) + sorgo (38 sacas ha^{-1} x 0,1) + soja (54 sacas ha^{-1} x 0,45)= 41 kg ha^{-1} de N, mais 99 kg ha^{-1} de N da MOS, tem-se uma total de aproximadamente 140 kg ha^{-1} de N, o que se aproxima dos 126 kg ha^{-1} de N obtidos do solo, como acima mencionado.

Com observado, a cultura acumulou 185 kg ha^{-1} de N na parte aérea. Admitindo que o sistema radicular acumulasse apenas 15 kg ha^{-1} de N, tem-se aproximadamente 200 kg ha^{-1} de N na cultura do milho no presente estudo. Estas estimativas confirmam a ausência de resposta em produtividade para o N aplicado como dose suplementar a adubação de semeadura (Tabela 16). Apesar de a recuperação do N suplementar a adubação de semeadura chegar a 50%, o

solo pôde suprir aproximadamente 140 kg ha^{-1} de N e tendo-se aplicado 42 kg ha^{-1} de N na semeadura, estes valores se aproximam ao balanço do nutriente para a cultura. Lembrando, ainda, que aqui não foi contabilizado o N fornecido pelos resíduos que estavam sobre o solo.

Os resultados de EUFN para cada fonte de N, quando analisados separadamente, demonstraram que tanto o NA quanto para o SA aplicados antecipadamente ou em cobertura não apresentaram diferença significativa em relação a recuperação do fertilizante (Tabela 20).

Tabela 20- Contrastes calculados para o nitrogênio total acumulado (N-total), nitrogênio na planta proveniente do fertilizante (NPPF), eficiência de utilização do fertilizante nitrogenado (EUFN) na colheita da cultura do milho, referente à aplicação de 27 e 16 kg ha^{-1} de ^{15}N-amônio das fontes sulfato de amônio (SA) e nitrato de amônio (NA), respectivamente.

Fonte nitrogenada	Compartimento	Contraste	N-total	NPPF	EUFN
			—— kg ha^{-1}——		——— % ——
NA (^{15}N)	Planta toda	1T3 vs T4; T5	185 x 185	12 x 16	45 x 61
		2.T4 vs T5	180 x 180	17 x 16	62 x 61
27 kg ha^{-1}	Média		182	15	56
	CV(%)		---	30	30
SA (^{15}N)	Planta toda	3.T3 vs T4; T5	178 x 179	8 x 9	47 x 55
		4.T4 vs T5	155 x 203	7 x 10	45 x 64
16 kg ha^{-1}	Média		179	8	52
	CV(%)		---	28	28

Não houve diferença significativa entre os tratamentos. (T3) 00-70-42-00-00; (T4) 00-00-42-70-00 e (T5) 00-00-42-35-35, cuja seqüência para cada tratamento corresponde à quantidade de N em kg ha^{-1} aplicado na semeadura da planta de cobertura (SC) – oito dias antes da semeadura do milho (PS) – semeadura do milho (S) – cobertura no milho com 4-5 folhas estendidas (1ªCo) – cobertura no milho com 7-8 folhas estendidas (2ªCo). NDOF (adubação de semeadura, N-nitrato não enriquecido, solo e outras).

Verificou-se que o NPPF na planta toda variou entre 12 e 17 kg ha^{-1} de N-amônio para o NA aplicado, dependendo da época de aplicação, sendo recuperados, em média, 15 kg ha^{-1} de N (56%). Kitur et al. (1984) ao aplicarem 84 kg ha^{-1} de N-NA, observaram EUFN média de 60% na cultura do milho em SPC, porém, em área de SSD a EUFN foi apenas de 37%, sendo este resultado decorrente, possivelmente, de maior imobilização, segundo os autores. Os resultados aqui observados, similares aos observados pelos referidos autores em área de SPC ocorreram, provavelmente, devido a menor imobilização do N neste estudo, em função

do histórico da área (8 anos de SSD) e também porque em menores doses de N a recuperação do fertilizante tende a ser maior (GAVA, 2003; SILVA, 2005).

A EUFN do N-amônio para o SA aplicado antecipado ou em cobertura foi também semelhante nos grãos e na planta toda. Entretanto, o parcelamento da cobertura (ANEXO E, Contraste 10), resultou em maior EUFN na palha (29%) em relação à aplicação em uma só época. Em média, a EUFN na planta toda foi 52%.

Existiu a tendência de maior aproveitamento do N do NA quando este foi aplicado em cobertura (T4 e T5), em relação à aplicação antecipada (T3). Já para fonte SA o aproveitamento do N foi superior quando o fertilizante foi parcelado em cobertura (T5), com 64% de recuperação pela planta, em relação às outras formas de aplicação, que recuperaram, em média, 46% do N.

A EUFN total das duas fontes foi aproximadamente 54%, com 56% para o NA e 52% para o SA. Quanto à distribuição do N nas diferentes partes da planta (ANEXO E), prevaleceu o acúmulo do N-amônio proveniente do NA nos grãos (40%) em relação à fonte SA (31%). Na palha observou-se comportamento contrário, com maior acúmulo de N-amônio, proveniente do SA (21%) em relação ao NA (16%).

No tratamento T5 (00-00-42-35-35), houve semelhança entre a primeira e a segunda cobertura, porém, a recuperação foi sempre superior quando o N foi aplicado na segunda cobertura (67%), tanto para o amônio do NA quanto do SA (ANEXO F) em relação a primeira cobertura (57%), o que corrobora com os resultados discutidos acima (Tabela 12), em que as maiores recuperações foram observadas para aplicações tardias. Segundo Gava (2003), a maior taxa diária de acúmulo de N na cultura do milho ocorre entre 30-40 DAE, o que pode ter determinado a maior recuperação do N também neste estudo (27 DAS). Silva (2005) verificou semelhança na recuperação do ^{15}N, quando a aplicação foi realizada no estádio de 4 ou de 8 folhas.

Estes resultados permitem afirmar que a aplicação em pré-semeadura não parece ser o manejo mais indicado, quando se pensa no aproveitamento do N pela planta. Aparentemente, a aplicação do N em estádios mais tardios apresentou maior EUFN.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

5.1 Cobertura do solo

A semeadura das plantas de cobertura no mês de abril, no ano do desenvolvimento dos estudos deste trabalho, não foi uma estratégia eficiente para a produção de palha na região de Uberlândia. Os resultados dos dois experimentos mostraram existir dificuldade na formação de palha no Cerrado após a colheita da soja, principalmente pela escassez e má distribuição das chuvas a partir do final do mês de março, período de estabelecimento da cultura de inverno. A limitação no desenvolvimento das plantas de cobertura implicou, possivelmente, na ausência de aproveitamento do N-fertilizante pelas culturas de cobertura.

Apesar da ausência de produção de palha pelas plantas de cobertura, observou-se apreciável quantidade de resíduos cobrindo o solo durante todo o período de entressafra, variando de 8 a 9 t ha^{-1} no pós-colheita da soja até valores próximos a 3 t ha^{-1}, antes da semeadura do milho, decorrente de resíduos culturais e de plantas espontâneas, que colaboraram na proteção física do solo.

