

**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

Consórcio de milho com adubos verdes e manejo da adubação nitrogenada no cultivo de feijão em sucessão no sistema Integração Lavoura-Pecuária no Cerrado

Priscila de Oliveira

Tese apresentada para obtenção do título de Doutor em Ciências. Área de concentração: Fitotecnia

**Piracicaba
2010**

Priscila de Oliveira
Engenheiro Agrônomo

Consórcio de milho com adubos verdes e manejo da adubação nitrogenada no cultivo de feijão em sucessão no sistema Integração Lavoura-Pecuária no Cerrado

Orientador:
Prof. Dr. JOSÉ LAÉRCIO FAVARIN

Tese apresentada para obtenção do título de Doutor em Ciências. Área de concentração: Fitotecnia

Piracicaba
2010

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - ESALQ/USP**

Oliveira, Priscila de

Consórcio de milho com adubos verdes e manejo da adubação nitrogenada no cultivo de feijão em sucessão no sistema Integração Lavoura-Pecuária no Cerrado / Priscila de Oliveira. - - Piracicaba, 2010.
125 p. : il.

Tese (Doutorado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2010.

1. Adubação 2. Adubo verde 3. Brachiaria 4. Cobertura do solo 5. Crotalária
6. Consorciação de culturas 7. Feijão 8. Guandu 9. Milho 10. Nitrogênio 11. Palhada
Título

CDD 633.15
O48c

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor"

*Aos meus pais, José Ismael de Oliveira e
Maria Helena Moretti de Oliveira,
pelo amor incondicional.*

*Aos meus irmãos Evandro, Jamil e Fernando,
pela eterna fraternidade.*

*Com muito carinho, **dedico.***

AGRADECIMENTOS

À Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”/USP por ter me dado a oportunidade de realizar esse memorável curso no Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia.

Ao Prof. Dr. José Laércio Favarin, da ESALQ/USP, por ter me recebido como orientada, pelo apoio constante e pelo exemplo de amor à vida.

À Embrapa Arroz e Feijão, por ter me acolhido para realização do estágio curricular obrigatório da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” e durante a realização do curso de mestrado pela Universidade Federal de Goiás, bem como durante o período de realização deste curso e, finalmente, pelo suporte técnico e laboratorial.

Ao Dr. João Kluthcouski, pela valiosa colaboração, pelo tempo e esforço dispensados para a realização desta tese e, também, pelo conhecimento e qualidade com os quais transmitiu os fundamentos da agricultura sustentável, mas, acima de tudo, pela amizade.

À equipe de apoio da Embrapa Arroz e Feijão, em nome de João Batista Monteiro, Antônio Afonso Ribeiro, Reginaldo Aparecido de Bastos, Antônio da Conceição Teixeira, Celina Alves Avelino de Moura, Lucia Helena Cardoso Pelegrini, Floriano Rezende da Silva, William Campos de Araújo e Jovair Dias Lino, pelo apoio durante esses quase quatro anos e, principalmente, por serem exemplos de dedicação.

Aos laboratoristas da Embrapa Arroz e Feijão Wesley Gabriel de Oliveira Leal, Diego Mendes de Souza e Rodrigo Alves da Silva, pelo apoio laboratorial.

Às bibliotecárias da Embrapa Arroz e Feijão Ana Lucia Delalibera de Faria e Faustina Gonçalves dos Santos, pelo profissionalismo e, principalmente, pelos votos de um futuro promissor a mim destinados.

A todos os pesquisadores e funcionários da Embrapa Arroz e Feijão, em especial aos Drs. Tarcísio Cobucci, Luis Fernando Stone, Homero Aidar, Maria José Del Peloso e Murillo Lobo Júnior, pela colaboração e pelos conselhos.

Aos Engenheiros Agrônomos Darliane de Castro Santos, Luciana Feitosa de Queiroz e Carlos Henrique Alves de Oliveira pelo apoio nas avaliações, sem o qual esse trabalho não seria possível.

Ao Dr. Alexandre Bryan Heinemann e à Prof^a Dr^a Sônia Maria de Stefano Piedade, pelo valioso apoio estatístico.

Aos Prof^{os} Drs. Carlos Eduardo Pellegrino Cerri, Paulo César Sentelhas e Paulo César Tavares de Melo pelos ensinamentos tão bem transmitidos. Vossas aulas serão eternamente recordadas.

À servidora do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da ESALQ/USP, Luciane Aparecida Lopes Toledo, pela inestimável colaboração durante todo o curso.

À Banca Examinadora do Exame de Qualificação, Prof^{os} Drs. José Dias Costa, Durval Dourado Neto e Carlos Guilherme Silveira Pedreira, pelas sugestões, pelo valioso apoio e, principalmente, por terem se colocado à disposição para futuros questionamentos.

À bibliotecária da ESALQ/USP, Eliana Maria Garcia, pelo auxílio tão bem prestado aos alunos em um momento notável de suas vidas.

Aos amigos da inesquecível “sala 7”: Tiago Tezotto, Ana Paula Neto, Adriene Woods Pedrosa, Rodrigo Estevam Munhoz de Almeida e Paula Rodrigues Salgado.

A todos que, direta ou indiretamente, colaboraram para a realização do curso.

Muito obrigada!

*Continuemos nossa jornada,
com Deus na mente e no coração,
tendo o trabalho, como princípio,
a humildade, como ensinamento,
a honestidade, como lema,
a determinação, como arma, e
o amor, como único sentimento...*

*Não nos esquecendo que:
o bem-querer faz amigos;
os amigos trazem a alegria;
a alegria induz ao otimismo;
o otimismo conduz à vitória;
a vitória se traduz em felicidade;
a felicidade alimenta a alma;
a alma aumenta a fé e
a fé remove montanhas!*

João Kluthcouski

SUMÁRIO

RESUMO	11
ABSTRACT	13
1 INTRODUÇÃO.....	15
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	19
2.1 Cultivos consorciados com ênfase na cultura do milho	19
2.2 Adubação verde e espécies potenciais.....	20
2.3 Palhadas de cobertura do solo no sistema de produção.....	22
2.4 Manejo da adubação nitrogenada nas culturas do milho e do feijão	24
2.5 Análise de crescimento.....	27
2.6 Metabolismo do nitrogênio – redutase do nitrato.....	28
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	31
3.1 Caracterização da área experimental na Embrapa Arroz e Feijão.....	33
3.2 Caracterização da área experimental na Fazenda Santa Brígida	38
3.3 Experimento “1. Milho consorciado com leguminosas – Santo Antônio de Goiás-GO”.....	40
3.4 Experimento “2. Milho consorciado com leguminosas – Ipameri-GO”	43
3.5 Experimento “3. Dessecação parcial – Santo Antônio de Goiás-GO”.....	46
3.6 Experimento “4. Dessecação parcial – Ipameri-GO”.....	47
3.7 Experimento “5. Feijão em sucessão na palhada de milho com leguminosas – Santo Antônio de Goiás-GO”	48
3.8 Experimento “6. Antecipação de nitrogênio em feijão no Sistema Plantio Direto – Santo Antônio de Goiás-GO”.....	54
3.9 Experimento “7. Antecipação de nitrogênio em cultivares de feijão em duas palhadas de cobertura de solo – Santo Antônio de Goiás-GO”.....	57
3.10 Experimento “8. Métodos de aplicação de nitrogênio em feijão no Sistema Plantio Direto – Santo Antônio de Goiás-GO”.....	58
3.11 Experimento “9. Manejo do nitrogênio no milho em sucessão ao feijão – Santo Antônio de Goiás-GO”	59
3.12 Experimento “10. Antecipação de nitrogênio em milho no Sistema Plantio Direto – Santo Antônio de Goiás-GO”	60

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	63
4.1 Experimento “1. Milho consorciado com leguminosas – Santo Antônio de Goiás-GO”	63
4.2 Experimento “2. Milho consorciado com leguminosas – Ipameri-GO”	70
4.3 Experimento “3. Dessecação Parcial – Santo Antônio de Goiás-GO”	73
4.4 Experimento “4. Dessecação parcial – Ipameri-GO”	80
4.5 Experimento “5. Feijão em sucessão na palhada de milho com leguminosas – Santo Antônio de Goiás-GO”	82
4.6 Experimento “6. Antecipação de nitrogênio em feijão no Sistema Plantio Direto – Santo Antônio de Goiás-GO”	95
4.7 Experimento “7. Antecipação de nitrogênio em cultivares de feijão em duas palhadas de cobertura do solo – Santo Antônio de Goiás-GO”	98
4.8 Experimento “8. Métodos de aplicação de nitrogênio em feijão no Sistema Plantio Direto – Santo Antônio de Goiás-GO”	105
4.9 Experimento “9. Manejo de nitrogênio no milho em sucessão ao feijão – Santo Antônio de Goiás-GO”	107
4.10 Experimento “10. Antecipação de nitrogênio no milho no Sistema Plantio Direto – Santo Antônio de Goiás-GO”	110
5 CONCLUSÕES	113
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	115
REFERÊNCIAS.....	117

RESUMO

Consórcio de milho com adubos verdes e manejo da adubação nitrogenada no cultivo de feijão em sucessão no sistema Integração Lavoura-Pecuária no Cerrado

Foram realizados dez experimentos envolvendo as culturas de feijão e milho consorciado com leguminosas e/ou *Brachiaria brizantha*, nas safras de verão de 2008/2009, inverno de 2009 e verão de 2009/2010, em dois municípios de estado de Goiás (GO). Em Ipameri-GO, a área foi cultivada com soja por vários anos e milho consorciado com *B. brizantha* na safra que precedeu a implantação dos experimentos. Em Santo Antônio de Goiás-GO, a área é mantida com a rotação de milho e soja com a forrageira *B. brizantha*, em esquema trienal. Os principais objetivos desses estudos foram avaliar: (i) a viabilidade do consórcio de milho com leguminosas, (ii) a resposta do feijoeiro cultivado em sucessão e (iii) o manejo do N nessas culturas. Foi constatado que em solos com média a alta fertilidade química, como os utilizados na experimentação, os consórcios de milho com *B. brizantha* ou com guandu-anão (*Canajus cajan*) ou crotalária (*Crotalaria spectabilis*) não interferiram na produtividade de grãos de milho na presença de N em cobertura, exceto no experimento conduzido em Santo Antônio de Goiás-GO, no qual a crotalária reduziu significativamente a produtividade do milho. Também, em ambos os locais, no consórcio simultâneo ou defasado de milho com crotalária ou guandu-anão não ocorreu liberação de nitrogênio (N) das leguminosas para o milho, medido pela produtividade de grãos, durante o ciclo das espécies. Já nos consórcios em que a *B. brizantha* foi mantida sem dessecação nas entrelinhas do milho, denominado de dessecação parcial, ocorreu decréscimo significativo na produtividade do milho, em relação ao cultivo em área totalmente dessecada. A análise de crescimento revelou maiores índice de área foliar (IAF) e acúmulo de massa de matéria seca da parte aérea (MSPA) para o guandu em monocultivo, sendo que para a crotalária cultivada na linha do milho, tanto o IAF quanto a MSPA aproximaram-se dos valores referentes ao monocultivo. As curvas de crescimento do milho revelaram a superioridade do cultivo com 90 kg ha⁻¹ de N tanto no IAF quanto na MSPA, quando comparado ao cultivo consorciado com leguminosas. No caso de Santo Antônio de Goiás-GO, na rotação trienal envolvendo espécies graníferas e forrageiras, registrou-se um acentuado aporte de N no solo, sendo obtidas altas produtividades de feijão cultivado em sucessão à pastagem, sem a aplicação de N mineral, ocorrendo, porém, aumento significativo na produtividade do feijoeiro nos tratamentos de palhadas que continham leguminosas. A aplicação de N mineral imediatamente antes da semeadura ou no estágio de plântulas do feijão e do milho teve efeito semelhante nas suas produtividades em relação à aplicação tradicional, ou seja, algumas semanas após a emergência dessas espécies. A aplicação de N mineral foi mais eficiente no aumento da produtividade de feijão irrigado quando feita próximo às fileiras de plantas ou quando o N foi incorporado mecanicamente no solo, comparados à aplicação a lanço.

Palavras-chave: *Zea mays*; *Phaseolus vulgaris*; *Brachiaria*; *Cajanus cajan*; *Crotalaria spectabilis*; Análise de crescimento; Palhada de cobertura do solo

ABSTRACT

Nitrogen fertilization management in bean cultivated after maize-legumes intercropping in the Crop-Livestock Integration system in Brazilian Savannah

Ten experiments were performed involving common beans and maize intercropped with legumes and/or *Brachiaria brizantha*, in the summer crops of 2008/2009, 2009 winter and summer of 2009/2010 in two municipalities in the Goiás (GO) state, Brazil. In Ipameri- GO, the area was planted with soybeans for several years and corn associated with *B. brizantha* in crop preceding the experiments. In Santo Antônio de Goiás-GO, the area is maintained with corn or soybean rotation with *B. brizantha*, in a three-year scheme. The main objectives of these studies were to evaluate the feasibility of intercropping maize with legumes and the response of common bean after it, in no-tillage system, on the mulching straws provided by the cultivation of maize intercropped with forage legumes and grasses and to study the management of nitrogen (N) in these two crops. It was found that in soils with medium to high chemical fertility, such as those used in the experiments, the intercropping of corn and *B. brizantha* or pigeonpea (*Canajus cajan*) and sunn hemp (*Crotalaria spectabilis*) had any influence on grain yield of maize in the presence of mineral N, except in the experiment conducted in Santo Antonio de Goiás-GO, where the sunn hemp significantly reduced corn productivity. Also, in both locations, simultaneous or lagged consortium of pigeonpea or sunn hemp with maize, there was no release of N from legumes to maize, as measured by grain productivity, during the cycle of the species. However, in the consortia in which *B. brizantha* is maintained without drying between the maize lines, called partial desiccation, there was a significant decrease in the yield of corn in relation to the totally desiccated area. The growth analysis showed higher leaf area index (LAI) and total dry matter accumulation (TDM) for pigeonpea grown in single system, but for sunn hemp cultivated in the corn rows, both LAI and TDM approached to its single cropping, confirming its competitiveness with corn in the intercropping system. Growth curves also showed the superiority of the corn crop with 90 kg N ha⁻¹ in both LAI and TDM, compared to intercropping with legumes. In the case of Santo Antônio de Goiás-GO the three-year rotation involving grain species and grass forages caused an intake of N in the soil, and high yields of beans grown in rotation with pasture were obtained, without the application of mineral N, occurring, though, significant increase in grain yield in the treatments of straws containing legumes. The application of mineral N immediately before sowing or at the seedling stage of beans and corn had a similar effect on their productivity compared to traditional application, a few weeks after the emergence of these species. The application of mineral N was more efficient in increasing the productivity of beans when applied on the soil surface near the plants' rows and in cases where the fertilizer was mechanically incorporated into the soil, comparing to surface-broadcasting.

Keywords: *Zea mays*; *Phaseolus vulgaris*; *Brachiaria*; *Cajanus cajan*; *Crotalaria spectabilis*; Growth analysis; Straw mulching

1 INTRODUÇÃO

A produção vegetal depende das condições de clima e solo, assim como da adubação das culturas. As recomendações de adubações oficiais foram elaboradas a partir de estudos de marchas de absorção e curvas de respostas das plantas aos nutrientes, principalmente nas décadas de 1960 até 1980. Nesta época, o manejo era fundamentado no revolvimento do solo, denominado Sistema Convencional, e os materiais genéticos vegetais, para muitas espécies, eram substancialmente diferentes dos atuais. Com o passar dos anos, a pesquisa agrícola disponibilizou novos cultivares e híbridos, bem como, surgiram novos sistemas de produção, com destaque para o Sistema Plantio Direto (SPD).

Com a evolução na adoção do SPD tem sido constatado aumento gradativo do teor de matéria orgânica na camada mais superficial do solo, fato que contribui para o aumento da atividade microbiológica. Isto pode alterar a dinâmica dos nutrientes, especialmente do nitrogênio (N), o qual está relacionado com o teor de matéria orgânica, tornando-o menos disponível para as plantas, em determinado período, em razão da imobilização. Além disso, em áreas com mais tempo sob SPD, a mineralização do N tende a ser maior que a sua imobilização microbiana (SÁ, 1993).

O N é o nutriente que mais limita o desenvolvimento, a produtividade e a biomassa da maioria das culturas. É também o nutriente absorvido em maiores quantidades pela maioria das culturas, especialmente as gramíneas, entre as quais, as pastagens. Assim, a deficiência de N nas culturas é a mais frequente. Além disso, em condições adversas, principalmente aquelas relacionadas ao baixo teor de matéria orgânica, umidade e textura do solo, época e modo de aplicação do fertilizante, podem ocorrer perdas do elemento por volatilização, lixiviação e desnitrificação. Em decorrência disso, a eficiência no uso pelas plantas é baixa, da ordem de 50 a 60%.

A adubação nitrogenada feita em cobertura, juntamente com a adubação de implantação da cultura, impactam substancialmente o custo de produção, devido à elevação constante dos preços dos fertilizantes. Assim, é fundamental a redução da dose a ser aplicada de fertilizantes minerais, o que pode ser alcançado pelo aumento da eficiência, sem prejuízo para a produtividade.

Existem plantas que hospedam micro-organismos fixadores de nitrogênio atmosférico (N_2) e essa associação é benéfica para ambos. Os micro-organismos fixam o N_2 e disponibilizam aos vegetais nas raízes, enquanto os vegetais suprem as necessidades dos organismos fixadores por meio da alocação de fotoassimilados. O fornecimento de N às culturas poderia ser viabilizado pela inoculação microbiana ou mediante cultivo consorciado com leguminosas ou por meio dessas duas maneiras. A cultura do milho é tida como competitiva em consórcios, devido ao seu metabolismo de fixação de carbono (C_4), porte alto, rápido crescimento, entre outras características. Além disso, a maior disponibilidade de N no sistema com leguminosas pode favorecer a cultura sucessora.

Muitos trabalhos comprovaram os benefícios dos adubos verdes para as culturas sucessoras, porém, na prática, a recomendação de uso dessas plantas não se adequa à maioria dos sistemas agrícolas existentes. Portanto, são necessários estudos de como manejar e inserir os adubos verdes em esquemas de consórcios e rotações de cultura, nos quais a cultura principal, de maior importância econômica, não seja prejudicada.

A redução dos custos de produção agrícola é uma das principais premissas da sustentabilidade e um desafio a ser superado. Uma das formas de alcançar essa meta consiste na otimização do uso de fertilizantes minerais.

É conhecido o uso de espécies leguminosas fixadoras de N, ou adubos verdes, porém, ainda não se tem delineado um sistema de produção em que essas espécies possam ser inseridas de forma prática para uso do produtor. Com isso, a utilização dos adubos verdes restringe-se a pequenas áreas, e na maioria das vezes, de produção orgânica. Uma vez que a pesquisa determine um sistema em que as espécies fixadoras de N sejam manejadas sem prejudicar a produção da cultura principal, certamente seu uso será ampliado e utilizado, também, em grandes áreas.

Além da disponibilização de N, os cultivos simultâneos de espécies leguminosas e gramíneas consistem em eficientes consórcios no que diz respeito à atividade microbiana do solo, uma vez que a atividade biológica é superior quando o equilíbrio da matéria orgânica ocorre em nível mais elevado.

Nesse sentido, o estudo do manejo da adubação nitrogenada, tanto em milho quanto no feijoeiro é pertinente, pois as leguminosas podem contribuir para essas culturas graníferas, seja via consorciação ou sucessão de culturas. Além disso, tem sido estudada a

aplicação de N anterior àquela recomendada oficialmente, entre 20 a 30 dias após a emergência da cultura. Essa antecipação da adubação nitrogenada para um período que varia de um dia antes da semeadura até a emergência da cultura deve ser avaliada mais detalhadamente no SPD, especialmente quando as leguminosas são inseridas no sistema de produção.

Com base nos problemas identificados foram formuladas as seguintes hipóteses:

a) As espécies guandu-anão (*Cajanus cajan*) e crotalária (*Crotalaria spectabilis*) disponibilizarão nitrogênio para o milho, em tempo hábil para o seu aproveitamento, graças à capacidade dessas leguminosas de promover mutualismo eficiente e pelas espécies estarem cultivadas em consórcio.

b) A disponibilização de nitrogênio pelo manejo das leguminosas, no momento da colheita do milho, permitirá a redução da dose de N mineral na cultura do feijoeiro, cultivado em sucessão.

c) A época adequada para se fazer a adubação nitrogenada em cobertura, provavelmente, continuará sendo aos 20-30 dias após a emergência da cultura no SPD, como tem sido recomendada para o sistema convencional de manejo do solo.

Diante do exposto, os objetivos específicos da pesquisa consistem em:

- Avaliar a viabilidade do consórcio de milho com leguminosas;
- A resposta do feijoeiro cultivado em sucessão, em SPD, sobre palhadas proporcionadas pelo cultivo de milho em consórcio com forrageiras leguminosas e gramíneas; e
- Estudar o manejo do N nessas culturas.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Cultivos consorciados com ênfase na cultura do milho

Conhecido como uma prática comum desde longa data, o consórcio pode ser definido como um sistema de cultivo em que duas ou mais culturas crescem simultaneamente na mesma área, por um período significativo de seu desenvolvimento (WILLEY, 1979).

De modo geral, dentre os principais fatores que podem determinar a adoção do sistema consorciado pelo produtor destacam-se a redução de riscos de perdas de produtividade, melhor aproveitamento da área da propriedade e maior retorno econômico (PORTES, 1996). A redução dos riscos é explicada pelo fato de as condições climáticas afetarem duas ou mais culturas de modos distintos, de maneira que a ocorrência de situações prejudiciais a uma espécie pode não afetar, ou até mesmo ser benéfica a outra espécie. Assim, nos sistemas consorciados, três situações competitivas podem ser observadas: (i) a inibição mútua, (ii) a cooperação mútua e (iii) a compensação. Na inibição mútua, a produção encontrada no consórcio é menor que a esperada. A cooperação mútua ocorre quando a produção das duas espécies encontradas no consórcio é superior ao sistema de monocultivo. E a compensação é a situação na qual uma espécie dita dominada produz menos que o esperado, enquanto a dominante produz mais, de modo que há diferença na habilidade competitiva das duas espécies (WILLEY, 1979).

A cultura do feijão durante muito tempo foi cultivada, em maior ou menor proporção, consorciada com as espécies de milho, mandioca, café, sorgo e fruteiras, entre outras (PORTES, 1996). A partir do ano de 2000, o consórcio de milho com forrageiras gramíneas passou a ter grande destaque nas propriedades rurais bem como na pesquisa. Nesse caso, o objetivo consiste em produzir grãos e formar pastagem de alta qualidade nutricional, bem como palhada para o Sistema Plantio Direto (SPD) (KLUTHCOUSKI; AIDAR, 2003; BORGHI; CRUSCIOL, 2007).

Mais recentemente, a utilização de espécies forrageiras leguminosas com a cultura do milho tem sido avaliada pela pesquisa, com resultados positivos para o milho (RAO; MATHUVA, 2000; HEINRICHS et al., 2005; NUNES et al., 2006a). Esses consórcios também representam diversificação de palhadas de cobertura do solo para o SPD, visto que a utilização de

espécies de alta relação entre carbono e nitrogênio pode ocasionar a imobilização temporária do nitrogênio (N) no solo.

Ademais, serão apresentados nessa pesquisa resultados de outro tipo de consórcio, um sistema diferenciado, do qual não se tem relatos na literatura. Trata-se do sistema “Dessecação Parcial”, cujo objetivo é a recuperação de pastos degradados, porém, em solos arenosos com declive suave a fortemente ondulado, nos quais o manejo convencional do solo representa grande risco.

A “Dessecação Parcial” consiste no sistema em que o pulverizador é acoplado na semeadora-adubadora e em apenas uma operação realizam-se a adubação, a semeadura e a pulverização localizada, em cerca de 30% da área, centralizando a linha de semeadura. Nessa faixa dessecada o guandu-anão ou outra espécie é semeado, de modo que o espaçamento entre linhas de semeadura seja de 80 a 100 cm.

Segundo relatos dos pesquisadores da Embrapa Arroz e Feijão, por ser utilizado em áreas de solos cuja acidez não foi corrigida, associado ao pequeno dano causado pelo sistema “aplique-plante” e, também, devido à competição exercida pela forrageira – geralmente *Brachiaria*, que permanece viva, entre as faixas dessecadas, poderá no caso da produção de grãos ocasionar uma redução do rendimento. Ressalta-se, porém, que o custo de produção nesse sistema é inferior. Para a produção de silagem, essa redução talvez seja menos importante.

2.2 Adubação verde e espécies potenciais

Diversas espécies leguminosas são promissoras para adubação verde na região dos Cerrados, tais como mucuna-preta (*Mucuna aterrima*), guandu-anão (*Cajanus cajan*), crotalárias (*Crotalaria juncea*, *C. ochroleuca*, *C. paulina* e *C. spectabilis*), feijão-bravo-do-ceará (*Canavalia brasiliensis*), feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*) e estilosantes (*Stylosanthes guianensis*). Algumas delas tendo sido avaliadas por diversos autores (AMABILE; FANCELLI; CARVALHO, 2000; SODRÉ FILHO et al., 2004; HEINRICHS et al., 2005; CARNEIRO et al., 2008), quanto à produção de fitomassa e fornecimento de nutrientes ao solo, quando cultivadas em consórcio com milho ou no monocultivo.

Dentre essas espécies, o guandu-anão é uma leguminosa adaptada ao clima tropical e, segundo Moreira et al. (2003), a planta compensa a diminuição da produção individual

de massa de matéria seca da parte aérea (MSPA) com o aumento da população de plantas, o que mantém inalterada a produtividade de MSPA com o adensamento de plantas. A *Crotalaria spectabilis*, uma espécie de ampla adaptação ecológica, muito recomendada para adubação verde também atua como planta-armadilha em solos infestados por nematóides formadores de galhas. Suas plantas são arbustivas, de crescimento ereto e determinado, relativamente precoces e, quando maduras, têm de 1,0 a 1,5 m de altura, porém, com desenvolvimento inicial lento (BRAGA et al., 2005).

Uma das principais limitações ao uso da adubação verde está relacionada à época de semeadura das plantas, pelo prejuízo que poderá causar à produção da cultura comercial. Seu uso pode ser viabilizado com a semeadura no final da estação chuvosa, em sucessão à cultura de interesse econômico ou, ainda, em consórcio com a cultura principal (HEINRICHS et al., 2005). Por essa razão, sabe-se que a manipulação da interação entre a espécie e a época de semeadura constitui um importante instrumento para avaliar e melhorar a capacidade agrônômica de plantas leguminosas tropicais, uma vez que seus rendimentos são muito variáveis (AMABILE; FANCELLI; CARVALHO, 2000).

Quando se trata de adubação verde, o fornecimento de nutrientes ocorre via decomposição de biomassa. Nesse processo, os elementos essenciais ao desenvolvimento vegetal estão associados aos tecidos orgânicos e a sua liberação não ocorre de forma imediata (SILVA et al., 2007). Qual seria a relação entre essas espécies com o milho, em cultivo consorciado?

No sistema consorciado simultâneo Skóra Neto (1993) verificou menores índices de rendimento, o que pode ser explicado por uma possível competição entre a leguminosa e o milho na fase inicial. Porém, em estudo de consórcio de milho com espécies leguminosas realizado por Heinrichs et al. (2005) foi observado que o rendimento de grãos de milho não sofreu efeito da presença das leguminosas no primeiro ano. Entretanto, na média, o rendimento de grãos no segundo ano foi 20 % maior no tratamento com feijão-de-porco em comparação com a testemunha (monocultivo de milho). Possivelmente, o milho cultivado no segundo ano foi beneficiado pela maior disponibilidade de nutrientes, principalmente nitrogênio, proporcionada pela maior produção de fitomassa do adubo verde no ano anterior. A possibilidade de utilização da cultura do milho em sistema consorciado corrobora os resultados encontrados por Alvarenga (1995) que relatou aumento de produção em relação à monocultura.

Assim, é imperativo confirmar a viabilidade do cultivo consorciado de milho com guandu ou crotalária, sem prejuízo para a produção de grãos. Mas, além disso, é também necessário avaliar a contribuição da palhada de cobertura do solo mais diversificada, no desempenho da cultura sucessora. É de se esperar que a presença das leguminosas confira um ambiente favorável ao desenvolvimento da cultura em sucessão, que se refletirá na sua produtividade, conforme observado em feijão (OLIVEIRA; CARVALHO; MORAES, 2002) e soja, milho e trigo (GENRO JÚNIOR et al., 2009).

2.3 Palhadas de cobertura do solo no sistema de produção

A formação e o acúmulo de palhada para cobertura da superfície do solo é a etapa mais importante para se obter a máxima eficiência do SPD, já que, em condições tropicais, outros fatores interferem tanto na obtenção como na duração da palhada. Em relação ao tipo de planta, podem-se considerar dois grandes grupos: as gramíneas e as leguminosas.

Pode-se dizer que a inserção das espécies de *Brachiaria* no sistema de produção de grãos, via sistema Integração Lavoura-Pecuária (ILP), tem transformado o ambiente produtivo, uma vez que essas plantas apresentam elevada produção de biomassa para o SPD (KLIEMANN; BRAZ; SILVEIRA, 2006), proporcionam maior enraizamento da cultura sucessora (SALTON, 2000) e conferem uma ciclagem mais eficiente dos nutrientes (STONE et al., 2005).

É importante destacar que as gramíneas são fornecedoras de nutrientes para as culturas sucessoras, porém, a médio e longo prazo. São exemplos os aumentos dos teores de fósforo e potássio nas camadas superficiais do solo conduzidos sob SPD, sendo que quantidades de N liberadas aumentam depois de vários anos (ZOTARELLI, 2005).

Por outro lado, as leguminosas desempenham papel fundamental como fornecedoras de nutrientes quando o SPD já está estabilizado, principalmente pelo fato de sua decomposição ser mais rápida que a das gramíneas (TORRES et al., 2005), e como tendem a apresentar baixa relação C/N, ocorrerá uma maior mineralização de nitrogênio por parte das leguminosas (CREWS; PEOPLES, 2005).

São encontrados na literatura resultados diversos de produtividade de grãos em cultivos sobre palhadas de gramíneas e leguminosas. Maiores produtividades de grãos de feijão foram obtidas com guandu ou milheto em monocultivo anterior ao feijão (SILVEIRA et al.,

2005), sendo que nesse mesmo estudo as menores produtividades foram obtidas na sucessão ao milho+*Brachiaria*, *Brachiaria* em monocultivo, capim Mombaça, sorgo e estilosantes, não sendo conclusiva a superioridade das leguminosas em relação às gramíneas para o rendimento do feijoeiro. Nesse sentido, Bertin, Andrioli e Centurion (2005) observaram maior produtividade de milho após crotalária, sendo significativamente menor após o milheto, em que as palhadas de feijão-de-porco e labe-labe, bem como o pousio, proporcionaram comportamento intermediário.

Por outro lado, Nunes et al. (2006b) constataram que a utilização de gramíneas, como plantas de cobertura para o SPD, especificamente os capins *Panicum maximum* cv. Mombaça e *Brachiaria brizantha* permitem a obtenção de maiores rendimentos da cultura do feijão. Além disso, concluíram que as leguminosas *Mucuna aterrima*, *Calopogonio mucunoides* cv. *Calopogônio*, *Dolichos lab lab*, *Cajanus cajan* e *Crotalaria juncea*, plantadas isoladamente, antes do período de escassez de chuvas, não são indicadas para produção de massa de matéria seca (MS), para o SPD de feijão.

Resultados semelhantes foram obtidos por Toledo-Souza et al. (2008) em que as maiores produtividade ocorreram quando o feijão foi cultivado sobre palhadas de gramíneas. Nesse caso, o melhor desempenho foi atribuído à menor incidência dos fungos *Rhizoctonia spp.* e *Fusarium spp.*, causadores de doenças radiculares no feijoeiro. Mais especificamente, Silva et al. (2009) verificaram maior produtividade de feijão após trigo quando comparado à sucessão ao milho ou ao algodão.

Ainda em relação às palhadas de gramíneas, Aidar et al. (2000) obtiveram melhores rendimentos de feijão, cv. Pérola, em palhadas de arroz, *B. brizantha* e *B. ruziziensis* cujas palhadas foram produzidas em consórcio com milho. Nas mesmas condições de estudo, Kluthcouski et al. (2001) também verificaram maiores rendimentos de feijão, cv. Pérola, em palhadas de *B. brizantha*, não confirmando, entretanto, os efeitos positivos da palhada de arroz. A palhada de soja foi insuficiente para a cobertura do solo, podendo estar relacionada, segundo os autores, tanto com a escassez de cobertura como a maior incidência de doenças no feijoeiro. Resultados semelhantes foram observados por Oliveira (2001), que estudou o efeito de doses de nitrogênio em diversas palhadas sobre o rendimento do feijão cv. Pérola, cultivado no SPD por 10 anos consecutivos. Também nesse estudo foram observados maiores rendimentos nas palhadas de *Brachiaria* e inferiores na palhada de arroz. Ademais, o autor não verificou efeito de doses

crescentes de nitrogênio no rendimento de grãos de feijão, sendo esse fato atribuído ao alto teor de matéria orgânica do solo.

Para Silva et al. (2008) a produtividade do feijoeiro irrigado no inverno não é influenciada pelas sucessões de culturas, quando cultivado após arroz, soja, crotalaria, milho+mucuna preta e milho+*Brachiaria*.

A cultura da soja também foi favorecida pelo cultivo sobre palhada de *Brachiaria*, em que os primeiros resultados divulgados foram apresentados por Broch, Pitol e Borges (1997), os quais observaram maior rendimento de soja, cv. FT Líder, sobre palhada de *B. brizantha* e resultados inferiores na monocultura da leguminosa. Posteriormente, Pitol, Gomes e Erbes (2001), obtiveram rendimentos entre 2.400 e 3.500 kg ha⁻¹ de soja sob palhada de *Brachiaria*, em solos anteriormente cobertos por pastagens degradadas. Porém, em estudo realizado por Merlim (2008), o qual comparou a produtividade de soja cultivada em palhada de *Brachiaria* e na sua ausência, observou-se médias entre 2.700 e 3.330 kg ha⁻¹, para ambas as condições.

Em sistema que foi cultivado trigo na palhada de capim Mombaça não houve resposta da cultura à adubação em cobertura (BRAZ et al., 2006), cujas maiores produtividades em resposta ao N foram obtidas quando foi cultivado em sucessão ao sorgo e à *Brachiaria*. Entre as leguminosas testadas pelos autores (guandu e estilosantes), para uma mesma produtividade do trigo, a necessidade de N foi menor quando a cultura foi cultivada após o guandu. Ainda, constatou-se que entre as gramíneas (*Brachiaria* em monocultivo, milho+*Brachiaria*, capim Mombaça e sorgo) a produtividade do trigo após o consórcio milho+*Brachiaria* foi superior, comparativamente na sucessão à cultura do sorgo.

2.4 Manejo da adubação nitrogenada nas culturas do milho e do feijão

A recomendação oficial de adubação nitrogenada para o feijoeiro no Estado de São Paulo (SP) é de 20 a 90 kg ha⁻¹ de N, de acordo com a produtividade esperada e a classe de resposta ao N, o qual deve ser aplicado entre 15 e 30 dias após a emergência (DAE) das plantas (AMBROSANO; WUTKE; BULISANI, 1997). Para o Estado de Minas Gerais (MG), Chagas et al. (1999) recomendam de 20 a 60 kg ha⁻¹ de N, de acordo com o nível tecnológico, em que o nutriente deve ser fornecido 25 a 35 DAE. Para o Estado de Goiás (GO), são recomendados 10 kg ha⁻¹ de N na semeadura e 20 a 30 kg ha⁻¹ de N em cobertura para o cultivo sob regime de chuva e

irrigado, respectivamente (COMISSÃO DE FERTILIDADE DE SOLOS DE GOIÁS, 1988). Recomenda-se para a cultura do milho, nos Estados de SP e GO, a aplicação de 30 a 90 kg N ha⁻¹, entre 35 e 45 DAE, para produtividades entre 4.000 e 6.000 kg ha⁻¹. Como visto, as recomendações oficiais datam da década de 1980, tendo sido baseadas no sistema de preparo convencional do solo.

Em relação aos Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, tem-se uma nova proposta de recomendação de adubação, que segundo Amado, Mielniczuk e Aita (2002), deve ser dinâmica, incorporando novos resultados de pesquisa, assim que forem disponibilizados. Além disso, o tempo de utilização de culturas de cobertura e do SPD deverá ser considerado futuramente, visando à redução da dose de adubo mineral.

Nesse sentido, Sá (1999) demonstra, hipoteticamente, que nos primeiros anos de adoção do SPD, por volta de oito anos, a imobilização do nitrogênio é maior do que a sua mineralização. A partir deste período, a mineralização passa a ser importante. O autor pressupõe que a disponibilidade de N-nitrato no solo para a cultura do milho em sucessão à aveia no SPD é drasticamente reduzida, em razão do aumento da atividade biológica do solo. A aplicação do nitrogênio em cobertura, no estágio de pendoamento da planta, resultaria em aumento da disponibilização do nitrogênio, mas não coincidiria com a época de maior demanda por parte da cultura. Com a aplicação antecipada, o nitrogênio estaria disponível justamente na fase em que é requerido pela cultura.

De fato, em alguns casos, em áreas de terras há muitos anos sob SPD, como é o caso de Santa Helena de Goiás-GO, não são esperados efeitos expressivos da adubação nitrogenada, pois, ao longo dos anos, com o uso desse sistema, a imobilização do nitrogênio passa a ser menor, dando lugar à mineralização deste nutriente (KLUTHCOUSKI et al., 2006). Neste contexto, observou-se que, independentemente do manejo do solo, a prática exclusiva da antecipação da adubação nitrogenada não altera a produtividade do milho em área com mais de 20 anos sob SPD. Também não foram verificadas grandes variações na aplicação do nitrogênio em cobertura, isoladamente ou como complemento da quantidade antecipada no dia da semeadura do milho.

Em relação à absorção do N pelas plantas de milho, Barber (1995) relata que o período de máximo influxo de nutrientes pelas raízes da planta ocorre nos primeiros 20 dias de seu ciclo. Segundo o autor, a taxa de absorção de nitrogênio aos 30 dias é sete vezes menor que

aos 20 dias, e aos 50 dias, 20 vezes menor. Nesse sentido, Ceretta et al. (2002) ressaltam que tanto a produtividade de grãos quanto a produção de MS e quantidade de N acumulado na parte aérea podem ser beneficiadas com a aplicação de N em pré-semeadura, pois significa maior aporte de N nos estádios iniciais de desenvolvimento do milho. Contudo, os resultados obtidos pelos autores revelaram uma diminuição na produtividade de grãos à medida que parte do N, que seria aplicado em cobertura, foi fornecido na pré-semeadura. Ressalta-se, entretanto, que a aplicação efetuada em pré-semeadura foi realizada a lanço.

Resultados semelhantes foram obtidos por Bortolini et al. (2001), em que a aplicação em pré-semeadura da dose total de N que seria fornecida em cobertura para o milho também foi prejudicial à produtividade de grãos, principalmente em situações com alta disponibilidade hídrica e aplicação de dose elevada desse nutriente.

Por outro lado, na cultura do feijoeiro, Kluthcouski et al. (2006) obtiveram produtividade de grãos significativamente superior quando a adubação foi realizada aos 10 dias após a emergência da cultura (DAE), comparativamente àquela feita no dia da emergência (0 DAE) e aos 30 DAE, as quais tiveram valores estatisticamente iguais, ou seja, o fornecimento do N na época oficialmente recomendada proporcionou rendimento de grãos semelhante do que quando feito no dia da emergência da cultura. Porém, houve incremento da produtividade quando o fertilizante foi colocado em um período intermediário. Contudo, nesse mesmo estudo, foi obtida produtividade de 2.890 kg ha⁻¹ de feijão sem aplicação de N, o que permitiria inferir que a disponibilidade de N naquele solo utilizado foi, no mínimo, suficiente para obter elevadas produtividades de feijão.

Por fim, Silva, Stone e Moreira (2002) obtiveram a maior produtividade do feijoeiro cultivado sob palhada picada de milho com 60 kg ha⁻¹ de N, aplicado na semeadura, apesar de não diferir estatisticamente de outros tratamentos. Considerando a palhada inteira, a maior produtividade foi obtida com a aplicação de metade da dose de nitrogênio na semeadura e metade em cobertura.

Além da época de aplicação, o modo de fornecimento do fertilizante nitrogenado também influencia a produtividade das culturas, visto que a disponibilidade dos nutrientes para as plantas pode ser maior ou menor, independentemente da fonte nitrogenada utilizada. Isso significa que a incorporação dos fertilizantes nitrogenados garante menores perdas de N por

volatilização. Na prática, a aplicação de N a lanço é muito utilizada, porém, a incorporação do fertilizante ao solo é sugerida e aprovada pela pesquisa há muitos anos (HARGROVE, 1988).

Ao aplicarem fertilizante na superfície do solo, Lara Cabezas e Yamada (1999) encontraram perdas de N por volatilização da uréia acima de 30% e 70%, no preparo convencional e no SPD, respectivamente. A incorporação de qualquer uma das fontes testadas – sulfato de amônio, nitrato de amônio, uréia, uran e sulfuran, independentemente do sistema de manejo do solo, reduziu drasticamente a volatilização do N, sendo mais expressiva no SPD, no qual foi inferior a 5%.

Conforme observado por Andreotti et al. (2005), os quais avaliaram quatro fontes de N (sulfato de amônio, nitrato de amônio, uréia e cama de aviário) a produtividade de grãos de feijão foi significativamente superior quando os fertilizantes foram incorporados ao solo em relação à aplicação sem incorporação.

Diante do exposto, entende-se que o manejo da adubação nitrogenada em cobertura nas culturas do milho e do feijoeiro são dependentes das doses e formas de aplicação, porém, principalmente, do ambiente de produção. O SPD por ser dinâmico pode proporcionar diferentes respostas das culturas para uma mesma situação e assim, a melhor época para a adubação nitrogenada continua sendo aquela recomendada oficialmente até que se obtenham respostas do N no SPD, de acordo com grupos de palhadas de cobertura e tempo de adoção do sistema.

2.5 Análise de crescimento

O crescimento das plantas superiores fundamenta-se na conversão da energia luminosa em energia química, cuja intensidade é proporcional a interceptação e captura da luz pelo dossel da cobertura (GOMIDE; GOMIDE, 1999).

A análise quantitativa do crescimento é o primeiro passo na análise da produção de comunidades vegetais. Trata-se de uma análise que permite investigar a adaptação ecológica de culturas a novos ambientes, a competição entre espécies, os efeitos de manejo e tratamento culturais, assim como a identificação da capacidade produtiva de diferentes genótipos (URCHEI; RODRIGUES; STONE, 2000). Nesse contexto, crescimento deve ser compreendido como a variação temporal da quantidade de MS das plantas.