No experimento desenvolvido em solo de textura muito argilosa (experimento 2), em área que já tinha sido cultivada por 8 anos sob SSD, ocorreu maior acúmulo de MMS, principalmente no pós-colheita da soja, devido ao histórico da área e as condições de melhor fertilidade, em relação ao outro experimento, o qual estava sendo cultivado à apenas 4 anos sob SSD, em solo de textura média (experimento 1). Os resultados de produtividade de grãos da soja nos anos anteriores ao experimento também apontam para uma melhor condição no solo muito argiloso (3,35 t ha^{-1}) em relação ao experimento conduzido em solo de textura média (3,2 t ha^{-1}), ficando evidente o benefício do SSD ao longo dos anos, quando bem conduzido. Deve-se salientar que nos anos em que as chuvas se alongam até maio e junho (Figura 2), os produtores da região já estão obtendo sucesso no cultivo das plantas de

cobertura, porém, experiências com diferentes espécies ainda tem sido feitas. Uma alta produtividade de palha pôde ser observada no ano de 2005, na área comercial próxima da qual se desenvolveu o experimento em solo muito argiloso, quando as chuvas foram regulares e se utilizou o sistema de semeadura integrada, ou seja, semear a Braquiaria e milho em conjunto, pois desta forma o capim emerge rapidamente após a colheita do milho, aproveitamento as chuvas do final do verão (LANGE; MALAVOLTA, 2006).

A média de massa de matéria seca (MMS) sobre o solo antes da semeadura do milho foi 3,5 t ha^{-1}, quantidade que confere a superfície do solo uma proteção intermediária (ALVARENGA et al., 2001). Estes valores, apesar de menores que os apontados pela literatura como ideais, tiveram função de proteção do solo durante a entressafra, período no qual ocorreram poucas chuvas, não sendo grandes os prejuízos ao solo pela erosão.

A cobertura do solo no período de entressafra tem capacidade de manter e ciclar certa quantidade de nutrientes e, nessas condições, as perdas por lixiviação, tanto de N como de S, devem ser pequenas, uma vez que as chuvas foram escassas. Por este motivo, é de se esperar que uma parte dos nutrientes que foram disponibilizados durante o período de mineralização da cobertura (abril a novembro), se encontre ainda ao alcance do sistema radicular da cultura de verão, quando esta foi semeada.

A aplicação de N na semeadura da planta de cobertura não foi um manejo indicado em SSD na região. A antecipação da adubação nitrogenada na semeadura da planta de cobertura seria uma alternativa para a produção de palha, uma vez que a espécie cultivada com esta finalidade teria maior capacidade em produzir palha, pela disponibilidade de N, e posterior liberação do nutriente ao sistema, após sua decomposição, além de reciclar outros nutrientes. Desta forma, poderia se manejar o N no sistema de produção e não apenas no ciclo da cultura. Isto se o período de outono/inverno for chuvoso, o que não ocorreu no ano do presente estudo.

5.2 Produtividade da cultura do milho e acúmulo de graus-dia (GD) durante o ciclo

No experimento em solo de textura média (experimento 1), a semeadura ocorreu no dia 7/11/2002 e, no outro experimento em solo de textura muito argilosa (experimento 2) no dia 6/11/2002. Esperava-se que o ciclo da cultura fosse similar nas duas propriedades, porém, houve uma diferença de 6 dias entre o florescimento do milho nos dois experimentos (Tabela 21).

Tabela 21- Influencia do acúmulo de graus dia (GD) no ciclo da cultura do milho em diferentes estádios fenológicos.

Experimento	Florescimento		Ponto de maturidade fisiológica		Produtividade de grãos
	DAE	GD acumulados	DAE	GD acumulados	t ha^{-1}
1	53	787	107	1579	7,26
2	59	826	115	1605	8,36

DAE: dias após emergência; GD: graus-dia.

Durante o desenvolvimento do milho a temperatura tem se mostrado como elemento climático mais importante para predizer os eventos fenológicos, desde que não haja deficiência hídrica (GADIOLI et al., 2000). Segundo Fancelli e Dourado-Neto (1997), a exigência térmica ou de graus dia (GD) para que um híbrido precoce atinja o florescimento é superior a 831ºC. Observou-se um menor acúmulo de GD no experimento em solo de textura média em relação ao conduzido em solo de textura muito argilosa, que apresentou valor próximo ao acima proposto. O valor observado no experimento em solo de textura média foi semelhante ao obtido por Gadioli et al. (2000) para dois híbridos precoces semeados em diferentes épocas (783 a 800 GD).

Alguns fatores podem ser apontados como causadores desse encurtamento de ciclo no experimento em solo de textura média, entre os quais: a) o estresse hídrico que a cultura sofreu logo no início do ciclo (Figura 15), entre os dias 27/11 até 4/12/2002, por um período de 7 dias, quando as plantas de milho tinham entre 4 e 6 folhas, podendo a planta ter acelerado os eventos fisiológicos, como estratégia para perpetuar a espécie, o que pode também ter resultado na menor média de produtividade neste experimento, pois os componentes de produção no milho são definidos no estádio de 4-6 folhas (FANCELLI, 2000) e mesmo havendo N no solo, a carência de água dificultou o contato nutriente-raiz; b) maior número de horas de incidência de luz solar (menor número de dias nublados) no experimento em solo de textura média em relação ao outro experimento, podendo ter determinado a redução no ciclo, encurtando o número de dias necessários para a cultura atingir o florescimento.

Figura 15. Efeito do estresse hídrico sobre a cultura do milho no experimento conduzido em solo de textura média (experimento 1), entre os dias 27/11 e 4/12/2002, quando as plantas tinham entre 4 e 6 folhas.

Admitindo que a emergência das plântulas ocorreu no mesmo dia nas duas condições experimentais e, que até o florescimento havia um acúmulo de 787 GD no experimento em

solo de textura média, nessa mesma data o acúmulo de GD no experimento em solo de textura muito argilosa era de 733, confirmando a menor incidência solar nesse experimento. Este comportamento parece ter definido uma redução no ciclo da cultura no experimento em solo de textura média.

O ponto de maturidade fisiológica (PMF), estádio este definido como desligamento entre a semente (grão) e a planta ocorreu aos 107 DAE no experimento em solo de textura média, com um acúmulo de 1579 GD ao passo o PMF foi observado no experimento em solo de textura muito argilosa, aos 115 DAE, com um acúmulo de 1605 GD, o que causou ampliação do ciclo em 8 dias. Este fator pode ter sido determinante na maior produtividade média de grãos no experimento em solo de textura muito argilosa (8,36 t ha^{-1}) em relação ao outro experimento (7,26 t ha^{-1}).

A aplicação de N na cultura do milho mostrou-se necessária, sendo observados ganhos em produtividade no solo de textura média. Ficou evidente também nesse experimento que a aplicação de grandes quantidades de N em uma única época (90 kg ha^{-1}) não foi eficiente no aumento da produtividade da cultura em relação a distribuição deste parcelado no tempo, mesmo antes da semeadura.

No solo de textura muito argilosa a produtividade foi semelhante nas diferentes épocas de aplicação de N, evento que ocorreu devido ao histórico da área experimental, que vinha sendo conduzida já por 8 anos sob SSD, sendo que nas duas últimas safras o solo foi cultivado com soja, que deve ter fornecido grande quantidade de N residual ao milho, em sucessão.

É importante salientar que o benefício do SSD é cumulativo e, ano após ano, ocorrem melhorias na fertilidade do solo, entendendo-se que a fertilidade engloba atributos físicos, químicos e biológicos. Nesse sentido é importante acumular palha na superfície do solo, principalmente em solos de textura mais arenosa, o que garante reserva de umidade (água) em períodos curtos de estiagem, melhorando o desempenho das culturas. Também tem

importância a adoção do sistema de rotação, em que o cultivo de leguminosas, mesmo com finalidade comercial (soja), pode beneficiar o sistema, por fornecer N residual e proporcionar exploração diferenciada do solo, em função da variação do sistema radicular das culturas, além do outros benefícios.