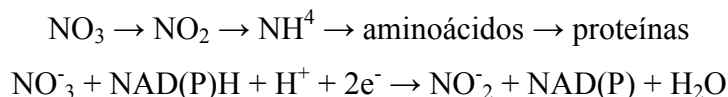
A análise de crescimento ainda é o meio mais acessível e bastante preciso para avaliar o crescimento e inferir sobre a contribuição de diferentes processos fisiológicos no comportamento vegetal. Os dados necessários para se proceder a análise de crescimento, de acordo com Benincasa (1988), são relativamente fáceis de serem obtidos, porém é imprescindível que sejam feitos com o máximo rigor, pois, caso contrário, poderão conduzir a informações erradas ou muito controvertidas. Tais informações são a quantidade de material contido em toda planta e em suas partes botânicas (folhas, colmos, hastes) e do aparelho fotossintetizante (área foliar), obtidas em intervalos de tempo durante o desenvolvimento da planta (MAGALHÃES, 1979; PEREIRA; MACHADO, 1987).

Cerca de 90%, em média, da MS acumulada pelos vegetais ao longo do seu crescimento resulta da atividade fotossintética e o restante da absorção de nutrientes minerais do solo (MARSCHNER, 1995). A análise de crescimento se fundamenta nesse fato (BENINCASA, 1988), possibilitando avaliar o crescimento final da planta como um todo e a contribuição dos diferentes órgãos no crescimento total. A partir dos dados de crescimento pode-se inferir a atividade fisiológica, isto é, estima-se de forma bastante precisa, as causas de variações de crescimento entre plantas geneticamente diferentes ou entre plantas crescendo em diferentes ambientes.

Esse tipo de análise é interessante ao passo que culturas de diferentes metabolismos fotossintéticos são cultivadas em consórcio, pois as diferenças no acúmulo de fitomassa podem ser detectadas, sendo que os índices fisiológicos obtidos são utilizados na tentativa de explicar e compreender as diferenças de comportamento das espécies vegetais consorciadas. Um índice fisiológico muito utilizado é o índice de área foliar (IAF) que indica a quantidade de área foliar por unidade de área de terreno, ou seja, quanto maior o IAF, mais folhas foram desenvolvidas pela planta.

2.6 Metabolismo do nitrogênio – redutase do nitrato

O nitrato absorvido pelas raízes das plantas é assimilado na forma de compostos orgânicos nitrogenados, conforme a reação:



em que, NAD(P)H indica NADH ou NADPH (nicotina adenina dinucleotídeo reduzida), poder redutor que fornece energia para a redução do nitrato a amônio, com fornecimento de 8 elétrons.

A redução do nitrato a nitrito ocorre no citoplasma das células, pela enzima redutase do nitrato (RN) (TISCHNER, 2000). As formas de RN são constituídas de três subunidades idênticas, com três grupos prostéticos cada uma: a flavina adenina dinucleotídeo, o grupo heme e o complexo molibdênio.

O metabolismo do nitrogênio é influenciado pela fonte utilizada, pela temperatura atmosférica e umidade do solo (AMARAL, 1991). Segundo Tischner (2000), o nitrato, a luz e a concentração de carboidrato atuam na RN em nível de transcrição e tradução. A luz e os níveis de carboidratos, além de outros fatores ambientais, estimulam a proteína fosfatase, que desfosforila vários resíduos de serina da proteína RN, promovendo a sua ativação (TAIZ; ZEIGER, 2004).

Por ser um íon altamente reativo e potencialmente tóxico o nitrito originado da redução do nitrato é rapidamente transportado do citosol para os cloroplastos nas folhas e aos plastídeos nas raízes. Nessas organelas, a enzima nitrito redutase reduz o nitrito a amônio (TAIZ; ZEIGER, 2004). O amônio gerado pela assimilação do nitrato ou da fotorrespiração é convertido rapidamente a aminoácidos num processo que envolve a ação sequencial da glutamina sintetase e glutamato sintase, localizadas no citosol e nos plastídeos das raízes e nos cloroplastos (LEA; BLACKWELL; JOY, 1992). Uma vez assimilado em glutamina ou glutamato, o nitrogênio pode ser transferido para muitos outros compostos orgânicos por meio de diversas reações, incluindo as transaminações. A interconversão entre a glutamina e a asparagina pela asparagina sintetase equilibra o metabolismo do carbono e do nitrogênio na planta.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Para a verificação das hipóteses, foram realizados experimentos em três áreas de estudo apresentadas em ordem cronológica na Tabela 1. A disposição dos experimentos na área experimental da Embrapa Arroz e Feijão, em Santo Antônio de Goiás-GO, está apresentada na Figura 1 e na área da Fazenda Santa Brígida, em Ipameri-GO, na Figura 2.

Tabela 1 – Áreas de estudo, safras de realização e experimentos desenvolvidos para trabalho de tese no verão de 2008/2009, inverno de 2009 e verão de 2009/2010

Safra	Área	Experimento
Verão de 2008/2009	Consortiação de culturas	1. Milho consorciado com leguminosas – Santo Antônio de Goiás-GO
		2. Milho consorciado com leguminosas – Ipameri-GO
		3. Dessecação parcial ¹ – Santo Antônio de Goiás-GO
		4. Dessecação parcial ¹ – Ipameri-GO
Inverno de 2009	Sucessão de culturas	5. Feijão em sucessão na palhada de milho com leguminosas – Santo Antônio de Goiás-GO
	Manejo da adubação nitrogenada	6. Antecipação de nitrogênio em feijão no Sistema Plantio Direto – Santo Antônio de Goiás-GO
		7. Antecipação de nitrogênio em cultivares de feijão em duas palhadas de cobertura de solo – Santo Antônio de Goiás-GO
Verão de 2009/2010	Sucessão de culturas	8. Métodos de aplicação de nitrogênio em feijão no Sistema Plantio Direto – Santo Antônio de Goiás-GO
		9. Manejo do nitrogênio no milho em sucessão ao feijão – Santo Antônio de Goiás-GO
	Manejo da adubação nitrogenada	10. Antecipação de nitrogênio em milho no Sistema Plantio Direto – Santo Antônio de Goiás-GO

¹Sistema de recuperação de pastagem no qual se realizam dessecação, semeadura e adubação em uma única operação, em que a dessecação não foi feita em área total, mas em faixa de 30 cm. Nesta faixa dessecada foi semeada uma cultura granífera e duas culturas forrageiras (milho, *Brachiaria brizantha* e guandu-anão). Entre as faixas dessecadas restaram faixas de 60 cm não dessecadas, ocupada com espécie usada na pastagem, que no caso foi a *B. brizantha*.

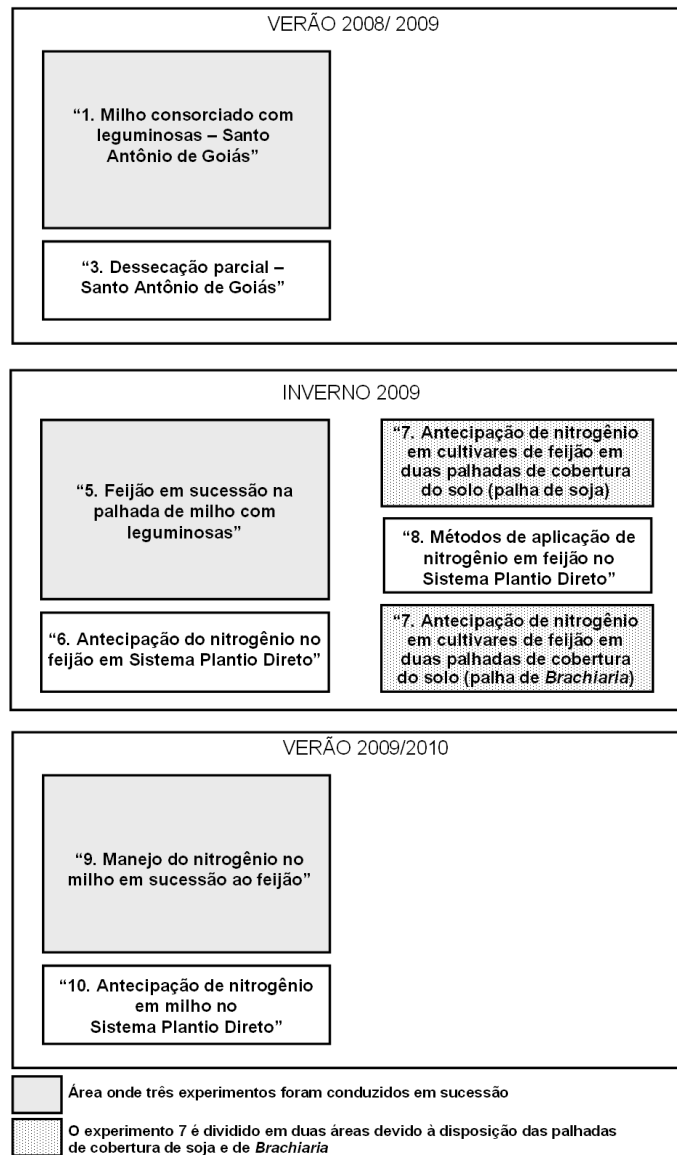


Figura 1 – Disposição dos experimentos em campo na área experimental da Embrapa Arroz e Feijão, em Santo Antônio de Goiás-GO

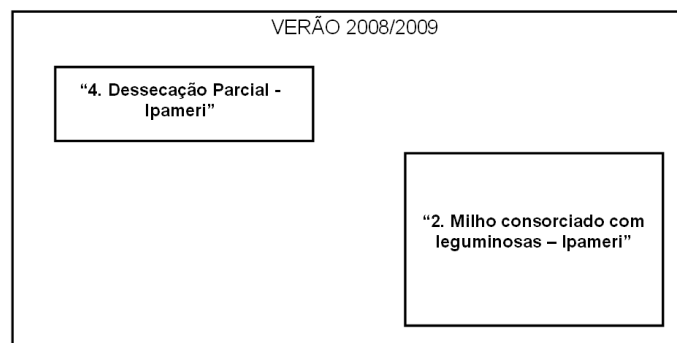


Figura 2 – Disposição dos experimentos em campo na Fazenda Santa Brígida, em Ipameri-GO

3.1 Caracterização da área experimental na Embrapa Arroz e Feijão

Na Fazenda Capivara da Embrapa Arroz e Feijão, foram instalados quatro experimentos de milho e quatro de feijão. A propriedade está localizada no município de Santo Antônio de Goiás-GO, a 16° 28' 00" de latitude Sul, 49° 17' 00" de longitude Oeste e 823 m de altitude (Figura 3). Segundo a classificação de Köppen, essa localidade apresenta clima Aw, tropical de savana, mesotérmico. A precipitação pluvial e as temperaturas máxima, média e mínima do ar durante os meses de condução dos experimentos estão apresentadas nas Figuras 4 e 5. O balanço hídrico mensal da cidade de Goiânia-GO, distante 12 km de Santo Antônio de Goiás, é apresentado na Figura 6, como ilustração da variação hídrica durante o ano nessa região.



Figura 3 - Local dos experimentos realizados na Fazenda Capivara, Embrapa Arroz e Feijão, nas safras de verão de 2008/2009, inverno de 2009 e verão de 2009/2010

O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho distrófico, de textura argilosa segundo classificação da Embrapa (SILVA, 1999). Para sua caracterização foram coletadas 10 subamostras na camada de 0 a 10 cm e 10 a 20 cm de profundidade, para a composição de uma amostra composta, antes da instalação dos experimentos (Tabelas 2, 3 e 4). As amostras destinadas à avaliação da massa específica e porosidade foram coletadas em trincheiras, nas profundidades 0 a 10 cm, 10 a 20 cm e 20 a 40 cm, utilizando-se anéis

volumétricos, com capacidade para 50 cm³. Para cada profundidade, na trincheira, efetuaram-se duas amostragens. Foram amostradas quatro trincheiras. No período entre a colheita do milho e a semeadura dos experimentos de feijão, realizou-se uma coleta de solo para nova caracterização química (Tabela 5).

As análises químicas e físicas do solo foram feitas segundo a metodologia proposta no manual de métodos da Embrapa (CLAESSEN, 1997), sendo estas últimas brevemente descritas a seguir.

a) *Textura do solo*: realizada pelo método do densímetro, utilizando-se 50g de terra fina seca em estufa e adicionando-se NaOH, hexametáfosfato de sódio e água oxigenada. No final a textura foi dada a partir do triângulo textural.

b) *Porosidade Total*: calculada pela fórmula: $Pt = 100 \left[\frac{(a-b)}{a} \right]$, em que Pt corresponde à porosidade total (%), a representa a densidade das partículas (kg dm⁻³) e b a densidade do solo (kg dm⁻³).

c) *Microporosidade*: foi calculada utilizando-se a massa da amostra centrifugada na rotação equivalente a 6 kPa. Para tanto, realizou-se o seguinte cálculo: $Mi = 100 \left[\frac{(a-b)}{c} \right]$, em que Mi corresponde à microporosidade (%), a representa a massa da amostra (kg) após ter submetida à centrifugação na tensão referente a 6 kPa e b a massa da amostra seca (kg) a 105 °C e c o volume do cilindro (dm⁻³).

d) *Macroporosidade*: foi calculada por diferença de acordo com a fórmula: $Ma = Pt - Mi$, em que Ma corresponde à macroporosidade (%), Pt representa a porosidade total (%) e Mi a microporosidade (%).

e) *Densidade do Solo (anel volumétrico)*: obteve-se a massa das amostras, as quais foram colocadas em estufa a 105°C e após atingir estabilidade da massa (aproximadamente 24 horas), realizou-se novamente a determinação da massa. A obtenção da densidade do solo foi obtida de acordo com o seguinte cálculo: $DS = \left(\frac{a}{b} \right)$, em que DS corresponde à densidade do solo (kg dm⁻³), a representa a massa da amostra seca (kg) a 105 °C e b o volume do cilindro (dm⁻³).

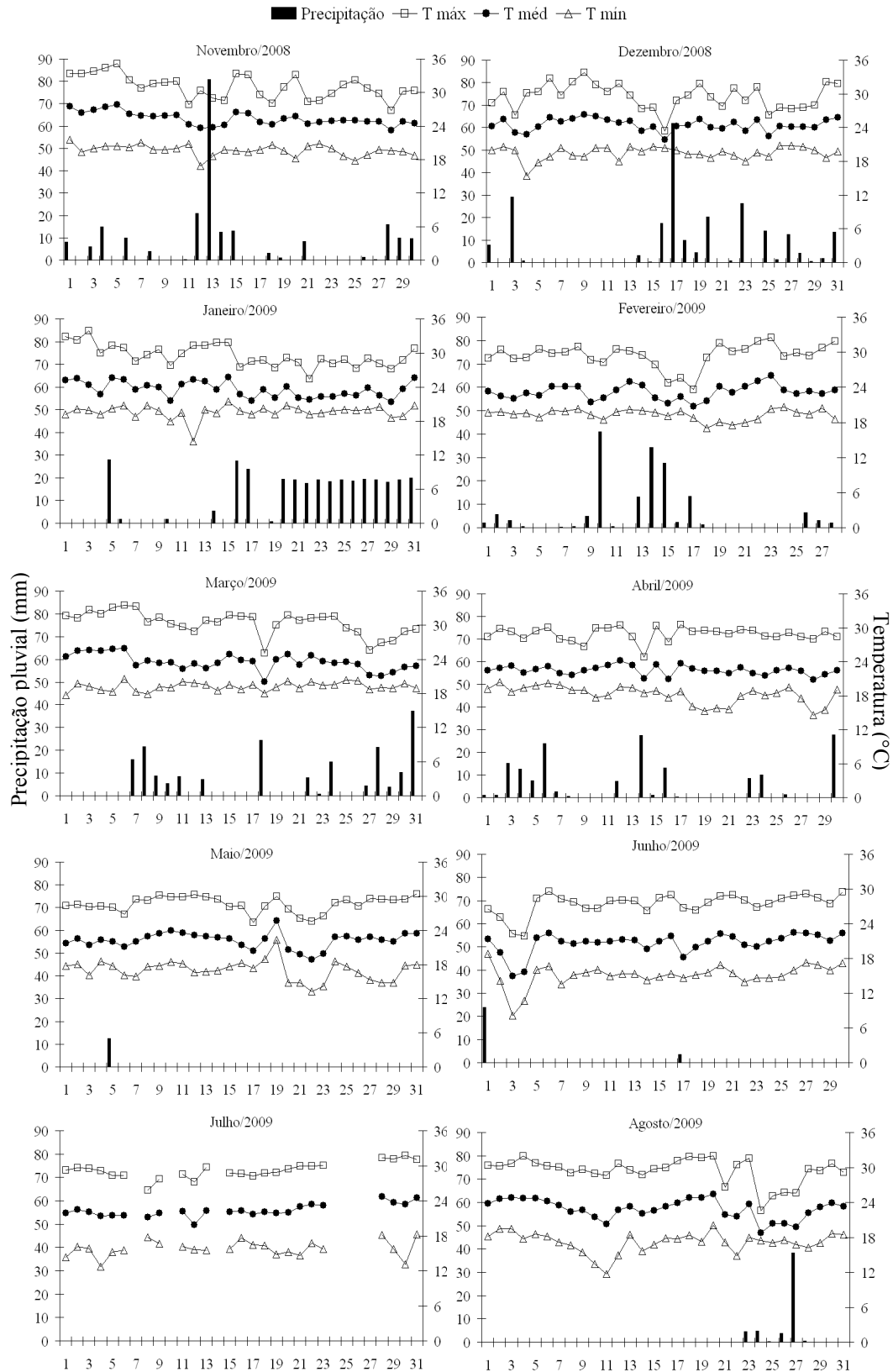


Figura 4 – Precipitação pluvial e temperatura máxima, média e mínima no período de novembro de 2008 a agosto de 2009

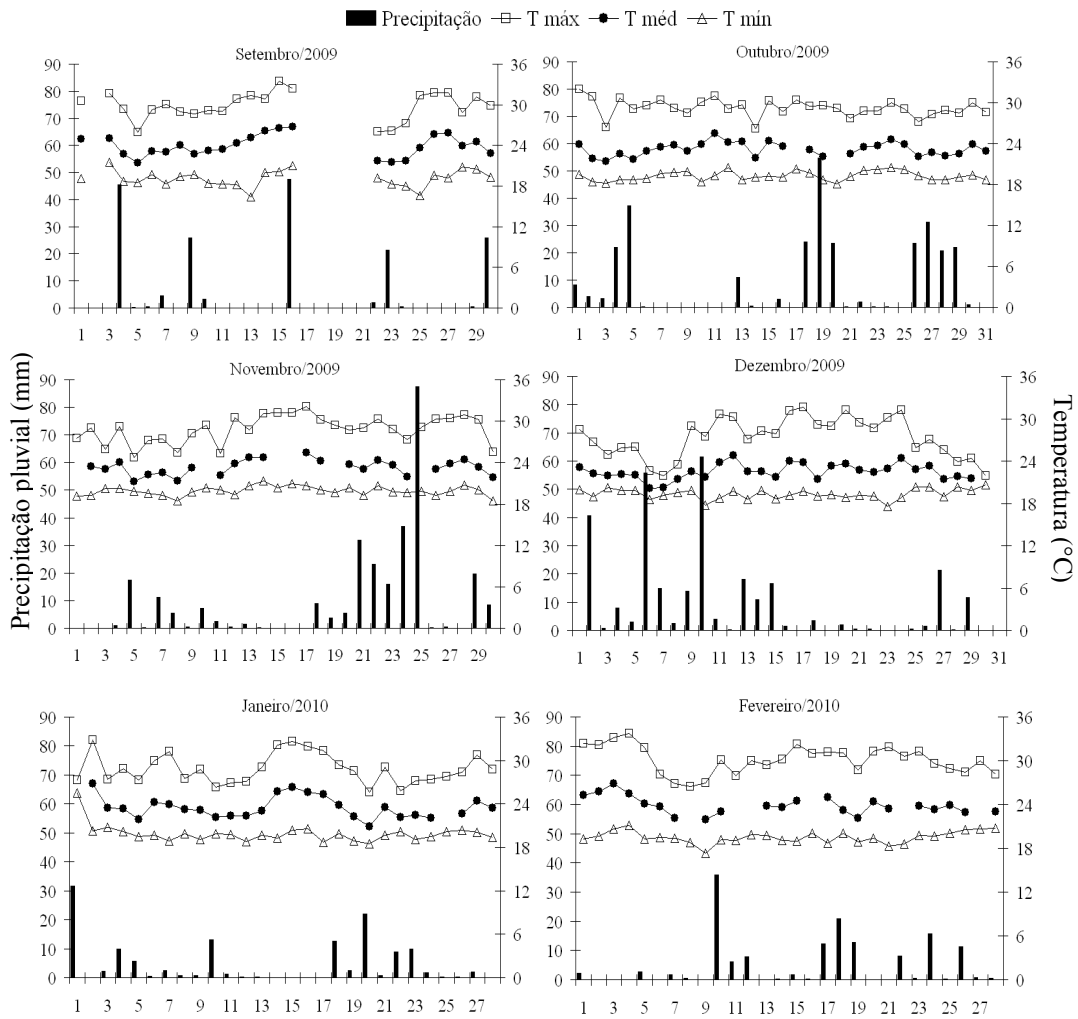


Figura 5 – Precipitação pluvial e temperatura máxima, média e mínima no período de setembro de 2009 a fevereiro de 2010