A menor eficiência de utilização do fertilizante nitrogenado observada para a aplicação em pré-semeadura (26%) em solo de textura média, no tratamento T4 (00-45-44-65-00) deve-se, muito provavelmente, às condições texturais do solo e as chuvas que ocorreram. Já as maiores eficiências de uso do N (70%) foram observadas para as aplicações tardias, quando o milho apresentava 7-8 e 9-10 folhas, em solo muito argiloso como no de textura média, respectivamente.

Estes resultados apresentam coerência com a literatura atual a respeito do assunto, confirmando a tendência de melhor aproveitamento do N quando este é aplicado em cobertura em relação a aplicação em pré-semeadura. Nesse sentido, a aplicação antecipada em solos que apresentem pouco tempo de adoção do SSD, baixos teores de matéria orgânica e textura tendendo à arenosa, não é uma forma adequada de manejo do N, em função do seu baixo aproveitamento, devendo ser preconizada a aplicação em cobertura, pois fatores como elevada pluviosidade e/ou imobilização temporária do nutriente, não são previsíveis e podem reduzir a eficiência da adubação.

No experimento em solo muito argiloso houve maior aproveitamento do N, da mistura SA e NA quando aplicados em cobertura, relativamente à aplicação em pré-semeadura; porém, neste caso, em função dos resultados de produtividade e da pequena diferença em relação ao aproveitamento do N, mais estudos devem ser desenvolvidos, principalmente em função da textura argilosa do solo e do cultivo de soja nos anos anteriores.

Os agricultores da região onde o estudo foi desenvolvido têm procurado manejar e adotar novas tecnologias, fundamentadas em estudos regionais, como uso de híbridos

selecionados para a região, altas doses de fertilizantes, controle eficiente de pragas e doenças. É importante destacar o papel desempenhado pelo CAT-Uberlândia (Clube Amigos da Terra), em que o órgão promove mensalmente palestras e encontros, que reúnem produtores, alunos e pesquisadores, no intuito de difundir novas tecnologias, além da divulgação de pesquisas desenvolvidas pela organização. Nesse sentido, é importante que o técnico, ao recomendar o uso de N em sistema semeadura direta esteja consciente das condições locais peculiares, pois a recomendação deve partir da avaliação de cada caso, não podendo ser generalizada.

Neste contexto, a produtividade de grãos obtida, na média dos dois experimentos foi de 7,73 t ha^{-1}, sendo superior a média do Estado de Minas Gerais (4,2 Mg ha^{-1}) e também superior à média nacional (3,58 Mg ha^{-1}) obtidas na safra 2002/03 (CONAB, 2004). Estes resultados comprovam o potencial de produtividade da cultura do milho na região.

Considerando-se que a rotação de culturas é fundamental para o sucesso do SSD, principalmente no Brasil, em que o milho e a soja são as culturas de grãos mais cultivadas, a semeadura do milho é importante no planejamento do sistema de cultivo. Além de produzir grande quantidade de resíduos, de alta relação C/N, promove também a ciclagem de nutrientes e aproveitamento do N residual da soja.

6 CONCLUSÕES

Os resultados obtidos permitem concluir que:

O cultivo de plantas de cobertura semeadas após a colheita da cultura de verão não foi uma estratégia eficiente na produção de palha;

A aplicação de N na semeadura da planta de cobertura não foi um manejo indicado em sistema semeadura direta na região do Cerrado de Uberlândia;

Em solo de textura média, a aplicação de N suplementar à adubação de semeadura aumentou a produtividade de grãos e de massa de matéria seca no milho em relação à ausência de aplicação e o parcelamento de uma mesma dose em subdoses mais bem distribuídas ao longo do tempo resultou também em melhor produtividade de grãos que a aplicação de altas doses em menor número de épocas;

Em solo muito argiloso, a produtividade de grãos de milho foi semelhante para todos os tratamentos, independente da época de aplicação do N, possivelmente, devido ao fornecimento de grande quantidade deste nutriente pela soja cultivada em anos anteriores. A produtividade de massa de matéria seca foi maior quando se aplicou N suplementar à adubação de semeadura ou quando este foi aplicado mais próximo da semeadura do milho;

Houve menor aproveitamento do N fertilizante quando este foi aplicado em pré-semeadura em relação à aplicação em cobertura, tanto em solo de textura média quanto em solo de textura argilosa.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AITA, C.; CERETTA, C. A.; THOMAS, A. L.; PAVINATO, A.; BAYER, C. Espécies de inverno como fonte de nitrogênio para o milho no sistema de cultivo mínimo e feijão em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 18, p. 101-108, 1994.

ALVARENGA, R. C.; LARA CABEZAS, W. A.; CRUZ, J. C.; SANTANA, D. P. Plantas de cobertura de solo para sistema de plantio direto. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 22, n. 208, p. 25-36, 2001.

ALVAREZ V. V. H.; NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F.; CANTARUTTI, R. B.; LOPES, A. S. Interpretação dos resultados das análises de solo. In: COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS - CFSEMG. **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**: 5ª aproximação. Viçosa, 1999. p. 25-32.

ALVES, B. J. R.; ZOTARELLI, L.; BODDEY, R. M.; URQUIAGA, S. Soybean benefit to a subsequent wheat crop in a cropping system under zero tillage. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON NUCLEAR TECHNIQUES IN INTEGRATED PLANT NUTRIENT, WATER AND SOIL MANAGEMENT, 2000, Vienna. **Proceedings…** Vienna: IAEA, 2002. p. 25-26.

ALVES, V. M. C.; VASCONCELLOS, C. A.; FREIRE, F. M.; PITTA, G. V.; FRANÇA, G. E.; FILHO, A. R.; ARAÚJO, J. M.; VIEIRA, J. R.; LOUVEIRO, J. E. Milho. COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS - CFSEMG. **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**: 5ª aproximação. Viçosa, 99. p. 314-316.

AMABILE, R. F.; FANCELLI, A. L.; CARVALHO, A. M. Absorção de N, P e K por espécies de adubos verdes cultivados em diferentes épocas e densidades num latossolo

vermelho-escuro argiloso sob Cerrados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, p. 837-845, 1999.

AMADO, T. J. C.; MIELNICZUK, J.; AITA, C. Recomendação de adubação nitrogenada para o milho no RS e SC adaptada ao uso de culturas de cobertura do solo, sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, p. 179-189, 2002.

ARAÚJO, E. S. **Estimativa da quantidade de N acumulado pelo sistema radicular da soja em sua importância para o balanço de N do solo**. 2004. 72 f Dissertação (Mestrado em Agronomia - Ciência do Solo. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2004.

ARAÚJO, E. S; MEDEIROS, A. F. A; DIAS, F. C.; URQUIAGA. S.; BODDEY, R. M.; ALVES, B. J. R. Quantificação do N do solo derivado das raízes da soja utilizando o isótopo ^{15}N. **Revista Universidade Rural**, Rio de Janeiro, v. 24, p. 7-12, 2004.

BARRIE, A.; PORSSER, S. J. Automated analysis of light-element stable isotopes by isotope ratio mass spectrometry. In: BOUTTON, T.W.; YAMASAKI, S, (Ed.). **Mass spectrometry of soils**. New York: Marcel Dekker, 1996. p. 1-46.