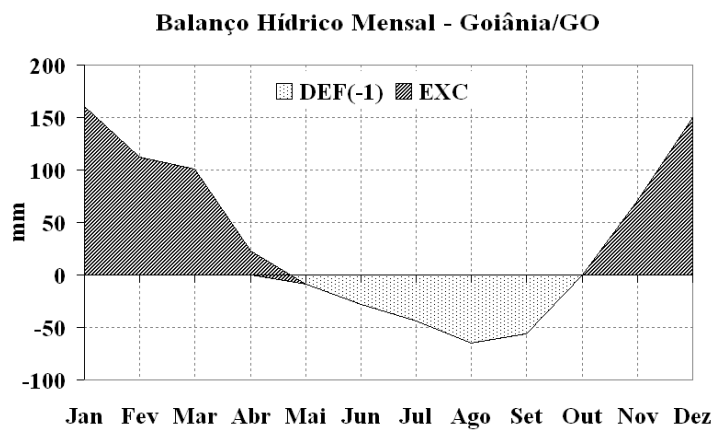


Figura 6 – Balanço hídrico mensal do município de Goiânia-GO, a 12 km de Santo Antônio de Goiás-GO (Sentelhas et al., 2010)

Tabela 2 – Resultados dos atributos químicos do solo, na profundidade de 0-10 e 10-20 cm antes da instalação dos experimentos de milho, no verão de 2008/2009. Santo Antônio de Goiás-GO

Prof. (cm)	pH (água)	Ca	Mg	Al	H + Al	P	K	Cu	Zn	Fe	Mn	MO
		-----cmol _c dm ⁻³ -----			-----	-----mg dm ⁻³ -----			-----			g dm ⁻³
0-10	6,8	4,1	1,6	0,0	4,4	7,6	281	1,7	3,7	40	60	31
10-20	6,7	3,9	1,1	0,0	4,3	4,9	156	1,3	2,4	15	50	26

Tabela 3 – Resultados da análise granulométrica do solo, na profundidade de 0-10 e 10-20 cm antes da instalação dos experimentos de milho, no verão de 2008/2009. Santo Antônio de Goiás-GO

Prof. (cm)	Granulometria (g kg ⁻¹)			Classe textural
	Argila	Silte	Areia	
0 – 10	563	180	257	Argilosa
10 – 20	523	186	291	Argilosa

Tabela 4 – Resultados dos atributos físicos do solo, na profundidade de 0-10, 10-20 e 20-40 cm antes da instalação dos experimentos de milho, no verão de 2008/2009. Santo Antônio de Goiás-GO

Prof. (cm)	Porosidade (%)			Densidade do solo (kg dm ⁻³)
	Total	Micro	Macro	
0 – 10	48,9	42,8	6,1	1,28
10 – 20	45,6	41,7	3,9	1,36
20 – 40	47,0	38,7	8,3	1,33

Tabela 5 – Resultados dos atributos químicos do solo, na profundidade de 0-10 e 10-20 cm antes dos experimentos de feijão, no inverno de 2009. Santo Antônio de Goiás-GO

Prof. (cm)	pH (água)	Ca	Mg	Al	H + Al	P	K	Cu	Zn	Fe	Mn	MO
		-----cmol _c dm ⁻³ -----			-----	-----mg dm ⁻³ -----			-----			g dm ⁻³
0-10	6,1	4,3	1,2	0,0	5,1	18,2	129	1,4	6,8	33	61	30
10-20	6,3	4,0	1,0	0,0	4,4	7,4	114	1,4	3,2	24	53	26

A área experimental utilizada encontra-se em esquema de rotação lavoura-pastagem a cada três anos, sendo o histórico do uso recente apresentado a seguir:

- 2005 – Soja no verão e feijão no inverno
- 2006 – Pasto (*Brachiaria brizantha*)

- 2007 – Pasto (*Brachiaria brizantha*)
- 2008 – Pasto (*Brachiaria brizantha*)
- 2009 – Experimentos de milho no verão e feijão no inverno
- 2010 – Experimentos de milho no verão.

Esse histórico de rotação com *Brachiaria brizantha* merece atenção especial uma vez que essa forrageira tem, comprovadamente, a capacidade de aumentar a matéria orgânica do solo, disponibilizar alguns nutrientes no perfil do solo e melhorar os seus atributos físicos (STONE et al., 2005). A média da massa da matéria seca de palhada deixada na área experimental no verão de 2008/2009 pela pastagem de *B. brizantha* dessecada foi igual a 8.478 kg ha⁻¹, quantidade suficiente para a cobertura do solo, como foi observada em campo e tem sido relatada na literatura (SARAIVA; TORRES, 1993).

3.2 Caracterização da área experimental na Fazenda Santa Brígida

Na Fazenda Santa Brígida foram instalados dois experimentos de milho. A propriedade está localizada no município de Ipameri-GO, a 17° 39' 27" de latitude Sul, 48° 12' 22" de longitude Oeste e 800 de altitude (Figura 7). Segundo a classificação de Köppen, essa localidade apresenta clima Aw, tropical de savana, mesotérmico. Uma vez que não havia instrumentos de coleta das variáveis climáticas chuva e temperatura do ar na Fazenda Santa Brígida, apresenta-se o balanço hídrico mensal do município de Ipameri-GO como forma de caracterização climática da região (Figura 8).

O solo da área experimental é classificado como Latassolo Vermelho distrófico e para sua caracterização procedeu-se as mesmas análises realizadas com o solo de Santo Antônio de Goiás. Os resultados dos atributos químicos e físicos são apresentados nas Tabelas 6, 7 e 8.

A área cedida pela Fazenda encontra-se sob Sistema Plantio Direto (SPD) há seis anos, sendo o histórico recente do uso apresentado a seguir:

- 2005 – Soja no verão
- 2006 – Soja no verão
- 2007 – Soja no verão
- 2008 – Milho + *Brachiaria brizantha* no verão e pasto no inverno
- 2009 – Experimentos de milho no verão



Figura 7 - Local dos experimentos realizados na Fazenda Santa Brígida, Ipameri-GO, na safra de verão de 2008/2009

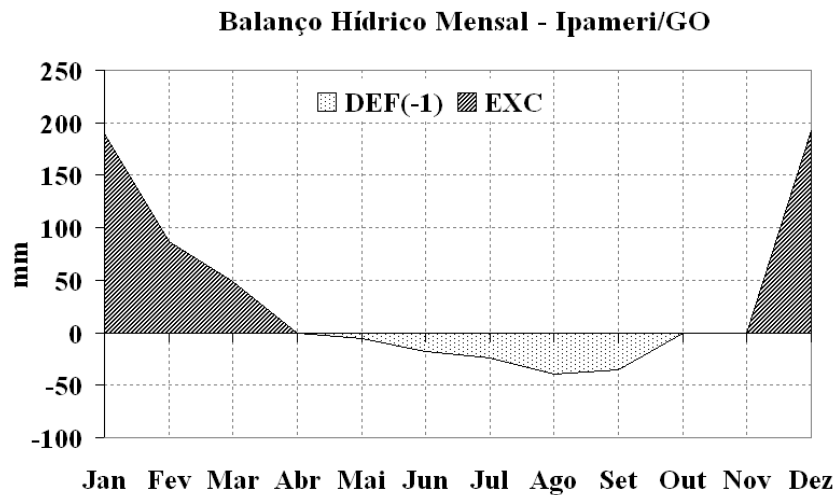


Figura 8 – Balanço hídrico mensal do município de Ipameri-GO (Sentelhas et al., 2010)

Tabela 6 – Resultados dos atributos químicos do solo, na profundidade de 0-10, 10-20 e 20-40 cm antes da instalação dos experimentos, no verão de 2008/2009. Ipameri-GO

Prof. (cm)	pH (água)	Ca	Mg	Al	H + Al	P	K	Cu	Zn	Fe	Mn	MO
		-----cmol _c dm ⁻³ -----			-----	-----	-----	mg dm ⁻³ -----		-----	-----	g dm ⁻³
0-10	6,6	2,5	1,0	0,0	3,1	4,5	218	2,1	6,8	33	38	20
10-20	6,0	1,5	0,7	0,0	4,0	11,4	72	3,3	5,6	41	23	17
20-40	5,7	0,8	0,4	0,1	3,5	0,8	39	2,5	0,9	38	14	12

Tabela 7 – Resultados da análise granulométrica do solo, na profundidade de 0-10, 10-20 e 20-40 cm antes da instalação dos experimentos, no verão de 2008/2009. Ipameri-GO

Prof. (cm)	Granulometria (g kg ⁻¹)			Classe textural
	Argila	Silte	Areia	
0 – 10	454	94	451	Argilo arenosa
10 – 20	494	54	451	Argilo arenosa
20 – 40	514	54	431	Argilo arenosa

Tabela 8 – Resultados dos atributos físicos do solo, na profundidade de 0-10, 10-20 e 20-40 cm antes da instalação dos experimentos, no verão de 2008/2009. Ipameri-GO

Prof. (cm)	Porosidade (%)			Densidade do solo (kg dm ⁻³)
	Total	Micro	Macro	
0 – 10	57,3	36,6	15,7	1,22
10 – 20	50,3	33,0	17,3	1,27
20 – 40	52,1	31,6	20,5	1,23

3.3 Experimento “1. Milho consorciado com leguminosas – Santo Antônio de Goiás-GO”

Neste experimento foi utilizado o delineamento experimental de blocos completos casualizados, com cinco repetições. Cada parcela experimental apresentava uma área total de 54 m², em que foi considerada como área útil para a colheita 10 m². Os oito tratamentos constituíram-se de monocultivos de milho com aplicação de nitrogênio (N) mineral, tendo como fonte a uréia, cultivos de milho consorciados com leguminosas e a combinação destes como segue:

- T1: Monocultivo de milho - sem N
- T2: Monocultivo de milho - 30 kg ha⁻¹ de N
- T3: Monocultivo de milho - 60 kg ha⁻¹ de N
- T4: Monocultivo de milho - 90 kg ha⁻¹ de N
- T5: Milho consorciado com guandu-anão - sem N
- T6: Milho consorciado com guandu-anão - 90 kg ha⁻¹ de N
- T7: Milho consorciado com crotalária - sem N
- T8: Milho consorciado com crotalária - 90 kg ha⁻¹ de N

As atividades realizadas no experimento estão descritas na Tabela 9 e na Figura 9 é apresentada uma vista parcial dos consórcios de milho com guandu-anão e crotalária

Tabela 9 – Épocas da realização das principais práticas culturais, amostragens e coletas no experimento “Milho consorciado com leguminosas” em Santo Antônio de Goiás-GO no verão de 2008/2009

Evento	Data	Observação
Coleta de solo para caracterização química e física	28/10/2008	–
Dessecação do pasto	29/10/2008	Glyphosate 6L ha ⁻¹
Semeadura de milho, guandu-anão e crotalária	04/11/2008 (7 DAA*)	Híbrido BRS 1035, espaçamento 0,90 m, densidade de 6 sementes m ⁻¹ . Semeadura do guandu-anão e da crotalária nas linhas de milho (com matraca) e nas entrelinhas com semeadora
Adubação de base	04/11/2008	Formulado 04-30-10, 400 kg ha ⁻¹ . Trator Agrale modelo 5085.4 e semeadora-adubadora Semeato modelo Personalle Drill 13
Emergência das plantas de milho	11/11/2008 (7 DAS**)	–
Adubação nitrogenada de cobertura nos tratamentos com N mineral	01/12/2008 (20 DAE***)	Uréia
Coletas de plantas para análise de crescimento	28/11/2008, 5/12/2008, 12/12/2008, 18/12/2008, 23/12/2008, 30/12/2008, 6/1/2009, 13/1/2009, 26/1/2009, 9/2/2009	
Leitura da altura de inserção das espigas de milho	06/04/2009	–
Coleta de leguminosas para massa de matéria seca	06/04/2009	–
Colheita do milho	07/04/2009	–
Manejo das palhadas	08/04/2009	Equipamento triton
Coleta de liteira	08/04/2009	–

*DAA: dias após a aplicação; ** DAS: dias após a semeadura; *** DAE: dias após a emergência

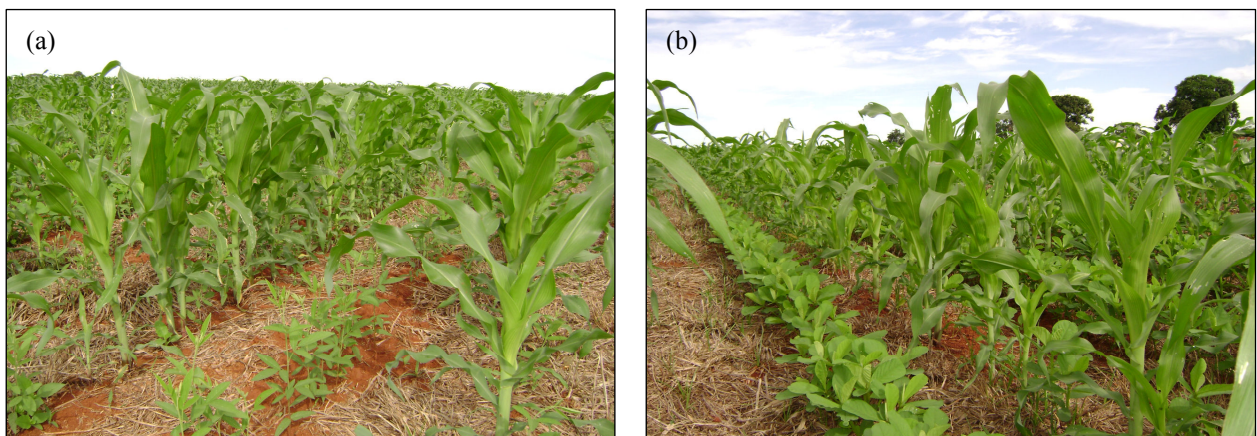


Figura 9 – Vista parcial dos consórcios de milho com guandu-anão (a) e crotalária (b). Santo Antônio de Goiás-GO

- Análise de crescimento

A amostragem de plantas para a análise de crescimento foi realizada a cada sete dias, coletando duas plantas por parcela, a partir de 16 DAE até 62 DAE sendo que a partir dessa época as duas últimas coletas foram realizadas a cada 15 dias, conforme apresentado na Tabela 9. Foram selecionados seis tratamentos (T1, T2, T3, T4, T5 e T7) para análise de crescimento, devido à grande quantidade de amostras, e a logística de coleta e leituras de área foliar estava no limite operacional. As plantas foram armazenadas em sacos plásticos e identificadas para o transporte até o Laboratório de Agrofisiologia da Embrapa Arroz e Feijão, onde foi efetuada a separação das partes botânicas. As plantas de milho foram divididas em colmo+bainha, limbo foliar, pendão e espiga. As plantas de guandu-anão e crotalária foram partidas em limbo foliar e pecíolos+hastes. Os limbos foliares foram submetidos ao leitor de área foliar modelo LI-3000 Area Meter, cuja leitura é dada em cm². Todas as estruturas vegetais foram submetidas à secagem em estufa a 60 °C, até massa constante, para determinação da massa de matéria seca (MS). No respectivo experimento foram avaliadas as seguintes variáveis:

- massa de matéria seca da parte aérea (MSPA, kg ha⁻¹) e
- índice de área foliar (IAF, m² de folha m⁻² de terreno).

Para a comparação dos dados de IAF no tempo, utilizou-se o modelo exponencial quadrático (equação 1):

$$IAF = a.e^{[-0,5(\ln(t/b)/c)^2]} \dots\dots\dots \text{eq. (1)}$$

em que *a* refere-se ao valor máximo teórico de IAF; *t* ao número de dias após a emergência do milho (DAE); *b* ao número de dias (DAE) correspondente ao valor máximo de IAF; e *c* ao parâmetro empírico referente à forma da curva.

Para avaliação dos dados de MSPA ajustou-se o modelo sigmoidal de três parâmetros (equação 2):

$$MSPA = \frac{a}{1 + e^{-\left(\frac{t-b}{c}\right)}} \dots\dots\dots \text{eq. (2)}$$

em que *a* refere-se ao valor máximo teórico de MSPA; *t* ao número de dias após a emergência do milho (DAE); *b* ao número de dias (DAE) referente a 50% do valor máximo de MSPA; *c* à

inclinação da curva. Ambos os modelos foram ajustados pelo software Table Curve 2D (JANDEL SCIENTIFIC, 1991).

- Massa da matéria seca (MS) de guandu-anão e crotalária

As plantas de guandu-anão e de crotalária foram coletadas no momento da colheita das espigas de milho para averiguação da MS das leguminosas. As plantas foram submetidas à secagem em estufa a 60°C e os resultados apresentados em kg ha⁻¹ de MS. As espigas de milho foram colhidas manualmente e trilhadas em batedora de cereais Nux modelo BC 80 III, cuja massa foi ajustada para 130 g kg⁻¹ (13%) de umidade.

- Liteira

Foram coletadas quatro amostras de liteira por tratamento para quantificar a sua MS deixada pelos cultivos de milho consorciado e monocultivo. Utilizou-se quadrado com 25 cm de lado (0,625 m²) para delimitação da área de coleta. Os materiais foram secos em estufa a 60°C até massa constante. A MS da liteira obtida foi extrapolada para um hectare.

- Análise estatística

Na análise dos dados experimentais de produtividade de milho e das leguminosas, utilizou-se o software SAS versão 9.1 (SAS INSTITUTE, 2009) para análise de variância, tendo sido aplicado o teste de média Tukey, a 5% de probabilidade. Os dados da análise de crescimento foram ajustados aos modelos apresentados nas equações 1 e 2, pelo programa Table Curve 2D (JANDEL SCIENTIFIC, 1991).

3.4 Experimento “2. Milho consorciado com leguminosas – Ipameri-GO”

Neste experimento foi utilizado o delineamento experimental de blocos completos casualizados, com cinco repetições. Cada parcela experimental apresentava uma área total de 36 m², em que foi considerada como área útil para colheita 10 m². Os 15 tratamentos constituíram-se de monocultivos de milho com aplicação de N mineral na forma de uréia e milho consorciado com guandu-anão, crotalária e *Brachiaria brizantha*, como segue:

- T1: Monocultivo de milho - sem N
- T2: Monocultivo de milho - 30 kg ha⁻¹ de N
- T3: Monocultivo de milho - 60 kg ha⁻¹ de N
- T4: Monocultivo de milho - 90 kg ha⁻¹ de N
- T5: Milho consorciado com guandu-anão simultaneamente - sem N
- T6: Milho consorciado com guandu-anão aos 10 DAE - sem N
- T7: Milho consorciado com guandu-anão aos 15 DAE - sem N
- T8: Milho consorciado com crotalária simultaneamente - sem N
- T9: Milho consorciado com crotalária aos 10 DAE - sem N
- T10: Milho consorciado com crotalária aos 15 DAE - sem N
- T11: Milho consorciado com crotalária e *B. brizantha* simultaneamente - sem N
- T12: Milho consorciado com guandu-anão e *B. brizantha* simultaneamente - sem N
- T13: Milho consorciado com *B. brizantha* simultaneamente - 90 kg ha⁻¹ de N
- T14: Milho consorciado com guandu-anão - 90 kg ha⁻¹ de N
- T15: Milho consorciado com crotalária - 90 kg ha⁻¹ de N

As atividades realizadas no experimento são descritas na Tabela 10 e na Figura 10 é apresentada uma vista parcial dos consórcios de milho com guandu-anão e crotalária.

As avaliações deste experimento restringiram-se à produção de MS das plantas forrageiras e produtividade de grãos de milho, que após a colheita manual, as espigas foram trilhadas em batidora de cereais Nux modelo BC 80 III. A massa de grãos foi ajustada para 130 g kg⁻¹ (13%) de umidade. Na análise estatística, utilizou-se o software SAS versão 9.1 (SAS INSTITUTE, 2009) para análise de variância, tendo sido aplicado o teste de média Tukey, a 5% de probabilidade.