BASSO, C. J.; CERETTA, C. A. Manejo do nitrogênio em sucessão a plantas de cobertura de solo, sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, n. 4, p. 905-915, 2000.

BAYER, C.; BERTOL, I. Características químicas de um cambissolo húmico afetadas por sistemas de preparo, com ênfase à matéria orgânica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, n. 3, p. 687-694, 1999.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J.; MARTIN NETO, L. Efeito de sistemas de preparo e de cultura na dinâmica da matéria orgânica e na mitigação das emissões de CO_2. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, n. 3, p. 599-607, 2000.

BELOW, F. E. Fisiologia, nutrição e adubação nitrogenada do milho. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 99, p. 7-12, 2002.

BERTIN. E. G.; ANDRIOLI, I.; VAMMILOTTI, F.; SILVA, A. R.; MORAIS, M. Avaliação de plantas de cobertura utilizadas em pré-safra ao milho em semeadura direta. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNICA DO SOLO, 29., 2003, Ribeirão Preto. **Resumos...** Ribeirão Preto: SBCS, 2003. 1 CD-ROM.

BERTOL, I.; CIPRANDI, O.; KURTZ, C.; BAPTISTA, A. S. Persistência dos resíduos de aveia e milho sobre a superfície do solo em semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 22, n. 4, p. 705-712, 1998.

BEUTLER, A. N.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; FERREIRA, M. M.; PEREIRA FILHO, I. A.; CRUZ, J. C. Agregação de Latossolo Vermelho Distrófico Típico relacionada com o manejo na região dos cerrados no estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n. 1, p. 129-136, 2001.

BORKET, C. M.; GLAUDÊNICO, C. A.; PEREIRA, J. E.; PEREIRA, L. R. OLIVEIRA JUNIOR, A. Nutrientes minerais na biomassa da parte aérea em culturas de cobertura de solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, p. 143-153, 2003.

BORTOLINI, C. G.; SILVA, P. R. F.; ARGENTA, G.; FORSTHOFER, E. L. Rendimento de grãos de milho cutivado após aveia-preta em resposta a adubação nitrogenada e regime hídrico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, p. 1101-1106, 2001.

BULL, L. T. Nutrição mineral do milho. In: BULL, L. T.; CANTARELLA, H. (Ed.). **Cultura do milho**: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: POTAFOS, 1993. p. 63-145.

CANTARELLA, H.; DUARTE, A. P. Manejo de fertilidade do solo para a cultura do milho. In: GALVÃO, J. C. C.; MIRANDA, G. V. **Tecnologia de produção de milho**. Viçosa: UFV, 2004. p 139-182.

CANTARELLA, H.; LERA, F. L.; BOLONHEZI, D.; LARA CABEZAS, W. A. R.; TRIVELIN, P. C. O. Antecipação de N em milho em sistema de plantio direto usando ^{15}N-. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNICA DO SOLO, 29., 2003, Ribeirão Preto. **Resumos...** Ribeirão Preto: SBCS, 2003. 1 CD-ROM.

CAPOBIANCO, R.; MELLO, K. V. V. S.; MATEUS, G. P.; CRUSCIOL, C. A. C.; BORGHI, E. Produção de molho em consórcio com a Braquiaria brizantha em função da adubação nitrogenada: II. Produtividade de grãos. In: FERTIBIO 2004, 4., 2004, Lages. **Resumos...** Lages: SBCS, 2004. 1 CD-ROM.

CERETTA, C. A.; BASSO, C. J.; HERBES, M. G.; POLETTO, N.; SILVEIRA, M. J. Produção e decomposição de fitomassa de plantas invernais de cobertura de solo e milho, sob diferentes manejos da adubação nitrogenada. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, n. 1, p. 49-54, 2002.

COELHO, A. M.; FRANÇA, G. E. Seja o doutor do seu milho: nutrição e adubação. 2. ed. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 71, 1995. Arquivo do Agrônomo, n. 2, p. 1-9, 1995. Encarte.

COELHO, A. M.; FRANÇA, G. E.; BAHIA, A. F. C.; GUEDES, G. A. A. Balanço de nitrogênio (^{15}N) em um latossolo vermelho-escuro, sob vegetação de cerrado, cultivado com milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 15, p. 187-193, 1991.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS - CFSEMG. **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**: 5ª Aproximação. Viçosa, 1999.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – Brasília, 2004. Acompanhamento da safra 2002/03. Disponível em: www.conab.gov.br. Acesso em: jun. 2004.

COUTO, P. A. **Imobilização do nitrogênio do SA e da aplicados em pré-semeadura e cobertura na cultura do milho em sistema plantio direto**: (2º ano do estudo). 2003. 73 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade de Uberlândia, Uberlândia, 2003.

DERPSCH, R.; ROTH, C. H.; SIDIRAS, N.; KÖPKE, U. **Controle da erosão no Paraná, Brasil**: Sistemas de cobertura do solo, plantio direto e preparo conservacionista do solo. Eschborn: GTZ, 1991. 272 p.

DUETE, R. R. C. **Estudo de doses, parcelamento e formas de nitrogênio na adubação de milho usando ^{15}N**. 2000. 151 f. Tese (Doutorado) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo Piracicaba, 2000.

ELTZ, F. L. F.; CASSOL, E. A.; GUERRA, M.; ABRÃO, P. U. R. Perdas de solo e água por erosão em diferentes sistemas de manejo e coberturas vegetais em solos São Pedro (Podzólico vermelho-amarelo) sob chuva natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 8, p. 245-249, 1984.

ELTZ, F. L. F.; PEIXOTO, R. T. G.; JASTER, F. Efeitos de sistemas de preparo do solo nas propriedades físicas e químicas de um Latossolo Bruno Álico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 13, p. 259-267, 1989.

ESCOSTEGUY, P. A. V.; RIZZARDI, M. A.; ARGENTA, G. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura na cultura do milho em duas épocas de semeadura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 21: p. 71-77, 1997.

FANCELLI, A. L.; DOURADO-NETO, D. **Fisiologia de produção e manejo de água e nutrientes na cultura de milho de alta produtividade**. Piracicaba: ESALQ/USP, 1996. 129 p.

FANCELLI, A. L.; DOURADO-NETO, D. Milho: ecofisiologia e rendimento. In: TECNOLOGIA DA PRODUÇÃO DE MILHO, 1., 1997, Piracicaba. **Trabalhos apresentados**. Piracicaba, 1997. p. 157-170.

FANCELLI, A. L.; DOURADO-NETO, D. **Produção de milho**. Guaíba: Agropecuária, 2004. 360 p.

FANCELLI, A. L. Fisiologia, nutrição e adubação do milho para alto rendimento. In: SIMPÓSIO DE ROTAÇÃO SOJA/MILHO NO PLANTIO DIRETO, 1., 2000, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba, 2000. 1 CD-ROM.

FAVERO, C.; JUCKSCH, I.; COSTA, L.M.; ALVARENGA, R.C.; NEVES, J.C.L.; Crescimento e acúmulo de nutrientes por plantas espontâneas e por leguminosas utilizadas para adubação verde. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, p. 171-177, 2000.

FERREIRA, A. C. B.; ARAUJO, G. A. A.; PEREIRA, P. R. G.; CARDOSO, A. A. Características agronômicas e nutricionais do milho adubado com nitrogênio, molibdênio e zinco. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 58, n. 1, p. 131-138, 2001.

FOLONI, J. S. S.; ROSOLEM, C. A. Potássio na cobertura do solo em produção de soja em dois anos de manejo de K aplicado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIENCIA DO SOLO, 29, Ribeirão Preto, 2003. **Resumos...** Ribeirão Preto: SBCS, 2003. 1 CD-ROM.

FONTES, F. A. **Desempenho de culturas forrageiras alternativas para o sistema plantio direto no cerrado**. 1998. 46 f. Monografia (TCC - Agronomia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 1998.

GADIOLI, J. L.; DOURADO-NETO, D.; GARCÍA, A.; BASANTA, M. V. Temperatura do ar, rendimento de grãos de milho e caracterização fenológica associada à soma calórica. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 57, n. 3, p. 377-383, 2000.

GALLO, P. B.; SAWASAKI, E.; HIROCE, R.; MASCARENHAS, H. A. A. Produção de milho afetada pelo nitrogênio mineral e cultivos anteriores com soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**,Viçosa, v. 7, p. 149-152, 1983.

GAVA, G. J. C. **Compartimentalização do nitrogênio no sistema solo-planta na implantação da semeadura direta no ciclo da cultura do milho**. 2003. 125 f. Tese (Doutorado) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

GERALDO, J.; OLIVEIRA, L. D.; PEREIRA, M. B. PIMENTEL, C. Fenologia e produção de massa de matéria seca e de grãos em cultivares de milheto-pérola. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, p. 1263-1268, 2002.

GIACOMINI, S. J.; AITA, C.; VENDRUSCOLO, E. R. O.; CUBILLA, M.; NICOLOSO, R. S.; FRIES, M. R. Matéria seca, relação C/N e acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio em misturas de plantas de cobertura de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, p. 325-334, 2003.

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 de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, p. 307-313, 1999.

GONÇALVES, C. N.; CERETTA, C. A.; BASSO, C. J. Sucessões de culturas com plantas de cobertura e milho em plantio direto e sua influência sobre o nitrogênio no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, p. 153-159, 2000.

GUIDELI, C.; FAVORETTO, V.; MALHEIROS, E. B. Produção e qualidade do milheto semeado em duas épocas e adubado com nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, p. 2093-2098, 2000.

KITUR, B. K.; SMITH, M. S.; BLEVINS, R. L.; FRYE, W. W. Falte of ^{15}N-depleted ammonium nitrate applied to no-tillage and conventional tillage corn. **Agronomy Journal**, Madison, v. 76, p. 240-242, 1984.

KLUTHCOUSKI, J. **Efeito de manejo em alguns atributos de um Latossolo Roxo sob cerrado e na características produtivas de milho, soja, arroz e feijão, após 8 anos de plantio direto**. 1998. 179 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1998.

LANDERS, J. N. Plantio direto na média e grande propriedade no Brasil tropical. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 28., 2001, Londrina. **Resumos...** Londrina: SBCS, 2001. p. 243.

LANGE, A.; MALAVOLTA, E. Algumas dúvidas sobre a amostragem de solo e a interpretação dos resultados em sistema semeadura direta no cerrado. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, n. 92, p. 21-25, 2006.

LANGE, A. **Palhada e nitrogênio afetando propriedades do solo e rendimento de milho em sistema plantio direto no cerrado**. 2002. 148 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2002.

LARA CABEZAS, W. A. R.; ARRUDA, M. R.; CANTARELLA, H.; PAULETTI, V.; TRIVELIN, P. C. O.; BENDASSOLLI, J. A. Imobilização de nitrogênio da 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**, Viçosa, v. 29, p. 215-226, 2005.

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

LARA CABEZAS, W. A. R; ROSA, G. J. B; PAIVA, R. V.; DIAS, D. W. M.. Produção de milho sob diferentes formas de N-cobertura na cultura em sistema Santa Fé. In: FERTIBIO 2004, 4., 2004, Lages. **Resumos...** Lages: SBCS, 2004b. 1 CD-ROM.

LARA CABEZAS, W. A. R.; LANGE, A. A cobertura morta aumenta a recuperação de N-fertilizante na cultura do milho. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, n. 73, p. 23-29, 2003.

LARA CABEZAS, W. A. R.; KORNDORFER, G. H.; MOTTA, S. A. Volatilização de N-NH3 na cultura do milho: II Avaliação de fontes sólidas e fluidas em sistema plantio direto e convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 21, p. 489-496, 1997.

LARA CABEZAS, W. A. R. Imobilização de N na cultura do milho após a aplicação em pré- e pós-semeadura de e sulfato de amônio. In: WORSHOP SOBRE MANEJO DE ADUBOS NITROGENADOS E SULFATADOS NA AGRICULTURA, 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: SN-Centro de Pesquisa e Promoção de Sulfato de Amônio, 2001.

LARA CABEZAS, W. A. R.; TRIVELIN, P. C. O.; KONDORFER, G. H.; PEREIRA, S. 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, n. 2, p. 363-376, 2000.

LARA CABEZAS, W. A. R. Possibilidades de aplicação de nitrogênio em sistema de plantio direto. In: FANCELLI, A. L. **Milho**: tecnologia e produtividade. Piracicaba: ESALQ, LPV, 2001. p. 138-178.

LEMOS, L. B.; NAKAGAWA, J.; CRUSCIOL, C. A. C.; CHIGNOLI JUNIOR, W.; SILVA, T. R. B. Influência de época de semeadura e do manejo da parte aérea de milheto sobre a soja em sucessão em plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v. 62, p. 405-415, 2003.

LERA, F. L.; CANTARELLA, H.; BOLNHEZI, D. Absorção pelo milho de nitrogênio aplicado antecipado ou em cobertura em sistema de plantio direto. In: FERTBIO – 2000, 24., 2000. Santa Maria. **Resumos...** Santa Maria: SBCS, 2000. p. 35. 1 CD-ROM.

LOMBARDI NETO, F; DE MARIA, I. C.; CASTRO, O. M.; DECHEN, S. C. F.; VIEIRA, S. R. Efeito da quantidade de resíduos culturais de milho nas perdas de solo e água. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa. v.12, p. 71-75, 1998.

LOPES, A. S.; WIETHÕLTER, S.; GUILHERME, L. R. G.; SILVA, C. A. **Sistema plantio direto**: semeaduras para o manejo da fertilidade do solo. São Paulo: ANDA, 2004. 110 p.

LOPES, P. R. C.; COGO, N. P.; LEVIEN, R. Eficácia relativa e tipo e qualidade de resíduos culturais espalhados uniformemente sobre o solo na redução da erosão hídrica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 11, p. 71-75, 1987.

LOVATO, T.; MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; VEZZANI, F. Adição de carbono e nitrogênio e sua relação com os estoques no solo e com o rendimento do milho em sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28; p. 175-187, 2004.

MAHALAKSHMI, V.; BIDINGER, F. R. Water stress and time of floral initiation in pearl millet. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 105, p. 437-445, 1985.

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**, Brasília, v. 38, p. 125-131, 2003.

MALAVOLTA, E. **Estudos sobre o enxofre**. 1950. 93 f. Tese (Livre Docência em Química Agrícola) - Escola Superior de Agricultura ”Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1950.

MALAVOLTA, E. O manejo do nitrogênio e do enxofre na agricultura brasileira. In: WORSHOP SOBRE MANEJO DE ADUBOS NITROGENADOS E SULFATADOS NA AGRICULTURA, 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: SN-Centro de Pesquisa e Promoção de Sulfato de Amônio, 2001.

MALAVOLTA, E.; KLIEMANN, H. J. **Desordens nutricionais nos cerrados**. Piracicaba, POTAFOS, 1985. 136 p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas**: princípios e aplicações. 2. ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319 p.