Figura 10 - Vista parcial dos consórcios de milho com guandu-anão (a) e crotalária (b). Ipameri-GO

Tabela 10 – Épocas da realização das principais práticas culturais, amostragens e coletas no experimento “Milho consorciado com leguminosas” em Ipameri-GO no verão de 2008/2009

Evento	Data	Observação
Coleta de solo para caracterização química e física e liteira	10/11/2008	–
Dessecação	03/11/2008	Glyphosate 6L ha ⁻¹
Semeadura de milho, guandu-anão e crotalária	11/11/2008 (8 DAA*)	Híbrido BRS 1035, espaçamento 1,0 m, densidade de 8 sementes m ⁻¹ . Semeadura de guandu-anão, crotalária e <i>Brachiaria brizantha</i> nas linhas e entrelinhas do milho (com matraca)
Adubação de base	11/11/2008	Formulado 08-20-15, 450 kg ha ⁻¹ . Trator John Deere modelo 6415 e semeadora-adubadora John Deere para Sistema Plantio Direto modelo 1109
Emergência das plantas de milho	18/11/2008 (7 DAS**)	–
Capina	27/11/2008	Parcelas onde as leguminosas foram semeadas simultaneamente com milho e não receberam herbicidas
Aplicação de herbicida	27/11/2008 (9 DAE***)	Atrazina, 2L ha ⁻¹ , nas parcelas sem plantas de guandu-anão e crotalária emergidas
Semeadura de guandu-anão e crotalária	28/11/2008 (9 DAE)	Parcelas com consórcio “10 DAE”
Semeadura de guandu-anão e crotalária	03/12/2008	Parcelas com consórcio “15 DAE”
Adubação nitrogenada de cobertura	05/12/2008 (17 DAE)	Uréia, nos tratamentos com N mineral, nas respectivas doses
Leitura da altura de inserção das espigas de milho	27/04/2009	–
Coleta de leguminosas para massa de matéria seca	27/04/2009	–
Colheita do milho	27/04/2009	–

*DAA: dias após a aplicação; **DAS: dias após a semeadura; ***DAE: dias após a emergência

3.5 Experimento “3. Dessecação parcial – Santo Antônio de Goiás-GO”

Neste experimento foi utilizado o delineamento experimental de blocos completos casualizados, com cinco repetições. Cada parcela experimental apresentava uma área total de 54 m², em que foi considerado 10 m² como área útil para a colheita. Os seis tratamentos constituíram-se de milho em monocultivo e consorciado com *Brachiaria brizantha* e guandu-anão. O diferencial desse experimento é que nem todos os tratamentos receberam dessecação da área total antes da implantação, de modo que os tratamentos T3, T4, T5 e T6 foram dessecados parcialmente, ou seja, apenas uma faixa de 30 cm para a semeadura do milho. Dessa forma, restaram 60 cm com *B. brizantha* vegetando entre as linhas dessecadas, e por esse motivo, esse experimento é referido como “dessecação parcial”, cujos tratamentos são apresentados a seguir:

- T1: Sem Dessecação - 75 kg ha⁻¹ de N aos 20 DAE
- T2: Dessecação Total - 75 kg ha⁻¹ de N aos 20 DAE
- T3: Dessecação Parcial - 75 kg ha⁻¹ de N ao 0 DAE
- T4: Dessecação Parcial - 75 kg ha⁻¹ de N ao 0 DAE e subdose de herbicida
- T5: Dessecação Parcial - 75 kg ha⁻¹ de N aos 20 DAE
- T6: Dessecação Parcial - 75 kg ha⁻¹ de N aos 20 DAE e subdose de herbicida

Uma vez que esse experimento foi implantado e conduzido simultaneamente com o Experimento 1 (Milho consorciado com leguminosas – Santo Antônio de Goiás-GO), as atividades nele realizadas podem ser conferidas na Tabela 9, com as seguintes ressalvas: (i) as operações de dessecação, semeadura e adubação foram realizadas simultaneamente com uma única máquina, tendo sido adaptado um pulverizador na semeadora-adubadora; (ii) não houve semeadura de crotalária; (iii) todas as linhas de milho receberam guandu-anão e *B. brizantha* semeadas de matraca; (iv) a adubação nitrogenada foi realizada com 75 kg N ha⁻¹ na forma de uréia nas respectivas épocas; (v) os tratamentos T4 e T6 receberam herbicida nicosulfuron (0,4 L ha⁻¹ de Sanson), aos 40 DAE do milho (22/12/2008) aplicado com pulverizador costal nas entrelinhas do milho, ou seja, naquelas faixas de *B. brizantha* que não haviam sido dessecadas na implantação. Um foto é apresentada na Figura 11.



Figura 11 – Vista parcial do consórcio de milho, guandu-anão e *Brachiaria brizantha* no sistema dessecação parcial, em que a seta indica a faixa de *Brachiaria brizantha* não dessecada. Santo Antônio de Goiás-GO

As coletas de plantas para análise de crescimento e o ajuste de modelos foram realizados conforme descrito no Experimento 1, cujas épocas de coletas são defasadas, em média, dois dias para a operacionalização das leituras e secagem do material.

3.6 Experimento “4. Dessecação parcial – Ipameri-GO”

Neste experimento foi utilizado o delineamento experimental de blocos completos casualizados, com cinco repetições. Cada parcela experimental apresentava uma área total de 36 m², em que a colheita foi realizada na área útil 10 m². Os seis tratamentos constituíram-se de milho em monocultivo e consorciado com guandu-anão e *Brachiaria brizantha*, como descrito a seguir:

- T1: Sem Dessecação - sem N
- T2: Dessecação Parcial - sem N
- T3: Dessecação Total - 75 kg ha⁻¹ de N aos 20 DAE
- T4: Dessecação Parcial - 75 kg ha⁻¹ de N ao 0 DAE
- T5: Dessecação Parcial - 75 kg ha⁻¹ de N aos 10 DAE
- T6: Dessecação Parcial - 75 kg ha⁻¹ de N aos 20 DAE

Este experimento foi conduzido simultaneamente com o Experimento 2 (Milho consorciado com leguminosas – Ipameri-GO) e suas atividades estão descritas na Tabela 10, para

o qual são feitas as mesmas ressalvas do experimento de dessecação parcial realizado em Santo Antônio de Goiás (Experimento 3).

3.7 Experimento “5. Feijão em sucessão na palhada de milho com leguminosas – Santo Antônio de Goiás-GO”

Os experimentos de feijão foram realizados apenas na área da Embrapa Arroz e Feijão em virtude da disponibilidade de irrigação. Neste experimento foi utilizado o delineamento experimental de blocos completos casualizados com parcelas subdivididas, com quatro repetições. Cada subparcela apresentava uma área total de 14,6 m² em que foi considerada como área útil para colheita 8,1 m². Os tratamentos principais constituíram-se das palhadas proporcionadas pelo Experimento 1 (Milho consorciado com leguminosas – Santo Antônio de Goiás-GO), como apresentados a seguir, e dos níveis de adubação nitrogenada em cobertura, na forma de uréia, constituindo as subparcelas: sem N; 40 kg ha⁻¹ de N; 80 kg ha⁻¹ de N e 120 kg ha⁻¹ de N.

- T1: Monocultivo de milho - sem N
- T2: Monocultivo de milho - 30 kg ha⁻¹ de N
- T3: Monocultivo de milho - 60 kg ha⁻¹ de N
- T4 Monocultivo de milho - 90 kg ha⁻¹ de N
- T5: Milho consorciado com guandu-anão - sem N
- T6: Milho consorciado com guandu-anão - 90 kg ha⁻¹ de N
- T7: Milho consorciado com crotalária - sem N
- T8: Milho consorciado com crotalária - 90 kg ha⁻¹ de N
- T9: *Brachiaria brizantha*

As atividades do experimento são descritas na Tabela 11 e em seguida são apresentadas as análises realizadas. Fotos deste experimento são apresentadas na Figura 12.

Tabela 11 – Épocas de realização das principais práticas culturais, amostragens e coletas no experimento “Feijão em sucessão ao milho com leguminosas” em Santo Antônio de Goiás-GO no inverno de 2009

(continua)

Evento	Data	Observação
Coleta de solo para caracterização química	18/05/2009	–
Dessecação	09/05/2009	Glyphosate 5L ha ⁻¹
Irrigação	16/05/2009	Autopropelido, lâmina 30 mm
Aplicação de herbicida	19/05/2009	Paraquat (“Gramoxone”), 1,5L ha ⁻¹
Semeadura do feijão	20/05/2009 (11 DAA*)	Cultivar BRS Radiante, espaçamento 0,45 m, densidade de 12 sementes m ⁻¹
Adubação de base	20/05/2009	Formulado 00-20-20, 400 kg ha ⁻¹ . Trator Agrale modelo 5085.4 e semeadora-adubadora Semeato modelo Personalle Drill 13
Tratamento de sementes com inseticida	20/05/2009	Tiametoxan (“Cruiser”), na dose de 150 g do produto comercial para 100 kg de sementes
Coleta de solo para análise de nitrato e amônio	21/05/2009	Profundidades 0-10 e 10-20, com trado tipo rosca, 6 subamostras por parcela, total de 72 amostras
Coleta de liteira	22/05/2009	Quadrado de 0,25m x 0,25m, uma amostra por parcela
Irrigação	23/05/2009	Autopropelido, lâmina 20 mm
Emergência das plantas de feijão	27/05/2009 (7 DAS**)	V1
Irrigação	28/05/2009	Autopropelido, lâmina 20 mm
Coleta de plântulas para taxa de crescimento	29/05/2009 (2 DAE***)	V2, duas plântulas por parcela
Massa de matéria seca e trituração da liteira	29/05 e 01/06/2009	Estufa de circulação forçada de ar, 60°C
Irrigação	30/05/2009	Autopropelido, lâmina 20 mm
Irrigação	04/06/2009	Autopropelido, lâmina 20 mm
Irrigação	08/06/2009	Autopropelido, lâmina 20 mm
Coleta de plantas para taxa de crescimento	10/06/2009 (14 DAE)	V4, duas plantas por parcela
Irrigação	12/06/2009	Autopropelido, lâmina 20 mm
Coleta de solo para análise de nitrato e amônio	15/06/2009 (19 DAE)	Profundidades 0-10 e 10-20, com trado tipo rosca, 6 subamostras por parcela, total de 72 amostras
Coleta de folíolos e análise da redutase do nitrogênio em laboratório	15 e 16/06/2009 (19 e 20DAE)	V4, trifólio mais jovem totalmente expandido, total de 36 amostras por dia
Coleta de folíolos para teor de nitrogênio	16/06/2009 (20 DAE)	V4, trifólio mais jovem totalmente expandido
Adubação nitrogenada em cobertura	16/06/2009 (20 DAE)	Uréia, respectivas doses
Irrigação	16/06/2009	Autopropelido, lâmina 20 mm
Primeiro botão floral	20/06/2009	R5
Primeira flor aberta	23/06/2009	–
Irrigação	20/06/2009	Autopropelido, lâmina 20 mm

Tabela 11 – Épocas de realização das principais práticas culturais, amostragens e coletas no experimento “Feijão em sucessão ao milho com leguminosas” em Santo Antônio de Goiás-GO no inverno de 2009

(conclusão)

Evento	Data	Observação
Irrigação	24/06/2009	Autopropelido, lâmina 20 mm
Irrigação	28/06/2009	Autopropelido, lâmina 20 mm
Florescimento pleno	01/07/2009 (35 DAE)	R6
Irrigação	01/07/2009	Autopropelido, lâmina 20 mm
Irrigação	05/07/2009	Autopropelido, lâmina 20 mm
Coleta de plantas para taxa de crescimento e área foliar	08/07/2009 (42 DAE)	R7, duas plantas por subparcela
Irrigação	09/07/2009	Autopropelido, lâmina 20 mm
Irrigação	13/07/2009	Autopropelido, lâmina 20 mm
Coleta de folíolos e análise da redutase do nitrogênio em laboratório	13 e 14/07/2009 (49 DAE)	R7, trifólio mais jovem totalmente expandido, nos tratamentos T1, T4, T5, T7 e T9, total de 40 amostras por dia
Coleta de folíolos para teor de nitrogênio	14/06/2009 (49 DAE)	R7, trifólio mais jovem totalmente expandido
Irrigação	16/07/2009	Autopropelido, lâmina 20 mm
Coleta de plantas para componentes de produção	03 e 04/08/2009	Cinco plantas por parcela
Arranquio das parcelas de feijão	06/08/2009 (73 DAE)	–
Trilhagem do feijão	10 a 12/08/2009	–
Coleta de liteira	14/08/2009	–

*DAA: dias após a aplicação; **DAS: dias após a semeadura; ***DAE: dias após a emergência



Figura 12 – Vista parcial do feijoeiro cultivado sobre diferentes palhadas (a), detalhe das vagens de feijão em palhada de *Brachiaria brizantha* (b), dos resíduos de guandu-anão (c) e de crotalária (d)

- Liteira

A coleta foi feita conforme descrito no Experimento 1 (Milho consorciado com leguminosas – Santo Antônio de Goiás-GO) em que as amostras coletadas na semeadura do feijoeiro foram lavadas para então serem secas. Essas amostras foram submetidas à análise dos teores de carbono e nitrogênio, sendo realizadas via combustão seca, denominado método Dumas, por meio do analisador elementar CHNS/O 2400 Série II da Perkin Elmer, no Centro de Análise Agroambiental da Embrapa Arroz e Feijão. Esse método foi preferido em relação ao Kjeldahl por dois motivos: (i) análise mais rápida e (ii) determinação do elemento C nas mesmas amostras e avaliação, sem custo adicional.

Para essa avaliação foram utilizadas entre quatro e cinco miligramas do material vegetal seco e moído. A determinação da massa desse material foi feita com uso de microbalança modelo AD6 da Perkin Elmer. O material foi acondicionado em cápsulas de estanho para serem então inseridos no analisador. O gás de arraste utilizado foi gás hélio (99,999%) e para calibração utilizou-se padrão de acetanilida. A temperatura na coluna de combustão foi de 924°C e na coluna de redução 640°C. Os resultados foram expressos em %.

- Teores de nitrato e amônio no solo

Foram realizadas duas coletas de solo, a primeira um (01) dia após a semeadura e outra um (01) dia antes da adubação nitrogenada em cobertura. O objetivo foi identificar a influência das palhadas de cobertura do solo na forma mineral do N presente no solo. A extração foi feita segundo método proposto por Bremner (1965), no qual 10 g de solo foram agitadas por uma hora em solução em 100 mL de solução extratora KCl 2 mol L⁻¹. Após a agitação e a decantação do material sólido retirou-se o sobrenadante. Este foi filtrado com uso de papel filtro quantitativo e o extrato então seguiu para a quantificação dos teores de nitrato e amônio.

Foi realizado o procedimento de Griess (1879), no qual quantificou-se indiretamente o nitrato, ou seja, sob a forma do íon nitrito, após reação com sulfanilamida e n- α -naftiletilenodiamina. O amônio foi determinado segundo método Berthelot (1859), com adaptação quanto ao reagente fenol que foi substituído pelo reagente salicilato de sódio para formação de um diazo composto que é detectado em leitura. Ambas as determinações foram realizadas por espectrofotometria acoplada a um sistema FIA (“Flow Injection Analysis”). Os resultados foram apresentados em mg de NO₃⁻ ou NH₄⁺ por kg de solo seco.

- Teores de nitrogênio (N) nas folhas de feijão

Foram feitas duas coletas de folhas para determinação de N e C totais, sendo realizadas via combustão seca, conforme descrito no item “Liteira” deste mesmo experimento.

- Taxa de crescimento da cultura

Foram realizadas três coletas de plantas para a obtenção de duas taxas de crescimento da cultura: uma entre a emergência e a adubação nitrogenada em cobertura e a segunda, entre esse evento e 22 dias subsequentes. As plantas foram secas em estufa a 60°C até atingirem massa constante.

O cálculo da taxa de crescimento relativo (TCR, g g⁻¹ dia⁻¹) foi feito com base na equação 3, proposto por Reader et al. (1994):

$$TCR = \frac{\ln(M_2) - \ln(M_1)}{t_2 - t_1} \dots\dots\dots \text{eq. (3)}$$

em que: M refere-se à massa da matéria seca da parte aérea (g), t ao número de dias após a emergência do feijoeiro (DAE); t_1 e t_2 aos respectivos momentos de coleta das plantas.

Para a TCR₁, t_1 correspondeu à amostragem feita dois (02) DAE e o t_2 aos 14 DAE, de maneira que o intervalo de avaliação do crescimento foi de 12 dias. A TCR₁ visou identificar diferenças no crescimento do feijoeiro proporcionadas pelas palhadas de cobertura do solo.

Para a TCR₂ o t_1 correspondeu à amostragem realizada aos 14 DAE e o t_2 aos 42 DAE, de maneira que o intervalo entre as coletas de plantas foi de 28 dias. Essa segunda avaliação teve como objetivo detectar a influência dos níveis de nitrogênio sobre o crescimento do feijoeiro.

- Índice de área foliar

A coleta de plantas foi realizada aos 22 dias após a adubação de cobertura. As plantas foram armazenadas em sacos plásticos e identificadas para o transporte até o Laboratório de Agrofisiologia da Embrapa Arroz e Feijão. Os limbos foliares foram submetidos ao leitor de área foliar modelo LI-3000 Area Meter, cuja leitura é obtida em cm². Todas as estruturas vegetais foram submetidas à secagem em estufa a 60 °C, até massa constante, para determinação da MS. Os resultados foram apresentados em m² de folha por m² de terreno (m² m⁻²).

- Atividade da redutase do nitrato (EC 1.6.6.1) nas folhas de feijão

A determinação da atividade da redutase do nitrato (RN) foi realizada segundo o ensaio *in vivo* modificado por Radin (1974) no Centro de Análise Agroambiental da Embrapa Arroz e Feijão. Foram utilizados folíolos do trifólio mais jovem totalmente desenvolvido do feijoeiro, sendo que as coletas ocorreram em dois momentos: (i) antes da adubação nitrogenada em cobertura, com objetivo de detectar efeitos das palhadas de cobertura e (ii) após a adubação nitrogenada em cobertura, com objetivo de detectar o efeito das doses de N aplicadas ao feijoeiro. A primeira amostragem foi feita nos períodos da manhã (8:30 h) e da tarde (13:30 h), enquanto que na segunda amostragem foram selecionados cinco tratamentos (T1, T4, T5, T7 e T9) e duas repetições em determinado dia e duas repetições no mesmo horário do dia seguinte, visto que não podia exceder a 40 amostras, devido à operacionalização no laboratório. As amostras de tecido fresco foram armazenadas em caixa de isopor e transportadas para o laboratório.

Utilizou-se 200 mg de tecido vegetal fresco que foram colocados em tubos de ensaio contendo 3 mL de solução tampão fosfato 0,1 mol L⁻¹, pH 7,4, 1 mL de solução KNO₃

250 mmol L⁻¹ e 1 mL de n-propanol 0,01%. O nitrato da solução tampão atua como substrato para a enzima RN que o converte em nitrito. Os tubos de ensaio com as amostras e a solução tampão foram recobertos por papel alumínio para padronizar a quantidade de luz recebida e acondicionados em agitador, com rotação de 180 rpm, durante uma (01) hora. Em seguida, retirou-se uma alíquota de 1 mL do extrato que foi agitado e adicionou-se em tubo de ensaio contendo 2 mL da solução tampão. Adicionou-se 1 mL de sulfanilamida (58 mmol L⁻¹) a 1% em HCl (2 mol L⁻¹) para a paralisação da reação e 1 mL de n- α -naftiletilenodiamina 0,01% que confere coloração ao nitrito, permitindo sua leitura.

A leitura de absorvância da reação foi feita em espectrofotômetro em comprimento de onda de 540 nm. A atividade da enzima é obtida pela quantidade de nitrito produzida na reação, que é obtida após os dados de absorvância serem comparados com aqueles da curva padrão de nitrito, preparada previamente com NaNO₂ 10 μ mol L⁻¹. Os resultados foram apresentados em μ mol de nitrito h⁻¹ g⁻¹ de massa de matéria fresca (MF) ou seca (MS).

- Rendimento e seus componentes

Foi determinado o número de vagens por planta, o número de grãos por vagem, a massa 100 grãos e a produção por hectare, corrigida para 130 g kg⁻¹ (13%) de umidade. Essas atividades foram realizadas no galpão de trilha na Embrapa Arroz e Feijão. Todos os dados foram submetidos à análise de variância, e quando foi observada significância pelo teste F, procedeu-se o teste Tukey a 5% de probabilidade, pelo software Assistat versão 7.5 beta 2010 (SILVA; AZEVEDO, 2002). Realizou-se análise de regressão aos dados quantitativos referentes aos níveis de N em cobertura, e quando da significância do teste F, os resultados foram apresentados na forma gráfica.

3.8 Experimento “6. Antecipação de nitrogênio em feijão no Sistema Plantio Direto – Santo Antônio de Goiás-GO”

Neste experimento foi utilizado o delineamento experimental de blocos completos casualizados, com parcelas subdivididas, com quatro repetições. Cada subparcela apresentava uma área total de 14,6 m² sendo considerada como área útil para a colheita 8,1 m². Os tratamentos constituíram-se da combinação de:

- Épocas de aplicação: antecipado e em cobertura, como tratamento principal e
- Níveis de N, na forma de uréia (sem N, 40, 80 e 120 kg ha⁻¹ de N), constituindo as subparcelas.

As atividades realizadas neste experimento são descritas na Tabela 12 e uma vista parcial é apresentada na Figura 13. As análises realizadas foram: (i) taxa de crescimento da cultura e (ii) rendimento e seus componentes, tendo sido feitas conforme descrito no Experimento 5 (Feijão em sucessão na palhada de milho com leguminosas – Santo Antônio de Goiás-GO).

Todos os dados foram submetidos à análise de variância, e quando observou significância pelo teste F, procedeu-se o teste Tukey a 5% de probabilidade, pelo software Assistat versão 7.5 beta 2010 (SILVA; AZEVEDO, 2002). Realizou-se análise de regressão aos dados quantitativos referentes aos níveis de N em cobertura, e quando da significância do teste F, os resultados foram apresentados na forma gráfica.

Tabela 12 – Épocas de realização das principais práticas culturais, amostragens e coletas no experimento “Antecipação de nitrogênio em feijão no Sistema Plantio Direto com quatro níveis de adubação” em Santo Antônio de Goiás-GO no inverno de 2009

(continua)

Evento	Data	Observação
Coleta de solo para caracterização química	18/05/2009	–
Dessecação	09/05/2009	Glyphosate 5L ha ⁻¹
Irrigação	16/05/2009	Autopropelido, lâmina 30 mm
Aplicação de herbicida	19/05/2009	Paraquat (“Gramoxone”), 1,5L ha ⁻¹
Semeadura do feijão	20/05/2009 (11 DAA*)	Cultivar BRS Radiante, espaçamento 0,45 m, densidade de 12 sementes m ⁻¹
Adubação de base	20/05/2009	Formulado 00-20-20, 400 kg ha ⁻¹ . Trator Agrale modelo 5085.4 e semeadora-adubadora Semeato modelo Personalle Drill 13
Tratamento de sementes com inseticida	20/05/2009	Tiametoxan (“Cruiser”), na dose de 150 g do produto comercial para 100 kg de sementes
Antecipação da adubação nitrogenada	22/05/2009	Uréia, nas respectivas doses, nas parcelas com nitrogênio antecipado
Irrigação	23/05/2009	Autopropelido, lâmina 20 mm
Emergência das plantas de feijão	27/05/2009 (7 DAS**)	V1
Irrigação	28/05/2009	Autopropelido, lâmina 20 mm
Irrigação	30/05/2009	Autopropelido, lâmina 20 mm
Irrigação	04/06/2009	Autopropelido, lâmina 20 mm
Irrigação	12/06/2009	Autopropelido, lâmina 20 mm

Tabela 12 – Épocas de realização das principais práticas culturais, amostragens e coletas no experimento “Antecipação de nitrogênio em feijão no Sistema Plantio Direto com quatro níveis de adubação” em Santo Antônio de Goiás-GO no inverno de 2009

(conclusão)

Evento	Data	Observação
Coleta de plantas para taxa de crescimento	16/06/2009 (20 DAE ^{***})	V4
Adubação nitrogenada em cobertura	16/06/2009 (20 DAE)	Uréia, nas respectivas doses, nas parcelas com nitrogênio em cobertura
Irrigação	16/06/2009	Autopropelido, lâmina 20 mm
Primeiro botão floral	20/06/2009 (24 DAE)	R5
Primeira flor aberta	23/06/2009 (27 DAE)	–
Irrigação	20/06/2009	Autopropelido, lâmina 20 mm
Irrigação	24/06/2009	Autopropelido, lâmina 20 mm
Irrigação	28/06/2009	Autopropelido, lâmina 20 mm
Florescimento pleno	01/07/2009	R6
Irrigação	01/07/2009	Autopropelido, lâmina 20 mm
Irrigação	05/07/2009	Autopropelido, lâmina 20 mm
Coleta de plantas para taxa de crescimento	08/07/2009 (42 DAE)	R7, duas plantas por subparcela
Irrigação	09/07/2009	Autopropelido, lâmina 20 mm
Irrigação	13/07/2009	Autopropelido, lâmina 20 mm
Irrigação	16/07/2009	Autopropelido, lâmina 20 mm
Coleta de plantas para componentes de produção	04/08/2009 (70 DAE)	Cinco plantas por parcela
Arranquio das parcelas de feijão	05/08/2009 (73 DAE)	–
Trilhagem do feijão	10 a 12/08/2009	–

*DAA: dias após a aplicação; **DAS: dias após a semeadura; ***DAE: dias após a emergência

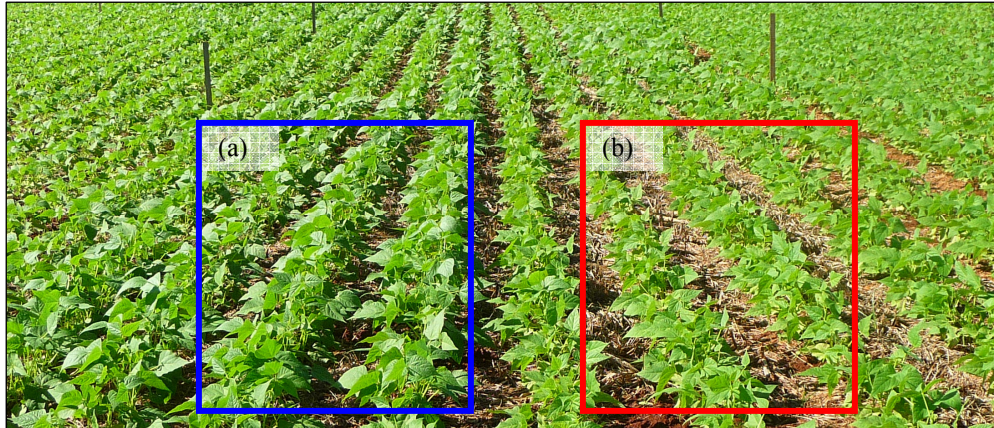


Figura 13 – Parcela adubada com 120 kg ha^{-1} de N dois dias após a semeadura (a) e parcela que adubada com 120 kg ha^{-1} de N aos 20 dias após a cobertura (b). Foto tirada no dia da adubação nitrogenada em cobertura. Santo Antônio de Goiás-GO

3.9 Experimento “7. Antecipação de nitrogênio em cultivares de feijão em duas palhadas de cobertura de solo – Santo Antônio de Goiás-GO”

Neste experimento foi utilizado o delineamento experimental de blocos completos casualizados, com quatro repetições, com parcelas subdivididas. Cada subparcela apresentava uma área total de $22,5 \text{ m}^2$ sendo considerada como área útil para a colheita $8,1 \text{ m}^2$. Os tratamentos constituíram-se da combinação de:

- Duas palhadas de cobertura do solo: soja e milho+*Brachiaria brizantha*, como tratamento principal;
- Cinco cultivares de feijão: BRS Radiante, BRS Pontal, BRS Estilo, BRS Esplendor e BRS Embaixador, constituindo as subparcelas e
- Manejo do nitrogênio: sem N, 80 kg ha^{-1} de N antecipado e 80 kg ha^{-1} de N em cobertura, constituindo as subsubparcelas.

As atividades do experimento são semelhantes àquelas descritas no Experimento 5 (Feijão em sucessão na palhada de milho com leguminosas – Santo Antônio de Goiás-GO), porém, as únicas avaliações realizadas foram: (i) teor de nitrato e amônio no solo, no cultivar BRS Embaixador; (ii) MSPA (13/07/2009 – 47 DAE) e (iii) rendimentos e seus componentes. Fotos deste experimentos são apresentadas na Figura 14. Para a realização da análise estatística

foi utilizado o software Assistat versão 7.5 beta 2010 (SILVA; AZEVEDO, 2002) para análise de variância, sendo aplicado o teste Tukey, a 5% de probabilidade, quando houve significância entre os tratamentos.

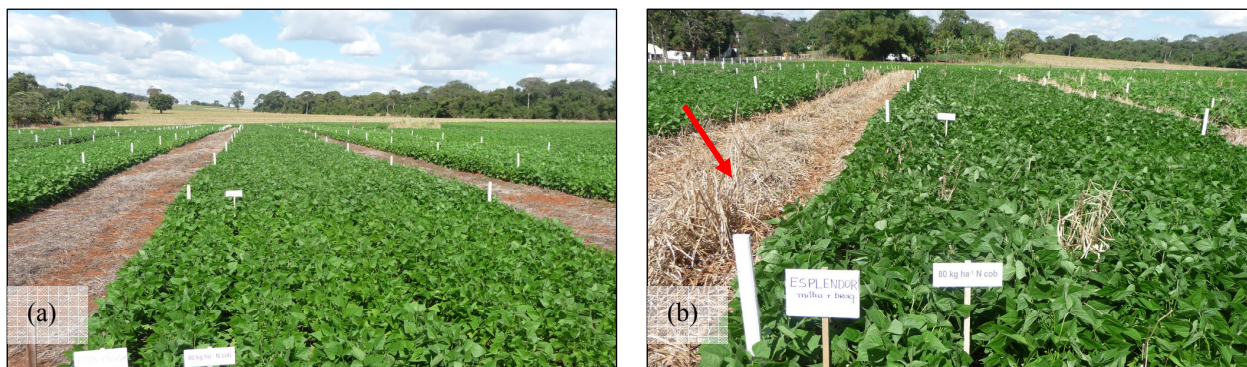


Figura 14 – Feijão cv. BRS Esplendor sobre palhada de soja (a) e de milho+*Brachiaria brizantha* (b), em que a seta destaca a altura da palhada não triturada. Santo Antônio de Goiás-GO

3.10 Experimento “8. Métodos de aplicação de nitrogênio em feijão no Sistema Plantio Direto – Santo Antônio de Goiás-GO”

Neste experimento foi utilizado o delineamento experimental de blocos completos casualizados, com parcelas subdivididas, com quatro repetições. Cada subparcela apresentava uma área total de 18,9 m² sendo considerada como área útil para a colheita 10,1 m². Os tratamentos constituíram-se da combinação de:

- Três métodos de aplicação do fertilizante: a lanço em área total, na linha superficial e na linha incorporado, como tratamento principal e
- Níveis de N, na forma de uréia (sem N, 40, 80 e 120 kg ha⁻¹ de N) constituindo as subparcelas.

As atividades do experimento são semelhantes àquelas descritas no Experimento 5 (Feijão em sucessão na palhada de milho com leguminosas – Santo Antônio de Goiás-GO), com as seguintes ressalvas: não houve antecipação do N e as únicas avaliações realizadas foram (i) MSPA (13/07/2009 – 47 DAE) e (ii) rendimento e seus componentes. Para a análise estatística foi utilizado o software Assistat versão 7.5 beta 2010 (SILVA; AZEVEDO, 2002) para análise de variância, sendo aplicado o teste Tukey a 5% de probabilidade. Realizou-se análise de regressão

aos dados quantitativos referentes aos níveis de N em cobertura, e quando da significância do teste F, os resultados foram apresentados na forma gráfica.

3.11 Experimento “9. Manejo do nitrogênio no milho em sucessão ao feijão – Santo Antônio de Goiás-GO”

Neste experimento foi utilizado o delineamento experimental de blocos completos casualizados com parcelas subdivididas, com quatro repetições. Cada subparcela apresentava uma área total de 14,6 m² sendo considerada como área útil para a colheita de 8,1 m². Os tratamentos constituíram-se das palhadas proporcionadas pelo Experimento 1 da safra de verão anterior (Milho consorciado com leguminosas – Santo Antônio de Goiás-GO), sendo que no inverno, nesta mesma área, foi realizado o Experimento 5 (Feijão em sucessão a palhada de milho com leguminosas). Assim, os tratamentos são a combinação das palhadas apresentadas a seguir e dos níveis de adubação nitrogenada em cobertura, na forma de uréia, constituindo as subparcelas: sem N; 40 kg ha⁻¹ de N; 80 kg ha⁻¹ de N e 120 kg ha⁻¹ de N.

- T1: Monocultivo de milho - sem N
- T2: Monocultivo de milho - 30 kg ha⁻¹ de N
- T3: Monocultivo de milho - 60 kg ha⁻¹ de N
- T4: Monocultivo de milho - 90 kg ha⁻¹ de N
- T5: Milho consorciado com guandu-anão - sem N
- T6: Milho consorciado com guandu-anão - 90 kg ha⁻¹ de N
- T7: Milho consorciado com crotalária - sem N
- T8: Milho consorciado com crotalária - 90 kg ha⁻¹ de N

As atividades realizadas neste experimento são descritas na Tabela 13.

Nesse experimento avaliou-se somente a produtividade do milho, sendo que as espigas foram colhidas manualmente e trilhadas em batidora de cereais Nux modelo BC 80 III e realizou-se o ajuste da massa de grãos das parcelas para 130 g kg⁻¹ (13%) de umidade. Para a análise estatística foi utilizado o software Assistat versão 7.5 beta 2010 (SILVA; AZEVEDO, 2002) para análise de variância, sendo aplicado o teste de média Tukey a 5% de probabilidade.

Realizou-se análise de regressão aos dados quantitativos referentes aos níveis de N em cobertura, e quando da significância do teste F, os resultados foram apresentados na forma gráfica.

Tabela 13 – Épocas de realização das principais práticas culturais, amostragens e coletas no experimento “Manejo do nitrogênio no milho em sucessão ao feijão” em Santo Antônio de Goiás-GO no verão de 2009/2010

Evento	Data	Observação
Dessecação	10/09/2009	Glyphosate 0,7 L ha ⁻¹ + Paraquat 2 L ha ⁻¹
Semeadura do milho	17/09/2009 (7 DAA*)	Híbrido AG 2040, espaçamento 0,45 m, densidade de 4 sementes m ⁻¹
Adubação de base	17/09/2009	Formulado 05-30-15, 350 kg ha ⁻¹ . Trator Agrale modelo 5085.4 e semeadora-adubadora Semeato modelo Personalle Drill 13
Irrigação	18/09/2009	Autopropelido, lâmina de 25 mm
Emergência das plantas de milho	24/09/2009 (7 DAS**)	–
Adubação nitrogenada em cobertura	14/10/2009	Uréia, nas respectivas doses
Aplicação de inseticida	17/10/2009	Controle de lagarta-do-cartucho (<i>Spodoptera frugiperda</i>), metomil (“Lannate BR”) 300 mL ha ⁻¹ + benzocreol 500 mL ha ⁻¹
Leitura da altura de inserção das espigas	16 e 17/03/2010	–
Colheita do milho	16 e 17/03/2010	–

*DAA: dias após a aplicação; **DAS: dias após a semeadura; ***DAE: dias após a emergência

3.12 Experimento “10. Antecipação de nitrogênio em milho no Sistema Plantio Direto – Santo Antônio de Goiás-GO”

Neste experimento foi utilizado o delineamento experimental de blocos completos casualizados, com parcelas subdividas, com quatro repetições. Cada subparcela apresentava área total de 14,6 m² e área útil de colheita de 8,1 m². Os tratamentos constituíram-se de:

- Épocas de aplicação: antecipado e em cobertura, como tratamento principal e
- Níveis de N, na forma de uréia (sem N, 40, 80 e 120 kg ha⁻¹ de N), constituindo as subparcelas.

As atividades realizadas neste experimento são descritas na Tabela 14.

Neste experimento avaliou-se somente a produtividade do milho, sendo que as espigas foram colhidas manualmente e trilhadas em batidora de cereais Nux modelo BC 80 III, realizando-se a correção da massa de grãos para 130 g kg^{-1} (13%) de umidade.

Para a análise estatística foi utilizado o software Assistat versão 7.5 beta 2010 (SILVA; AZEVEDO, 2002) para análise de variância, sendo aplicado o teste Tukey, a 5% de probabilidade. Realizou-se análise de regressão aos dados quantitativos referentes aos níveis de N em cobertura, e quando da significância do teste F, os resultados foram apresentados na forma gráfica.

Tabela 14 – Épocas de realização das principais práticas culturais, amostragens e coletas no experimento “Antecipação de nitrogênio no milho no Sistema Plantio Direto” em Santo Antônio de Goiás-GO no verão de 2009/2010

Evento	Data	Observação
Dessecação	10/09/2009	Glyphosate $0,7 \text{ L ha}^{-1}$ + Paraquat 2 L ha^{-1}
Semeadura do milho	17/09/2009 (7 DAA*)	Híbrido AG 2040, espaçamento 0,45 m, densidade de 4 sementes m^{-1}
Adubação de base	17/09/2009	Formulado 05-30-15, 350 kg ha^{-1} . Trator Agrale modelo 5085.4 e semeadora-adubadora Semeato modelo Personalle Drill 13
Irrigação	18/09/2009	Autopropelido, lâmina de 25 mm
Emergência das plantas de milho	24/09/2009 (7 DAS**)	–
Antecipação da adubação nitrogenada	24/09/2009	Uréia, nas respectivas doses, nas parcelas com antecipação de nitrogênio
Adubação nitrogenada em cobertura	14/10/2009	Uréia, nas respectivas doses, nas parcelas com adubação nitrogenada em cobertura
Aplicação de inseticida	17/10/2009	Controle de lagarta-do-cartucho (<i>Spodoptera frugiperda</i>), metomil (“Lannate BR”) 300 mL ha^{-1} + benzocreol 500 mL ha^{-1}
Leitura da altura de inserção das espigas	16 e 17/03/2010	–
Colheita do milho	16 e 17/03/2010	–

*DAA: dias após a aplicação; **DAS: dias após a semeadura; ***DAE: dias após a emergência

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao todo foram conduzidos 10 experimentos com as culturas do milho e do feijão. Desse total, realizaram-se quatro experimentos com milho na safra de verão de 2008/2009 e dois em 2009/2010. Os quatro experimentos com feijoeiro foram conduzidos na safra de inverno de 2009. Nos experimentos com milho objetivou-se avaliar o consórcio com *Brachiaria brizantha* ou espécies de adubos verdes, visando o suprimento de nitrogênio (N) para a cultura sucessora. Nos experimentos com feijão, o objetivo principal foi avaliar o desempenho da cultura em razão do manejo do N, tanto proveniente da adubação verde como do fertilizante mineral em cobertura. Assim, os resultados e discussões serão apresentados cronologicamente.

4.1 Experimento “1. Milho consorciado com leguminosas – Santo Antônio de Goiás-GO”

Este experimento foi idealizado para testar a hipótese “(a) as espécies guandu-anão (*Cajanus cajan*) e crotalária (*Crotalaria spectabilis*) disponibilizarão nitrogênio para o milho, em tempo hábil para o seu aproveitamento, graças à capacidade dessas leguminosas de promover mutualismo eficiente e pelas espécies estarem cultivadas em consórcio”.

Observou-se que no monocultivo de milho (híbrido BRS 1035), houve resposta significativa às doses crescentes de N, em que as maiores produtividades de grãos foram obtidas com o fornecimento de 90 kg de N ha⁻¹. A produtividade no monocultivo com aplicação de 90 kg de N ha⁻¹ foi semelhante àquela obtida no consórcio com guandu-anão que recebeu a mesma dose de N (Tabela 15). Com base nesses resultados, desde que a demanda do milho por N seja suprida pelo fertilizante mineral, a consorciação com o guandu-anão não interfere na produtividade do milho. O mesmo, porém, não foi observado no consórcio com crotalária e 90 kg ha⁻¹ de N, em que verificou-se uma redução de 12% da produtividade, quando comparada com o monocultivo de milho com a mesma dose de N. Essas constatações rejeitam a hipótese de que as leguminosas supririam parte ou toda a necessidade de N do milho, pois nos cultivos com leguminosas a produtividade foi semelhante ao monocultivo de milho, na ausência de N. Apesar disso, o consórcio com guandu-anão com 90 kg de N ha⁻¹ pode ser considerado viável, uma vez que não diminuiu a produtividade de grãos. Heinrichs et al. (2005) também verificaram que o consórcio de milho com mucuna anã, guandu-anão, crotalária (*C. spectabilis*) e feijão-de-porco

proporcionou produtividade semelhante ao monocultivo de milho no primeiro ano, da ordem de 5.970 kg ha⁻¹. Ressalta-se, no entanto, que na presente pesquisa, a presença da crotalária no consórcio prejudicou a produtividade do milho, mesmo quando foi aplicado 90 kg ha⁻¹ de N (Tabela 15). Tal constatação é atribuída à competição, seja por luz, água ou até mesmo por algum efeito alelopático.

Em estudo realizado no Kenya, por Rao e Mathuva (2000), apesar da produtividade média do milho no referido experimento da ordem de 2.500 kg ha⁻¹, inferior aos observados na presente pesquisa, a consorciação com guandu-anão proporcionou, ao término da sexta safra consecutiva, um aumento de 23% da produtividade de grãos de milho, de 2.460 kg ha⁻¹ do monocultivo para 3.050 kg ha⁻¹ no consórcio, mesmo na ausência de adubação durante as safras. Nunes et al. (2006a) avaliaram o benefício do consórcio na qualidade fisiológica de sementes de milho e verificaram que o consórcio com guandu-anão, na ausência de N mineral, aumentou o vigor das sementes, de modo que essa prática pode ser uma importante ferramenta na produção de sementes.

Tabela 15 – Altura de inserção de espigas, número de espigas por planta e produtividade de milho, híbrido BRS 1035, em monocultivo e consorciado com leguminosas no verão de 2008/2009. Santo Antônio de Goiás-GO¹

Cultivo	Altura de inserção de espigas (cm)	Espigas planta⁻¹	Produtividade de grãos (kg ha⁻¹)
Monocultivo de milho - sem N	96 cd	0,98 a	4.164 ed
Monocultivo de milho - 30 kg ha ⁻¹ de N ²	106 bc	0,98 a	4.907 c
Monocultivo de milho - 60 kg ha ⁻¹ de N	114 ab	0,99 a	5.501 b
Monocultivo de milho - 90 kg ha ⁻¹ de N	121 a	1,01 a	6.251 a
Milho + guandu-anão - sem N	96 cd	0,96 a	4.263 d
Milho + guandu-anão - 90 kg ha ⁻¹ de N	107 bc	0,99 a	5.976 ab
Milho + crotalária - sem N	88 d	0,93 a	3.665 e
Milho + crotalária - 90 kg ha ⁻¹ de N	108 b	0,97 a	5.482 b
<i>CV (%)</i>	<i>5,28</i>	<i>4,44</i>	<i>5,10</i>
<i>DMS</i>	<i>11,4</i>	<i>0,09</i>	<i>530</i>

¹ Médias seguidas de mesma letra minúscula, entre cultivos, não diferem entre si pelo teste Tukey 5%.

² Nitrogênio, na forma de uréia, aplicado aos 20 dias após a emergência do milho.

A altura da inserção da espiga foi menor no milho em monocultivo quando foi aplicada dose inferior a 60 kg ha⁻¹ de N (Tabela 15). Fato semelhante ocorreu no milho consorciado, mesmo com o fornecimento de 90 kg ha⁻¹ de N. Esses resultados indicam que a

altura da inserção de espiga depende de N e do sistema de produção (consórcio). Porém, não é conhecido como tais fatores afetam a altura de inserção de espiga.

A produção média de massa de matéria seca (MS) de guandu-anão no consórcio com milho foi igual a 910 kg ha⁻¹, enquanto para a crotalária observou-se uma média de 599 kg ha⁻¹, também em consórcio com milho (Tabela 16). Esse resultado é promissor, pois o cultivo de milho consorciado com guandu-anão associado ao fornecimento de 90 kg de N ha⁻¹ não afetou a produção de grãos e, ainda, proporcionou maior quantidade de MS pela leguminosa, o que é desejável para a cobertura do solo no Sistema Plantio Direto (SPD). Em termos comparativos, Heinrichs et al. (2005) obtiveram produção média de MS de guandu-anão e crotalária de 537 kg ha⁻¹ e 620 kg ha⁻¹, respectivamente, em consórcio simultâneo com o milho. Os dados de MS das leguminosas em consórcio são inferiores à produção de matéria seca em monocultivo, conforme relatadas na literatura, em que o guandu produziu 12.600 kg ha⁻¹ (AMABILE; FANCELLI; CARVALHO, 2000) e 15.700 kg ha⁻¹ (BRAZ; KLIEMANN; SILVEIRA, 2005). Esses dados de MS de guandu em monocultivo foram obtidos em condições de semeadura no início do período de chuvas e avaliação aos 127 e 123 dias após a emergência, respectivamente.