MALAVOLTA, E.; PIMENTEL-GOMES, F.; ALCARDE, J. C. **Adubos e adubação**. São Paulo: Nobel, 2002. 200 p.

MANNIGEL, A. R.; PORTO, S. M. A.; SILVA, M. A. G.; COSTA, J. M.; TONSIS, U. V. Efeito da época de aplicação de nitrogênio no rendimento do milho após a cultura do trigo. In: FERTIBIO 2004, 4., 2004, Lages. **Resumos...** Lages: SBCS, 2004. 1 CD-ROM.

MARTINEZ, H. E. O.; CARVALHO, J. G.; SOUZA, R. B. Diagnose foliar. COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS - CFSEMG. **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**: 5ª aproximação. Viçosa, 1999. p. 143-168.

MASCARENHAS, H. A. A.; NAGAI, V.; GALLO, P. B.; PEREIRA, J. C. V. N. A.; TANAKA, R. T. Sistemas de rotação de culturas de milho, algodão e soja e seu efeito sobre a produtividade. **Bragantia**, Campinas, v. 52, p. 53-61, 1993.

MASCARENHAS, H. A. A.; TANAKA, R. T.; WUTKE, E. B. Cultivo de cereais e cana-de-açúcar após soja: economia de adubo nitrogenado. **O Agronômico**, Campinas, v. 54, n. 2, 2002. Disponível em http://www.iac.sp.gov.br.

MAYER, J.; BUEGGER, F.; JENSEN, E. S. C.; MICHAEL SCHLOTER, M.; HEB, J. Estimating N rhizodeposition of grain legumes using a ^{15}N in situ stem labelling method. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 35, p. 21–28, 2003.

MEISINGER, J. J.; BANDEL, V. A.; STANFORD, G.; LEGG, J. O. Nitrogen utilization of corn under minimal tillage and moldboard plow tillage. I. Four-year results using labeled N fertilizer on an Atlantic Coastal Plain Soil. **Agronomy Journal**, Madison, v. 77, p. 602-611, 1985.

MENDONÇA, E. S.; OLIVEIRA, F. H. T. Fornecimento de nutrientes pela matéria orgânica do solo. In: SIMPOSIO SOBRE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS

NO SISTEMA PLANTIO DIRETO, 1., 2000, Ponta Grossa. **Anais...** Ponta Grossa: Associação dos Engenheiros Agrônomos dos Campos Gerais, 2000. p. 70-81.

MERTEN, G. I.; MIELNICZUK, J. Distribuição do sistema radicular e dos nutrientes em latossolo roxo sob dois sistemas de preparo de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 15, n. 3, p. 369-374, 1991.

MUZILLI, O. Influência do sistema de plantio direto, comparado ao convencional sobre a fertilidade da camada arável do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 7, n. 1, p. 95-102, 1983.

NAKAGAWA, J.; CAVARIANI, C.; MACHADO, J. R. Adubação nitrogenada no perfilhamento da aveia-preta em duas condições de fertilidade do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, p. 1071-1080, 2000.

NICOLODI, M.; ANGHINONI, I.; SALET, R. L. Alternativa à coleta de uma secção transversal, com pá de corte, na largura da entrelinha, na amostragem de solo em lavouras com adubação em linha no sistema plantio direto. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, v. 12, n.69, 2002. Disponível em: http://www.plantiodireto.com.br.

ORRUTÉA, A. G.; ABREU, S. L.; SAMPAIO, F. A. R.; MACHADO, A.; RODRIGUES, A. P.; SOUZA, M. S. O.; SURUÍ, R. N. Resposta do milho à adubação nitrogenada em sucessão à soja no município de Cacoal-RO. In: FERTIBIO 2004, 4., 2004, Lages. **Resumos...** Lages: SBCS, 2004. 1 CD-ROM.

PAULETTI, V.; COSTA, L. C. Épocas de aplicação de nitrogênio no milho cultivado em sucessão à aveia preta no sistema plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, p 599-603, 2000.

PEREIRA, J. C. V. N. A.; MASCARENHAS, H. A. A.; MARTINS, A. L. M.; BRAGA, N. R.; SAWASAKI, E.; GALLO, P. B. Efeito da adubação nitrogenada em cobertura no cultivo contínuo do milho e do algodão e em rotação com soja. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 63, p. 95-108, 1988.

PINAZZA, L. A. Perspectivas da cultura do milho e do sorgo no Brasil. In: BULL, L. T.; CANTARELLA, H. (Ed.). **Cultura do milho**: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: POTAFOS, 1993. p. 1-10.

POECOJESKI, E.; PAVINATO, P. S.; SILVEIRA, M. J.; MOREIRA, I. C. L.; TRENTIN, E. E.; GIROTTO, E.; CERETTA, C. A. Matéria seca e acúmulo de nitrogênio e potássio em milho irrigado por aspersão. In: FERTIBIO 2004, 4., 2004, Lages. **Resumos...** Lages: SBCS, 2004. 1 CD-ROM.

PORTO, S. M. A.; MANNEGEL, A. R.; SILVA, M. A. G.; COSTA, J. M.; TONSIS, U. V. Efeito da época de adubação nitrogenada no milho em sucessão à aveia preta, em sistema de plantio direto na região de Campo Mourão/PR. In: FERTIBIO 2004, 4., 2004, Lages. **Resumos...** Lages: SBCS, 2004. 1 CD-ROM.

POTAFOS. **It's the missing link – Sulfur is required by plants**. Enxofre: o elo que não pode faltar. Tradução e adaptação do original Eurípedes Malavolta. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 10, 1996. Arquivo do Agrônomo. Encarte.

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

PRIMAVESI, A. C.; PRIMAVESI, O.; CANTARELLA, H.; GODOY, R.; VIVALDI, L. J. Adubação de aveia em dois sistemas de plantio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, p. 1773-1778, 2002.

RAMOS, M. G.; VILLATORO, M. A. A.; URQUIAGA, S.; ALVES, B. J. R.; BODDEY, R. M. Quantification of the contribuition fo biologicam nitrogen fixation to tropical green manure crops and the residual benefit to a subsequent maize crop using ^{15}N-isotope techniques. **Journal of Biotechnology**, Amsterdam, v. 91, p. 105-115, 2001.

RHEINHEIMER, D. S.; KAMINSKI, J.; LUPATINI, G. C.; SANTOS, E. J. S. Modificações em atributos químicos de solo arenoso sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 22, n. 4, p. 713-721, 1998.

ROJAS, H. S.; ECHEVERRIA, H. E.; STUDDERT, G. A.; ANDRADE, F. H. No-till maize nitrogen uptake and yield: effect of urease inhibitor and application time. **Agronomy Journal**, Madison, v. 91, p. 950-955, 1999.

ROSSETE, A.L.R.M.; BENDASSOLLI, J.A.; OLIVEIRA, C.R.; IGNOTO, R.F. Determinação de enxofre (S) em amostras vegetais e de solos, por oxidação alcalina, utilizando mistura de $NaHCO_3$ e Ag_2O. In: **Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química**, 27. Congresso Americano de Química, 26. Salvador, 2004

RUVER, A.; ANDREOTTI, M.; LOPES, M. C.; GUIMARÃES, V. F.; PILTZ, J. C.; IURKIV, L.; WERLE, T.; MENSCH, R. Produtividade do milho em função do modo de aplicação e fonte de adubos nitrogenados em sistema plantio direto. In: FERTIBIO 2004, 4., 2004, Lages. **Resumos...** Lages: SBCS, 2004. 1 CD-ROM.