Tabela 16 – Massa da matéria seca (MS) de guandu-anão (*Cajanus cajan*) e crotalária (*Crotalaria spectabilis*) cultivados em consórcio com milho, no momento da colheita de grãos de milho, verão de 2008/2009. Santo Antônio de Goiás-GO¹

Cultivo	Guandu-anão ou crotalária		
	MS (kg ha ⁻¹)		
	Linha (L)	Entrelinhas (EL)	L+ EL
Milho+guandu-anão - sem N	507 a	432 a	939 a
Milho+guandu-anão - 90 kg ha ⁻¹ de N ²	456 a	426 a	881 a
Milho+crotalária - sem N	347 b	273 b	619 b
Milho+crotalária - 90 kg ha ⁻¹ de N	311 b	268 b	579 b
<i>CV (%)</i>	<i>9,14</i>	<i>8,72</i>	<i>6,99</i>
<i>DMS</i>	<i>69,5</i>	<i>57,2</i>	<i>98,9</i>

¹ Médias seguidas de mesma letra minúscula, entre cultivos, não diferem entre si pelo teste Tukey 5%.

² Nitrogênio, na forma de uréia, aplicado aos 20 dias após a emergência do milho.

O milho apresentou comportamento característico de índice de área foliar (IAF) ao longo do tempo (Figura 15a, Tabela 17), em que foi possível identificar o rápido crescimento que se deu até o período do florescimento, diminuindo a partir dessa fase, independentemente do tratamento. Os valores máximos obtidos de IAF foram iguais a 2,2 e 3,1 m² m⁻², determinados entre 57 e 61 dias após a emergência (DAE). Esses valores são inferiores aos encontrados na

literatura, uma vez que Braz, Kliemann e Silveira (2005) obtiveram valor máximo de IAF do milho igual a $3,77 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$, obtido aos 60 DAE. Oliveira (2009) observou IAF próximo de $6,0 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$, para milho cultivado sobre palhada de feijão, seguido de $5,0 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$ em palhada de milheto, e $4,5 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$ sobre *Brachiaria*. Esses três últimos valores de IAF foram obtidos ao redor dos 65 DAE.

A análise de crescimento do milho também revelou que quando consorciado com leguminosas, a cultura tem o IAF reduzido comparativamente ao monocultivo com aplicação de 90 kg ha^{-1} de N (Figura 15a). No consórcio, o guandu-anão apresentou IAF máximo de $2,5 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$, tanto nas linhas quanto nas entrelinhas de milho, sendo inferior ao seu monocultivo, em que verificou-se IAF de $3,0 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$. O valor de IAF observado na presente pesquisa para o monocultivo de guandu é inferior ao observado por Braz, Kliemann e Silveira (2005), $3,9 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$. Em relação à crotalária, constatou-se comportamento diferenciado do guandu-anão, uma vez que houve diferença para o IAF máximo quando cultivada nas linhas ($11,7 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$) e nas entrelinhas ($9,2 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$) do milho, enquanto em monocultivo foi igual a $13,9 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$. O alto valor de IAF determinado para crotalária semeada nas linhas de milho indicam o seu potencial competitivo.

A MSPA de guandu e crotalária em monocultivo, semeados nas linhas e entrelinhas de milho (Figura 16a,b) apresentaram o mesmo comportamento observados na Figura 15, não sendo possível distinguir diferença para produção de MS da parte aérea de guandu semeado na linha ou na entrelinha de milho. Em relação à crotalária é possível identificar diferentes comportamentos para a produção de MS da parte aérea quando semeada nas linhas, nas entrelinhas ou em monocultivo da mesma forma que foi observado para o IAF.

A produção de MS da parte aérea de guandu aos 90 DAE do milho são da ordem de 200 kg ha^{-1} (Tabela 18; Figura 16b) que aumentou para uma média de 910 kg ha^{-1} (Tabela 16), no momento da colheita do milho, em decorrência da maior insolação proporcionada pela maturação do milho. No entanto, tal comportamento não ocorreu com a crotalária, cujo valor médio da MS da parte aérea aos 90 DAE do milho que era da ordem de 800 kg ha^{-1} diminuiu para uma média de 599 kg ha^{-1} nos meses subsequentes que coincidem com a maturação do milho e a entrada de luz no dossel das leguminosas. Tal comportamento, provavelmente, se deve à senescência natural das folhas e pela estagnação do crescimento como indica o IAF aos 90 DAE (Figura 15c) comparativamente à tendência de crescimento apresentada pelo guandu-anão (Figura 15b).

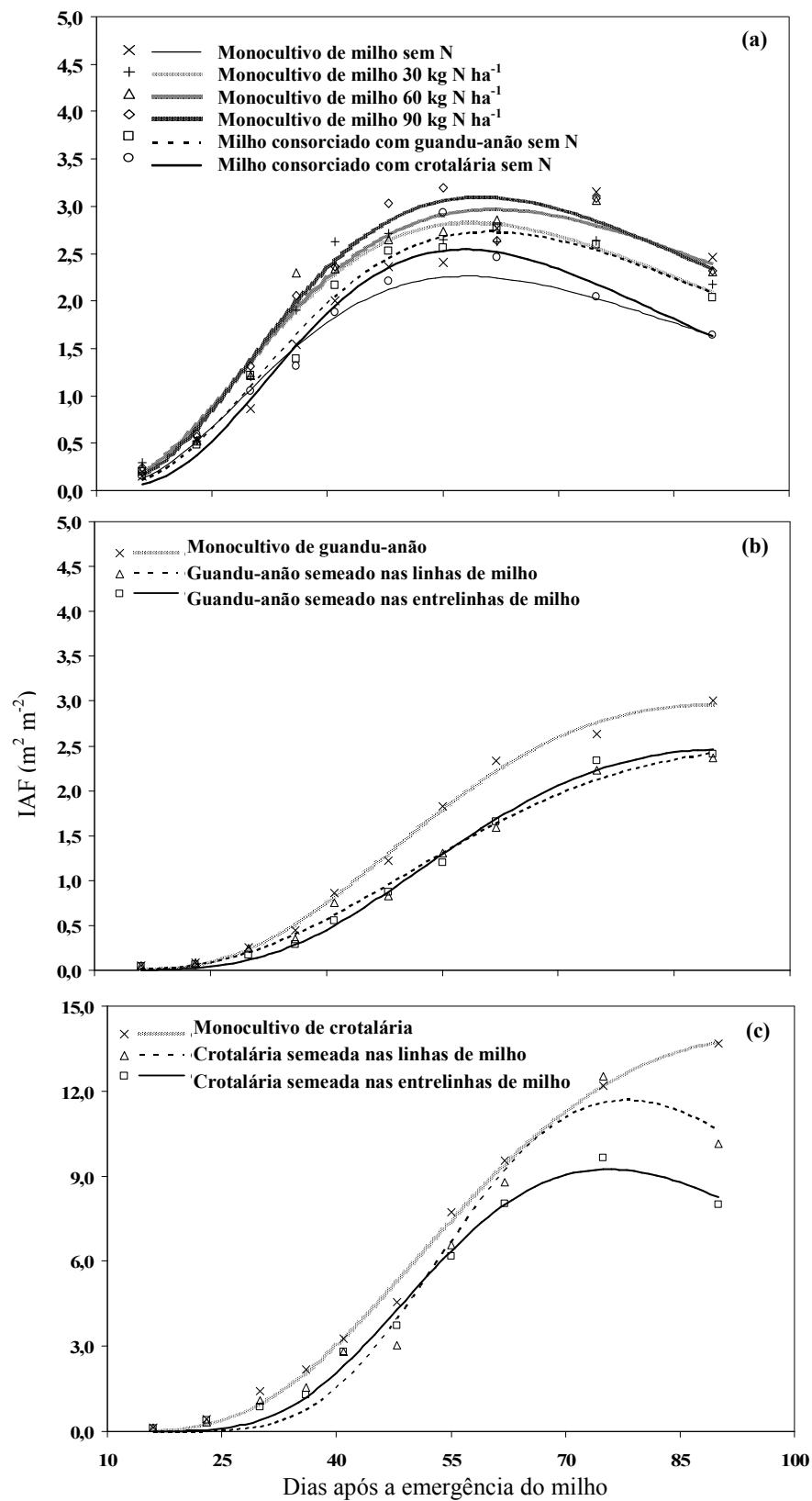


Figura 15 – Índice de área foliar (IAF) de milho (a), guandu-anão (b) e crotalária (c) em monocultivo e em consórcio, verão de 2008/2009. Santo Antônio de Goiás-GO

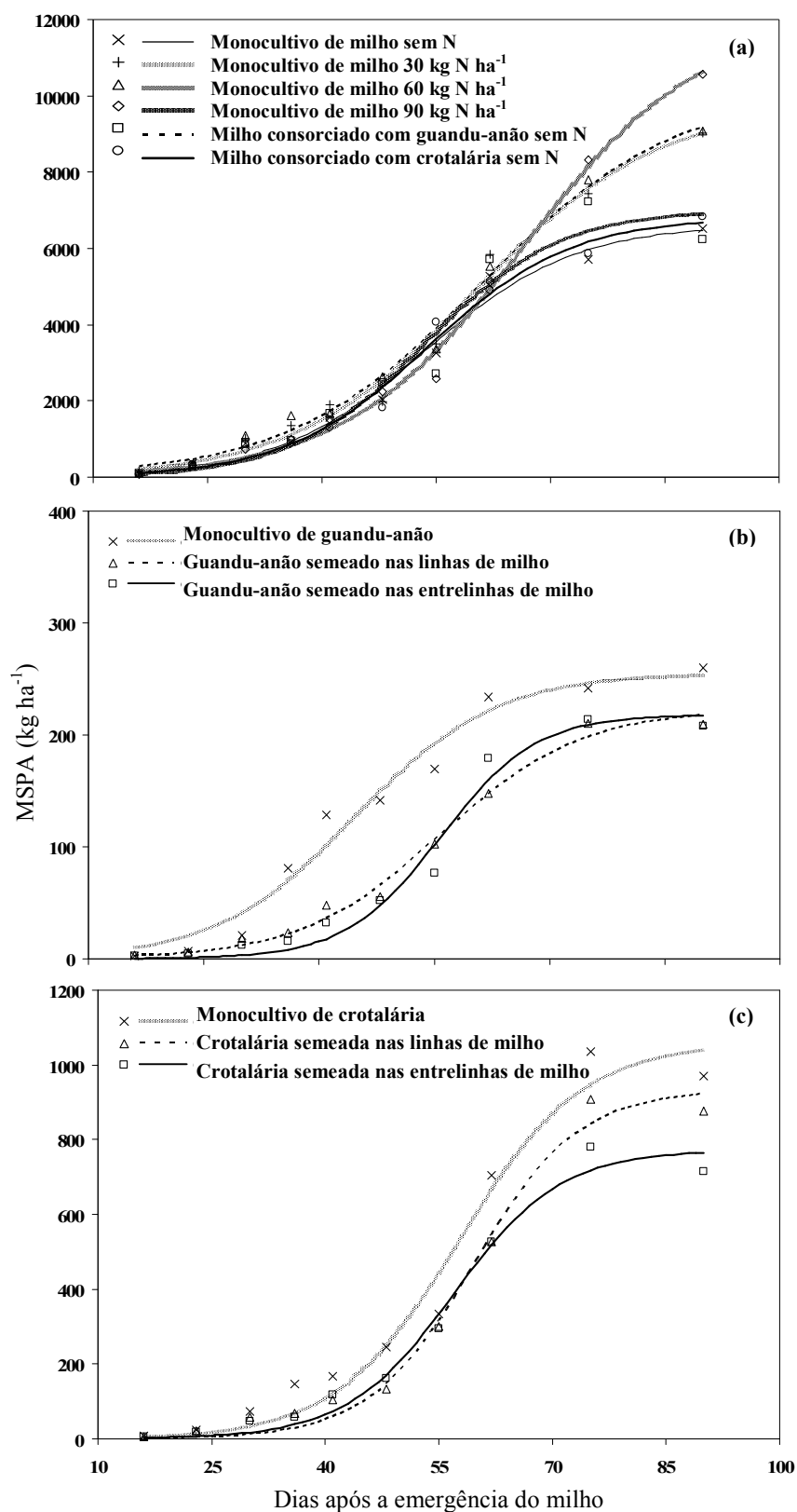


Figura 16 – Massa de matéria seca da parte aérea (MSPA) de milho (a), guandu-anão (b) e crotalária (c) em monocultivo e em consórcio, verão de 2008/2009. Santo Antônio de Goiás-GO

Tabela 17 – Coeficientes estimados de índice de área foliar de milho, guandu-anão e crotalária referentes ao “Experimento 1. Milho consorciado com leguminosas – Santo Antônio de Goiás-GO”, verão de 2008/2009

Cultivo	Índice de área foliar de milho					
	Coeficiente estimado ¹			Erro padrão		
	a (m ² .m ⁻²)	b (DAE)	c	a (m ² .m ⁻²)	b (DAE)	c
Monocultivo de milho - sem N	2,261**	58,210**	0,540**	0,079	1,830	0,038
Monocultivo de milho - 30 kg ha ⁻¹ de N ²	2,829**	58,781**	0,552**	0,098	1,948	0,040
Monocultivo de milho - 60 kg ha ⁻¹ de N	2,971**	61,735**	0,576**	0,108	2,541	0,048
Monocultivo de milho - 90 kg ha ⁻¹ de N	3,100**	60,021**	0,543**	0,115	2,126	0,042
Milho+guandu-anão - sem N	2,730***	61,162***	0,526**	0,071	1,492	0,028
Milho+crotalária - sem N	2,544**	57,739**	0,469**	0,118	1,863	0,039
	Índice de área foliar de guandu-anão					
Monocultivo de guandu-anão - sem N	2,962**	89,980**	0,490**	0,080	3,990	0,030
Guandu-anão na linha do milho - sem N	2,478***	101,687***	0,543**	0,161	10,062	0,057
Guandu-anão na entrelinha do milho - sem N	2,462**	91,753**	0,450**	0,073	4,073	0,029
	Índice de área foliar de crotalária					
Monocultivo de crotalária - sem N	13,896**	97,327**	0,509**	0,527	5,643	0,035
Crotalária na linha do milho - sem N	11,682***	77,988***	0,331**	0,584	2,881	0,035
Crotalária na entrelinha do milho - sem N	9,238**	75,599**	0,368**	0,274	1,782	0,023

¹“a” refere-se máximo valor de IAF; “b” ao número de dias após a emergência do milho em que “a” ocorre e “c” ao parâmetro empírico referente à forma da curva

²Nitrogênio, na forma de uréia, aplicado aos 20 dias após a emergência do milho.

*** significativo a 1% e ** a 5%.

Tabela 18 – Coeficientes estimados de massa de matéria seca da parte aérea de milho, guandu-anão e crotalária referentes ao “Experimento 1. Milho consorciado com leguminosas – Santo Antônio de Goiás-GO”, verão de 2008/2009

Cultivo	Massa de matéria seca da parte aérea de milho					
	Coeficiente estimado ¹			Erro padrão		
	a (kg ha ⁻¹)	b (DAE)	c	a (kg ha ⁻¹)	b (DAE)	c
Monocultivo de milho - sem N	6.637,309**	53,574**	9,788**	366,631	1,859	1,342
Monocultivo de milho - 30 kg ha ⁻¹ de N ²	9.751,203**	60,136**	1,877**	655,649	2,426	1,461
Monocultivo de milho - 60 kg ha ⁻¹ de N	10.111,549**	60,932**	12,626**	576,355	2,116	1,215
Monocultivo de milho - 90 kg ha ⁻¹ de N	12.115,109**	66,537**	11,812**	786,920	2,228	1,158
Milho+guandu-anão - sem N	7.037,696**	53,648**	8,816*	635,517	2,879	2,141
Milho+crotalária - sem N	6.812,348**	53,851***	9,333*	351,089	1,690	1,234
	Massa de matéria seca da parte de guandu-anão					
Monocultivo de guandu-anão - sem N	255,608**	44,915**	9,084*	14,926	2,009	1,591
Guandu-anão na linha do milho - sem N	223,194**	55,968***	9,108**	9,051	1,299	0,941
Guandu-anão na entrelinha - sem N	218,237**	55,843***	6,123*	12,157	1,454	1,192
	Massa de matéria seca da parte de crotalária					
Monocultivo de crotalária - sem N	1.059,854**	57,668**	8,133*	75,744	2,146	1,602
Crotalária na linha do milho - sem N	934,007**	58,646***	6,910**	43,667	1,293	1,011
Crotalária na entrelinha do milho - sem N	772,713**	56,924***	7,062**	38,092	1,379	1,091

¹“a” refere-se ao máximo valor de MSPA; “b” ao número de dias após a emergência do milho em que “a” ocorre e “c” à inclinação da curva.

²Nitrogênio, na forma de uréia, aplicado aos 20 dias após a emergência do milho.

*** significativo a 1%, ** a 5% e * a 10%.

4.2 Experimento “2. Milho consorciado com leguminosas – Ipameri-GO”

Este experimento foi realizado para testar hipótese “(a) as espécies guandu-anão (*Cajanus cajan*) e crotalária (*Crotalaria spectabilis*) disponibilizarão nitrogênio para o milho, em tempo hábil para o seu aproveitamento, graças à capacidade dessas leguminosas de promover mutualismo eficiente e pelas espécies estarem cultivadas em consórcio”.

A máxima produtividade de milho (híbrido BRS 1035) foi obtida nos monocultivos com a aplicação de 60 e 90 kg ha⁻¹ de N e nos consórcios com guandu-anão, crotalária ou *Brachiaria brizantha*, quando receberam 90 kg ha⁻¹ de N (Tabela 19). As menores produtividades foram obtidas quando não houve aplicação de N, mesmo quando consorciado com as leguminosas. Esses resultados são semelhantes aos obtidos no Experimento 1 (Milho consorciado com leguminosas – Santo Antônio de Goiás) reforçando a tese de que o consórcio do milho com leguminosas é viável, desde que a necessidade de N do milho seja suprida por fertilizante mineral. Os resultados do presente experimento corroboram aqueles observados por Heinrichs et al. (2005). A produtividade obtida para consorciação simultânea de milho com *Brachiaria*, em que se observou 6.337 kg ha⁻¹, corroboram os resultados por Kluthcouski e Aidar (2003), Tsumanuma (2004), Borghi e Crusciol (2007) e Almeida (2008).

A altura de inserção de espigas no presente experimento não foi influenciada pelas doses de N tampouco pelo uso do consórcio, não corroborando a afirmação feita com base nos dados do Experimento 1. Em relação ao número de espigas por plantas houve um confundimento entre os tratamentos de difícil explicação biológica.

A produção de MS da parte aérea das leguminosas decresceu com o aumento do intervalo entre a sua semeadura e a do milho, ou seja, quanto mais tardiamente implantada a leguminosa no consórcio, menor a produção de fitomassa da parte aérea (Tabela 20). Resultados semelhantes foram observados por Heinrichs et al. (2005), em que o consórcio estabelecido aos 30 DAE do milho reduziu para menos da metade a produção de MS de guandu-anão e crotalária.

Todos os consórcios, exceto aqueles implantados aos 15 DAE do milho, proporcionaram produção de MS acima de 1.200 kg ha⁻¹, em que observou-se média de 2.660 kg ha⁻¹ de MS de guandu-anão, nas três condições de consorciação. Destaca-se, ainda, que o consórcio simultâneo com crotalária e sem N apresentou a maior produção de MS isoladamente

(3.812 kg ha⁻¹ de MS). No entanto, nesta mesma condição verificou-se a menor produtividade de grãos de milho (Tabela 19).

Tabela 19 – Altura de inserção de espiga, número de espigas por planta e produtividade do milho, híbrido BRS 1035, em monocultivo e em consórcio com guandu-anão (*Cajanus cajan*), crotalária (*Crotalaria spectabilis*) e *Brachiaria brizantha*, verão de 2008/2009. Ipameri-GO¹

Cultivo	Altura da inserção de espiga (cm)	Espigas planta ⁻¹	Produtividade de grãos (kg ha ⁻¹)
Monocultivo de milho - sem N	134 abc	0,88 cd	4.584 cd
Monocultivo de milho - 30 kg ha ⁻¹ de N ²	134 abc	0,99 abcd	5.326 b
Monocultivo de milho - 60 kg ha ⁻¹ de N	132 abc	1,08 ab	6.319 a
Monocultivo de milho - 90 kg ha ⁻¹ de N	136 abc	1,09 a	6.665 a
Milho + guandu-anão simultâneo - sem N	124 bc	1,00 abcd	4.678 cd
Milho + guandu-anão 10 DAE - sem N	128 abc	0,98 abcd	4.728 cd
Milho + guandu-anão 15 DAE - sem N	132 abc	1,00 abc	4.784 bcd
Milho + crotalária simultâneo - sem N	124 bc	0,88 cd	4.272 d
Milho + crotalária 10 DAE - sem N	131 abc	0,96 bcd	4.642 cd
Milho + crotalária 15 DAE - sem N	126 abc	0,87 d	4.635 cd
Milho+crotalária+ <i>Brachiaria</i> simultâneo - sem N	125 bc	0,95 cd	4.860 bc
Milho+guandu-anão+ <i>Brach.</i> Simultâneo - sem N	122 c	0,97 abcd	4.784 bcd
Milho+ <i>Brachiaria</i> simult. - 90 kg ha ⁻¹ N	130 abc	1,00 abcd	6.337 a
Milho + guandu-anão - 90 kg ha ⁻¹ de N	138 ab	0,98 abcd	6.631 a
Milho + crotalária - 90 kg ha ⁻¹ de N	141 a	0,99 abcd	6.271 a
<i>CV (%)</i>	<i>5,17</i>	<i>5,79</i>	<i>4,75</i>
<i>DMS</i>	<i>15,1</i>	<i>0,13</i>	<i>565</i>

¹Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância.