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 do solo**.Lavras: UFLA, DCS, 1999. p. 267-310.

SÁ, J. C. M. Nitrogênio: Influência da rotação de culturas e resposta da cultura do milho em solos sob plantio direto. In: CURSO SOBRE MANEJO DO SOLO NO SISTEMA PLANTIO DIRETO, 1995, Castro. **Anais...** Castro: Fundação ABC para Assistência e Divulgação Técnica Agropecuária, 1995. p. 213-228.

SANGOI, L.; ALMEIDA, M. L. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio para a cultura do milho num solo com alto teor de matéria orgânica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, p. 13-24, 1994.

SANTOS, P. A.; JULIATTI, F. C.; BUIATTI, A. L.; HAMAWAKI, O. T. Avaliação do desempenho agronômico de hídridos de milho em Uberlândia, MG. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, p. 597-602, 2002.

SCHLINDWEIN, J. A.; GIANELLO, C. Necessidade de novos estudos de calibração e recomendação de fertilizantes para as culturas cultivadas sob Sistema Plantio Direto **Revista Plantio Direto**, n. 79, 2004. http://www.plantiodireto.com.br

SCIVITTARO, W. B.; MURAOKA, T.; BOARETTO, A. E.; TRIVELIN, P. C. O. Transformações do nitrogênio proveniente de mucuna-preta e utilizados como adubo na cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, p. 1427-1433, 2003.

SHIAKU, I.M. Timbete, praga ou aliado? **Jornal Direto no Cerrado,** Goiânia, n. 26, ago. 2002.

SIDIRAS, N.; PAVAN, M. A. Influência do sistema de manejo do solo no seu nível de fertilidade. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 9, n. 3, p. 249-254, 1985.

SILVA, E. C. **Manejo da adubação nitrogenada e utilização do nitrogênio (^{15}N) da , do milheto e da crotalária pelo milho sob semeadura direta em solo de cerrado**. 2005. 111 f.

Tese (Doutorado) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

SILVA, P. S. L.; SILVA, P. I. B. Efeitos de épocas de aplicação de nitrogênio no rendimento de grãos de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, p. 1057-1064, 2002.

SODRÉ FILHO, J.; CARDOSO, A. N.; CARMONA, R.; CARVALHO, A. M. Fitomassa e cobertura do solo de culturas de sucessão ano milho na Região do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, p. 327-334, 2004.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. Adubação com nitrogênio. In: SOUSA, D. M. G. LOBATO, E. (Ed.). **Cerrad**o: Correção do solo e adubação. 2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p. 129-146.

SOUSA, P. M.; BRAGA, M. J. Aspectos econômicos da produção e comercialização do milho no Brasil. In: GALVÃO, J. C. C.; MIRANDA, G. V. **Tecnologia de produção de milho**. Viçosa: UFV, 2004. p 13-53.

SOUZA, W. J. O.; MELO, W. J. Teores de nitrogênio no solo e nas frações da matéria orgânica sob diferentes sistemas de produção de milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, n. 4, p. 885-896, 2000.

SQUIRE, G. R.; ONG, C. K.; MONTEITH, J. L. Crop growth in semi-arid environments. In: INTERNATIONAL PEARL MILLET WORKSHOP, 1986, Patancheru, India. **Proceedings…** Patancheru, India: ICRISAT, 1987. p. 219-232.

SUHET, A. R.; PERES, J. R. R.; VARGAS, M. A. T. Nitrogênio. In: GOEDERT, W. J. (Ed.). **Solos dos cerrados**: tecnologia e estratégias de manejo. Brasília: EMBRAPA, CPAC, 1986. p. 167-202.

TORMENA, C. A. Resíduos culturais: efeitos no controle da erosão e alterações em propriedades físicas do solo. In: SÁ, J. C. M. (Ed.). **Curso sobre do manejo do solo no sistema de plantio direto**. Castro: Fundação ABC, 1996. p. 32-46.

TORRES, J. L. R.; PEREIRA, M. G.; ANDRIOLI, I.; POLIIDORO, J. C.; FABIAN, A. J. Liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura num sistema de plantio direto no Cerrado, em Uberaba-MG. In: FERTIBIO 2004, 4., 2004, Lages. **Resumos...** Lages: SBCS, 2004. 1 CD-ROM.

VILELA, L.; RITCHEY, K. D.; SILVA, J. E. Resposta da soja e do milho ao enxofre num latossolo vermelho-escuro sob vegetação de cerrado no Distrito Federal. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 19, p. 281-285, 1995.

VON PINHO, R. G. V. Produção de milho no Brasil e no mundo: realidade e perspectiva. In: SIMPÓSIO DE ATUALIZAÇÃO EM GENÉTICA E MELHORAMENTO DE PLANTAS: genética e melhoramento do milho, 5., 2001, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA/FAEPE, 2001. p. 3-13.

WATANABE, T.; CUNHA, J. F.; LIMA FILHO, O. F.; YAMADA, T. Manejo da adubação nitrogenada na cultura do Milho: A experiência na região de Mauá da Serra-PR. In: WORSHOP SOBRE MANEJO DE ADUBOS NITROGENADOS E SULFATADOS NA AGRICULTURA, 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: SN-Centro de Pesquisa e Promoção de Sulfato de Amônio, 2001. 1 CD-ROM.

WIETHOLTER, S. Manejo de fertilidade do solo no sistema plantio direto: Experiências nos Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. In: FERTBIO – 2000, 24., 2000. Santa Maria. **Resumos...** Santa Maria: SBCS, 2000. p. 35. 1 CD-ROM.

WISNIEWSKI, C.; HOLTZ, G. P. Decomposição da palhada e liberação de nitrogênio e fósforo numa rotação aveia soja sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 32, p. 1191-1197, 1997.

WOLSCHICK, D.; CARLESSO, R.; PETRY, M. T.; JADOSKI, S. O. Adubação nitrogenada na cultura do milho no sistema plantio direto em ano com pluviosidade normal e com “el nino”. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, p. 461-468, 2003.

ZOTARELLI, L. Balanço de nitrogênio na rotação de culturas em sistema de plantio dereto e convencional na região de Londrina-PR. 2000. 148 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Seropédica, 2000.

8 ANEXOS

ANEXO A - Resumo das atividades desenvolvidas no experimento 1 (fazenda Canadá) e no experimento 2 (fazenda Pinusplan) e suas respectivas datas.

	Experimento 1		Experimento 2	
Atividade	Data	Nº. de dias	Data	Nº. de dias
Semeadura e adubação nitrogenada da planta de cobertura	13/04/02 (milheto)	0	26/04/02 (aveia)	0
Amostragem de material (MMS)	14/05/02	31 [1]	14/05/02	18 [1]
Amostragem de material (MMS)	20/07/02	98 [1]	23/09/02	150 [1]
Adubação em pré-semeadura	02/11/02	5 [2]	29/10/02	8 [2]
Amostragem final de material (MMS total)	06/11/02		04/11/02	
Dessecação	05/11/02		05/11/02	
Semeadura	07/11/02	0	06/11/02	0
Emergência	12/11/02	6 [3]	12/11/02	6 [3]
Pós-emergente	23/11/02		26/11/02	
1ª Cobertura nitrogenada	02/12/02	*5-7*25 [3]	26/11/02	*4-5*20 [3]
2ª Cobertura nitrogenada	13/12/02	*9-10*36 [3]	09/12/02	*7-8*33 [3]
Florescimento	04/01/03	58 [3]	10/01/03	65 [3]
Amostragem foliar	11/01/03	65 [3]	10/01/03	65 [3]
Altura, diâmetro de colmo e distância dos entrenós nas plantas	21/02/03	106[3]	26/02/03	111[3]
Ponto de maturidade fisiológica	27/02/03	112[3]	08/03/03	121[3]
Colheita	17/03/03	130[3]	01/04/03	144[3]

1) Dias após semeadura da planta de cobertura; 2)Dias antes da semeadura do milho; 3)Dias após semeadura do milho. Nº. folhas completamente abertas no milho: *4-5, 5-7, 7-8, 9-10*:

ANEXO B - Produtividade de massa de matéria seca do milheto cultivado após a soja, no período de outono-inverno, na região do Triângulo Mineiro.

Tratamentos	MMS
SC-PS-S-1ªCo-2ªCo	kg ha^{-1}
Não fertilizados	136
110-00-44-00-00	156
45-00-44-65-00	98
20-00-44-70-20	35
Média	106
CV%	77

As médias não diferiram pelo teste de F a 10% de probabilidade.

ANEXO C - Aproveitamento do nitrogênio do sulfato de amônio e da pela cultura do milho em sistema semeadura direta na Fazenda Canadá (solo de textura média).

	N recuperado em cada época (%)					Total recuperado (%)
Tratamentos	SC	PS	S	1ªCo	2ªCo	
(T4) 00-**45**-44-**65**-00		26		62		48
(T5) 20-00-44-**70**-**20**				65	70	66
(T6) 00-00-44-**90**-**20**				52	46	51
(T7) 00-00-44-**90^{UR}-20**				40	61	44

Tratamentos: (T4) 00-**45**-44-**65**-00; (T5) 20-00-44-**70**-**20**; (T6) 00-00-44-**90**-20 e (T7) 00-00-44-**90^{UR}**-20, cuja seqüência para cada tratamento corresponde à quantidade de N em kg ha^{-1} aplicado na semeadura da planta de cobertura (SC) – cinco dias antes da semeadura do milho (PS) – semeadura do milho (S) – cobertura no milho com 5-7 folhas estendidas (1ªCo) – cobertura no milho com 9-10 folhas estendidas (2ªCo). UR = 90 kg ha^{-1} de N na forma de uréia.

ANEXO D - Produtividade de massa de matéria seca da aveia preta cultivada após soja no período de outono-inverno na região do Triângulo Mineiro

Tratamentos	MMS
SC-PS-S-1ªCo-2ªCo	kg ha^{-1}
00-00-42-00-00	502
70-00-42-00-00	425
Média	463
CV%	50

As médias não diferiram pelo teste de F a 10% de probabilidade.

ANEXO E - Nitrogênio total acumulado (N-total), nitrogênio na planta proveniente do fertilizante (NPPF), eficiência de utilização do fertilizante nitrogenado (EUFN), porcentagem de nitrogênio na planta derivado do fertilizante (PNPDF) e nitrogênio derivado de outras fontes (NDOF) na colheita da cultura do milho, referente à aplicação de 27 e 16 kg ha^{-1} de ^{15}N-amônio das fontes sulfato de amônio (SA) e nitrato de amônio (NA), respectivamente.

Fonte nitrogenada	PARTE	Contraste	N-total	NPPF	EUFN	PNPDF	NDOF
			—— kg ha^{-1}——		——— % – ——		– kg ha^{-1}
NA (^{15}N) 27 kg ha^{-1}	Grãos	1.T3 x T4; T5	136 x 130	9 x 12	32 x 44	6 x 9	127 x 119
		2.T4 x T5	130 x 130	12 x 12	45 x 42	9 x 9	118 x 119
	Média		132	11	40	8	121
	CV(%)			33,8	33,8		
	Palha	3.T3 x T4; T5	48 x 50	3 x 5	13 x 17	7 x 9	45 x 46
		4.T4 x T5	50 x 50	4 x 5	17 x 18	9 x 10	46 x 45
	Média		49	4	16	9	45
	CV(%)		---	27,9	27,8	---	---
	Planta toda	5.T3 x T4; T5	185 x 185	12 x 16	45 x 61	7 x 9	173 x 164
		6.T4 x T5	180 x 180	17 x 16	62 x 61	9 x 9	163 x 164
	Média		182	15	56	8,3	167
	CV(%)		---	30,1	30,1	---	---
SA (^{15}N) 16 kg ha^{-1}	Grãos	7.T3 x T4; T5	106 x 108	5 x 5	29 x 31	4 x 5	101 x 103
		8.T4 x T5	96 x 119	4 x 6	27 x 35	5 x 5	92 x 113
	Média		107	5	31	4,5	102
	CV(%)		---	29,0	29,0	---	---
	Palha	9.T3 x T4; T5	72 x 72	3 x 4	17 x 23	4 x 5	69 x 68
		10.T4 x T5	59 x 84	3 x 5*	18 x 29*	5 x 6	56 x 79
	Média		72	3	21	5	69
	CV(%)		---	30,2	30,2	---	---
	Planta toda	11.T3 x T4; T5	178 x 179	8 x 9	47 x 55	4 x 5	171 x 171
		12.T4 x T5	155 x 203	7 x 10	45 x 64	5 x 5	148 x 193
	Média		179	8	52	5	171
	CV(%)		---	27,8	27,8	---	---

*, **: refere-se ao nível de significância pelo teste de F na análise de variância para contrastes ortogonais a 10 e 5%, respectivamente. (T3) 00-70-42-00-00; (T4) 00-00-42-70-00 e (T5) 00-00-42-35-35, cuja seqüência para cada tratamento corresponde à quantidade de N em kg ha^{-1} aplicado na semeadura da planta de cobertura (SC) – oito dias antes da semeadura do milho (PS) – semeadura do milho (S) – cobertura no milho com 4-5 folhas estendidas (1ªCo) – cobertura no milho com 7-8 folhas estendidas (2ªCo). NDOF (adubação de semeadura, cobertura com N-nitrato não marcado, solo e outras).

ANEXO F - Nitrogênio na planta proveniente do fertilizante (NPPF), eficiência de utilização do fertilizante nitrogenado (EUFN) na colheita da cultura do milho, referente à aplicação de 21,5 kg ha^{-1} de ^{15}N-amônio das fontes sulfato de amônio (SA) e nitrato de amônio (NA).

Fonte de N	Compartimento	Aplicação do N	NPPF	EUFN
		SC-PS-S-1ªCo-2ªCo	kg ha^{-1}	%
NA (^{15}N) 13,5 kg ha^{-1}	Planta toda	00-00-42-**35**-35	7	55
		00-00-42-35-**35**	9	67
SA (^{15}N) 8 kg ha^{-1}	Planta toda	00-00-42-**35**-35	5	61
		00-00-42-35-**35**	5	67
NA (^{15}N) + SA (^{15}Nha^{-1})	Planta toda	00-00-42-**35**-35	12	57
		00-00-42-35-**35**	14	67

Não houve diferença significativa pelo teste de F a 10% de probabilidade. (T5) 00-00-42-**35-35 (negrito= ^{15}N)**, cuja seqüência para cada tratamento corresponde à quantidade de N em kg ha^{-1} aplicado na semeadura da planta de cobertura (SC) – oito (8) dias antes da semeadura do milho (PS) – semeadura do milho (S) – cobertura no milho com 4-5 folhas estendidas (1ªCo) – cobertura no milho com 7-8 folhas estendidas (2ªCo).