²Nitrogênio, na forma de uréia, aplicado aos 17 dias após a emergência do milho.

A consorciação de milho com *B. brizantha* quando aplicou-se 90 kg N ha⁻¹ não afetou a produtividade de grãos da cultura principal. O consórcio propiciou uma produção de MS da parte aérea da *Brachiaria* igual a 3.194 kg ha⁻¹ no momento da colheita do milho (Tabela 21). No triplo consórcio (milho, *Brachiaria* e guandu-anão ou crotalária sem N mineral) a produção de MS da *Brachiaria* foi, em média, igual a 1.800 kg ha⁻¹. Os resultados de MS de *Brachiaria* obtidos no presente experimento corroboram os encontrados por Portes et al. (2000), os quais observaram competitividade das culturas de milho, sorgo e milheto na presença de *B. brizantha* consorciada com essas culturas. Neste trabalho, os autores verificaram que a produção de MS da *Brachiaria* não ultrapassou 3.000 kg ha⁻¹, enquanto no monocultivo obtiveram 19.580 kg ha⁻¹.

No consórcio triplo observou que a presença da crotalária na linha afetou a fitomassa de *Brachiaria* (435 kg ha⁻¹ de MS) comparativamente àquela que esteve presente guandu-anão (639 kg ha⁻¹ de MS). Por outro lado, não foi constatada diferença para a produção de MS de parte aérea de *Brachiaria* presente nas entrelinhas do milho.

Tabela 20 – Massa de matéria seca (MS) de guandu-anão (*Cajanus cajan*) e crotalária (*Crotalaria spectabilis*) consorciados com milho, verão de 2008/2009. Ipameri-GO¹

Cultivo	Guandu-anão ou Crotalária		
	MS (kg ha ⁻¹)		
	Linhas (L)	Entrelinhas (EL)	L + EL
Milho + guandu-anão simultâneo - sem N	903 bc	1.982 bc	2.885 b
Milho + guandu-anão 10 DAE - sem N	767 c	1.260 de	2.027 c
Milho + guandu-anão 15 DAE - sem N	132 f	234 g	366 f
Milho + crotalária simultâneo - sem N	1.155 a	2.657 a	3.812 a
Milho + crotalária 10 DAE - sem N	360 de	883 ef	1.243 de
Milho + crotalária 15 DAE - sem N	188 ef	594 fg	783 ef
Milho+crotalária+ <i>Brachiaria</i> . simultâneo - sem N	255 def	1.270 de	1.525 d
Milho+guandu-anão+ <i>Brachiaria</i> simultâneo - sem N	433 d	2.104 b	2.536 b
Milho + guandu-anão - 90 kg ha ⁻¹ de N ²	844bc	1.720 bc	2.564 b
Milho + crotalária - 90 kg ha ⁻¹ de N	991 ab	1.662 cd	2.653 b
<i>CV (%)</i>	15,5	14,3	10,7
<i>DMS</i>	198	439	467

¹Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância.

²Nitrogênio, na forma de uréia, aplicado aos 17 dias após a emergência do milho.

Tabela 21 – Massa da matéria seca (MS) da *Brachiaria brizantha* no consórcio com milho e leguminosas no verão de 2008/2009. Ipameri-GO¹

Cultivo	MS (kg ha ⁻¹)		
	Linha (L)	Entrelinha (EL)	L+ EL
Milho+guandu-anão+ <i>Brachiaria</i> simultâneo - sem N	639 a	1.136 b	1.775 b
Milho+crotalária+ <i>Brachiaria</i> simultâneo - sem N	435 b	1.414 b	1.849 b
Milho+ <i>Brachiaria</i> simultâneo - 90 kg ha ⁻¹ de N ²	814 a	2.380 a	3.194 a
<i>CV (%)</i>	18,1	13,3	11,9
<i>DMS</i>	192	1.643	2.273

¹Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância.

²Nitrogênio, na forma de uréia, aplicado aos 17 dias após a emergência do milho.

4.3 Experimento “3. Dessecação Parcial – Santo Antônio de Goiás-GO”

A maior produtividade do milho (híbrido BRS 1035) foi obtida quando cultivado em área totalmente dessecada (6.318 kg ha^{-1}) (Tabela 22). As faixas de pastagem não dessecadas (Figura 11) competiram com a cultura, cujo efeito prejudicial foi diminuído quando foi feita a antecipação da adubação nitrogenada – no momento da emergência de milho (0 DAE) – e/ou quando foi aplicada uma pequena dosagem de herbicida para inibir o crescimento da *Brachiaria* não dessecada. A adoção dessas práticas serviu para evitar prejuízos à produtividades do milho, embora sejam inferiores em relação à área totalmente dessecada (N aos 20 DAE). A produtividade do milho em área totalmente dessecada foi igual a 6.318 kg ha^{-1} , por sua vez, na presença de *Brachiaria* não dessecada foi igual a 5.087 kg ha^{-1} quando o nitrogênio foi aplicado aos 0 DAE, 5.606 kg ha^{-1} quando além do fornecimento de N aos 0 DAE foi feita uma subdose de nicosulfuron na *Brachiaria* ($0,4 \text{ mL ha}^{-1}$ de Sanson) e 5.041 kg ha^{-1} na situação em foi feita a aplicação de N aos 20 DAE associado à mesma dose de herbicida. No tratamento em que não houve dessecação da *Brachiaria*, mesmo tendo sido fornecido N aos 20 DAE, não foi possível determinar a produtividade devido à morte das plantas. A menor produtividade (4.313 kg ha^{-1}) foi obtida com a dessecação parcial e o fornecimento de N somente aos 20 DAE, o que pode ser atribuído à aplicação tardia de N para esse sistema, em razão da competição por esse nutriente exercido pela *Brachiaria*. Tal afirmação pode ser constatada quando foi feito a aplicação de N na mesma época associada à subdose de herbicida na forrageira, uma vez que a produtividade foi superior e igual a 5.041 kg ha^{-1} .

O número de espigas por planta variou de modo distinto da produtividade, de maneira que essa pode ter sido influenciada primordialmente pela massa dos grãos. A menor altura de inserção da espiga foi obtida quando atrasou-se a aplicação de N para os 20 DAE associada à não aplicação de subdose de herbicida comparativamente à dessecação total com fornecimento de N aos 20 DAE e à dessecação parcial em que o N foi aplicado na mesma época (20 DAE) mas com a regulação do crescimento da *Brachiaria* pelo uso de subdose de herbicida.

Tabela 22 – Altura de inserção de espiga, número de espigas por planta e produtividade de milho, híbrido BRS 1035, no sistema dessecação parcial, verão de 2008/2009. Santo Antônio de Goiás-GO¹

Cultivo	Altura de inserção de espiga (cm)	Espigas planta ⁻¹	Produtividade de grãos (kg ha ⁻¹)
Sem dessecação - N 20 DAE ²
Dessecação total - N 20 DAE	121 a	1,00 a	6.318 a
Dessecação parcial - N 0 DAE	115 ab	0,96 a	5.087 b
Dessec. parcial N - 0 DAE e subdose	114 ab	0,97 a	5.606 b
Dessecação parcial - N 20 DAE	107 b	0,94 a	4.313 c
Dessec. parcial - N 20 DAE e subdose	112 a	0,95 a	5.041 b
<i>CV (%)</i>	4,92	4,38	6,27
<i>DMS</i>	10,8	0,08	640

¹ Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância.

² Nitrogênio, na forma de uréia, aplicado aos 20 dias após a emergência do milho.

A produção de MS do guandu-anão foi superior quando a área foi totalmente dessecada, equivalente a 254 kg ha⁻¹, assim como na dessecação parcial com o N aplicado na emergência do milho, associado ou não à aplicação de subdose de herbicida (269 e 280 kg ha⁻¹, respectivamente), e na dessecação parcial com o fornecimento de N aos 20 DAE do milho e controle do crescimento da *Brachiaria* pela aplicação de subdose de herbicida (280 kg ha⁻¹). Na ausência da dessecação, mesmo aplicando o N aos 20 DAE, apresentou a menor produção de matéria seca de guandu-anão (117 kg ha⁻¹) seguido pela dessecação parcial de N aos 20 DAE (177 kg ha⁻¹). Isso indica que a *Brachiaria* competiu na produção de fitomassa com o guandu-anão nas condições de não dessecação do pasto e em dessecação parcial, ambos com a aplicação do N em cobertura aos 20 DAE. Tal observação sugere que, na presença da *Brachiaria*, o fornecimento de N deve ser anterior aos 20 DAE.

A quantidade de fitomassa da pastagem degradada no início da instalação do experimento foi, em média, igual a 1.550 kg ha⁻¹ de MS (Tabela 23). Por sua vez, a produção de MS da *Brachiaria*, logo após a colheita do milho, foi igual a 12.577 kg ha⁻¹ na ausência de dessecação e aplicação de N aos 20 DAE. Tal resultado era esperado, uma vez que nos demais tratamentos em que houve dessecação total ou dessecação parcial, a produção de fitomassa da forrageira foi inferior por ter sido parcialmente controlada. A produção de MS de *Brachiaria* na ausência de dessecação foi inferior ao observado na literatura, uma vez que Portes et al. (2000) obtiveram 19,6 t ha⁻¹ aos 117 DAE e Braz, Kliemann e Silveira (2005), 23,6 t ha⁻¹ aos 107 DAE. Essa diferença pode ser atribuída ao fato de a *Brachiaria* avaliada no presente experimento ser

consequência da implantação da pastagem ter sido realizada há três anos, enquanto que nos dados da literatura, os valores foram obtidos no primeiro ano de produção da pastagem.

Tabela 23 – Massa de matéria seca (MS) de guandu-anão (*Cajanus cajan*) e *Brachiaria brizantha*, consorciados com milho no sistema dessecação parcial, verão de 2008/2009. Santo Antônio de Goiás-GO¹

Cultivo	MS (kg ha ⁻¹)		
	Guandu-anão	<i>Brachiaria brizantha</i>	
		Semeadura	Colheita
Sem dessecação - N 20 DAE ²	117 c	1.165 a	12.577 a
Dessecação total - N 20 DAE	254 a	1.338 a	-
Dessecação parcial - N 0 DAE	269 a	1.510 a	2.542 b
Dessecação parcial - N 0 DAE e subdose	280 a	1.867 a	1.605 b
Dessecação parcial - N 20 DAE	177 b	1.947 a	1.938 b
Dessecação parcial - N 20 DAE e subdose	280 a	1.472 a	1.605 b
Média	230	1.550	4.053
<i>CV (%)</i>	8,4	26,8	10,7
<i>DMS</i>	44	826	967

¹ Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância.

² Nitrogênio, na forma de uréia, aplicado aos 20 dias após a emergência do milho.

Em relação à análise de crescimento deste experimento, pode-se observar maiores valores de IAF de milho, entre 3,1 e 3,5 m² m⁻² para todos os tratamentos, exceto quando não foi feita a dessecação da *Brachiaria* (Figura 17a, Tabela 24). Esses valores corroboram aqueles observados por Braz, Kliemann e Silveira (2005).

O IAF do milho cultivado em área totalmente dessecada tende a estender-se por mais tempo no ciclo da planta (Figura 17a), enquanto na dessecação parcial, a antecipação do IAF máximo se deve, provavelmente, à competição exercida pela forrageira sobre o milho, o qual ocorreu entre 10 e 14 dias antes do obtido em monocultivo (Tabela 24). Para o acúmulo de MSPA aérea há uma semelhança no comportamento do milho, como indica a Figura 18a, exceto quando a *Brachiaria* não foi dessecada.

O guandu-anão apresentou valores de IAF de 4,4 m² m⁻² na dessecação parcial da *Brachiaria* associada à aplicação de subdose de herbicida para a forrageira e fornecimento de fertilizante nitrogenado no dia da emergência do milho (Figura 17b). Este tratamento também apresentou o maior acúmulo de matéria seca de parte aérea (Figura 18b). Tanto o IAF (Figura 17b) quanto a matéria seca da parte aérea (Figura 18b) nas demais condições de dessecação

parcial apresentaram comportamentos semelhantes, bastante distinto de quando não foi feita a dessecação da *Brachiaria*.

Já a *Brachiaria* apresentou IAF entre 2,9 e 3,2 m² m⁻² quando em dessecação parcial. Na avaliação do consórcio com milho por Portes et al. (2000), em que a *Brachiaria* foi semeada na linha do milho, obtiveram IAF entre 1,5 e 2,9 m² m⁻² aos 82 DAE. No presente experimento, para a condição sem dessecação da *Brachiaria*, observou-se IAF máximo igual a 4,8 m² m⁻² (Figura 17c), enquanto Portes et al. (2000) verificaram IAF igual a 8,0 m² m⁻² para o primeiro ano de monocultivo da *Brachiaria*. Por sua vez, Braz, Kliemann e Silveira (2005) obtiveram IAF de 15,2 m² m⁻² aos 125 DAE, também no primeiro ano de produção da forrageira em monocultivo.

A produção de fitomassa da parte aérea da *Brachiaria* seguiu a ordem decrescente de acúmulo: sem dessecação > dessecação parcial N 20 DAE > sem dessecação N 20 e subdose > sem dessecação N 0 DAE > sem dessecação N 0 DAE e subdose. Esse último tratamento mostrou-se como a pior condição para o crescimento da *Brachiaria* (Figura 18c, Tabela 25).

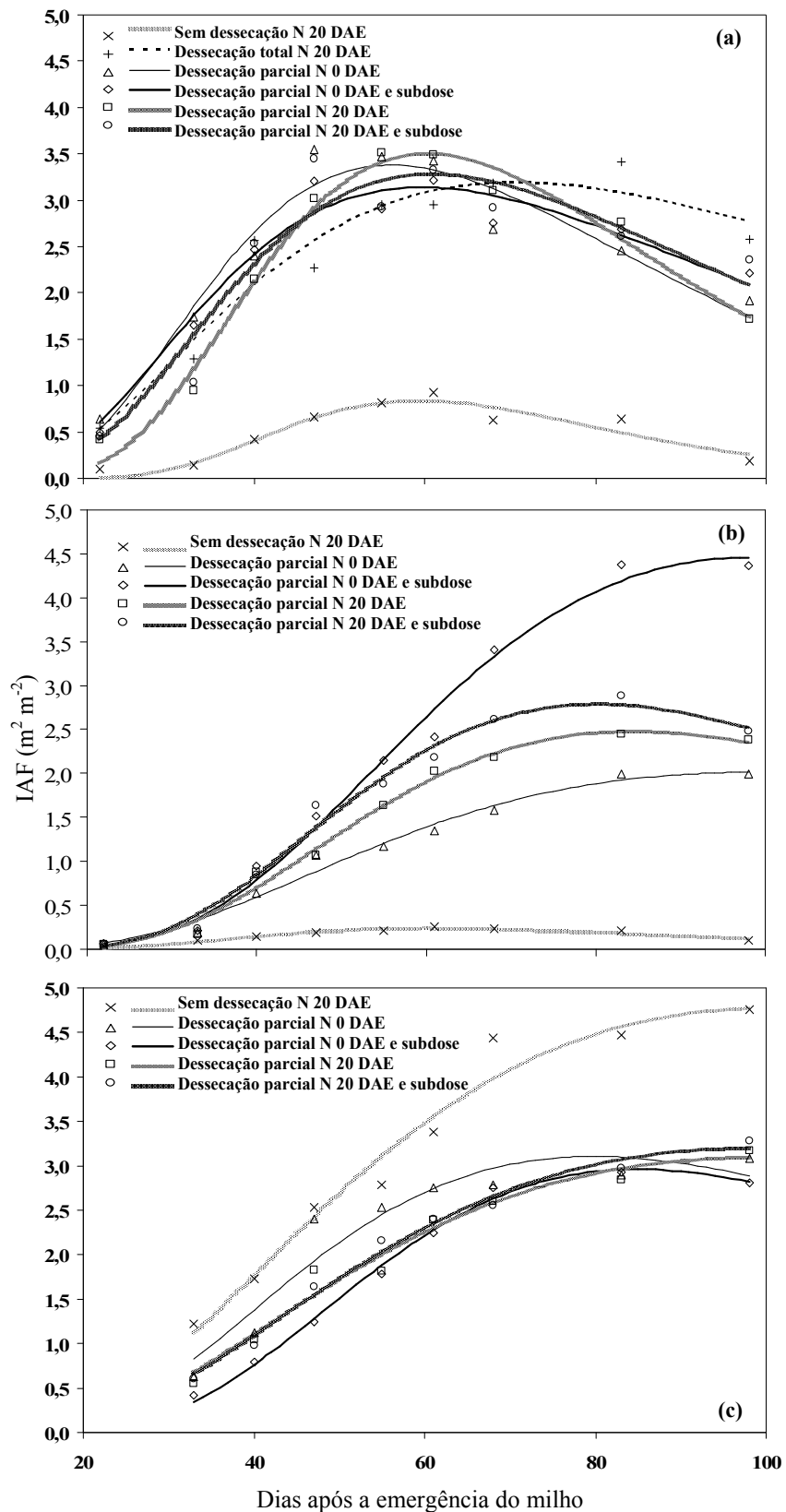


Figura 17 – Índice de área foliar (IAF) de milho (a), guandú-anão (b) e *Brachiaria brizantha* (c) em monocultivo e em consórcio, verão de 2008/2009. Santo Antônio de Goiás-GO

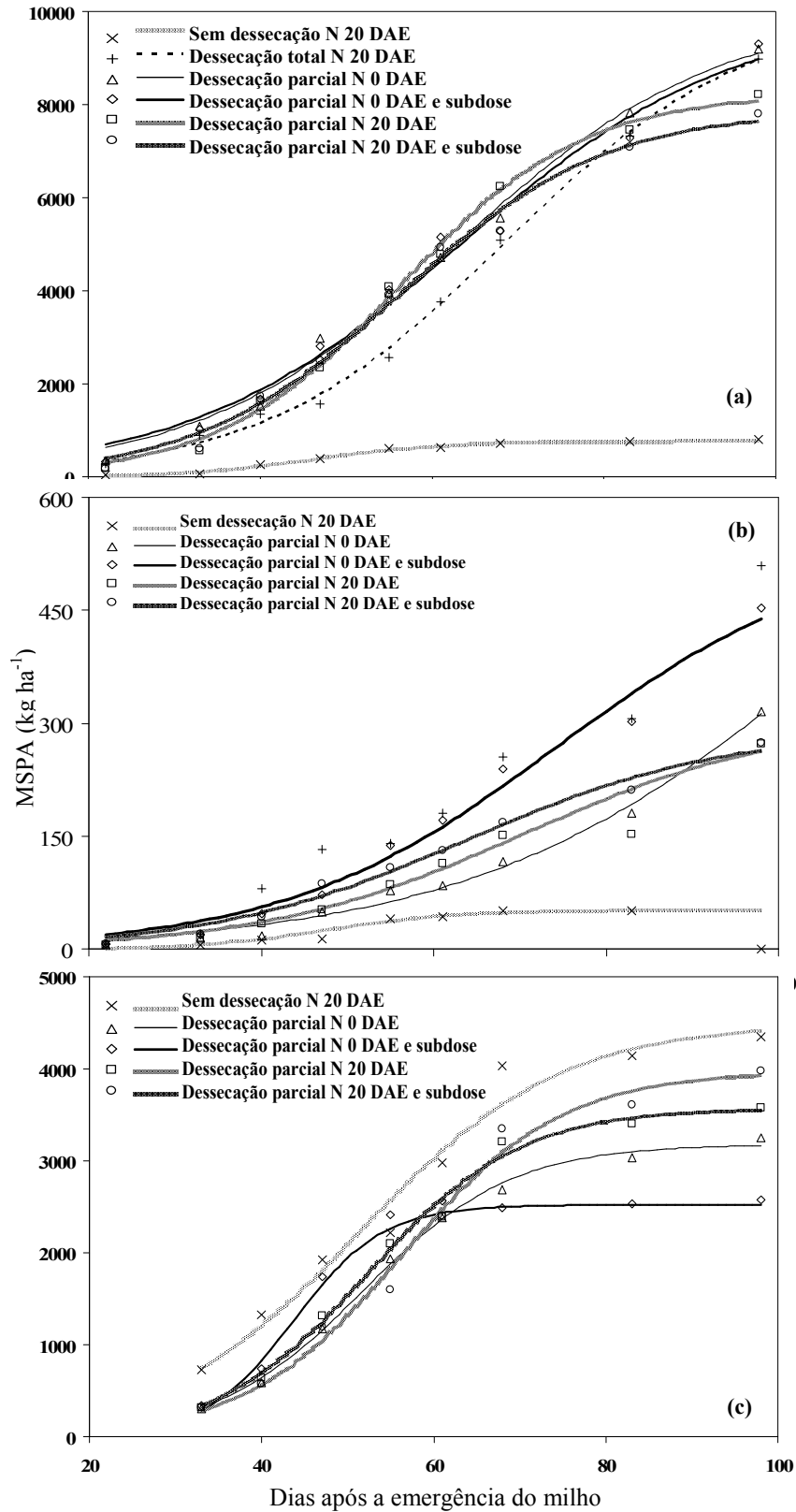


Figura 18 – Massa de matéria seca da parte aérea (MSPA) de milho (a), guandú-anão (b) e *Brachiaria brizantha* (c) em monocultivo e em consórcio, verão de 2008/2009. Santo Antônio de Goiás-GO

Tabela 24 – Coeficientes estimados de índice de área foliar de milho, guandu-anão e *Brachiaria brizantha* referentes ao “Experimento 3. Dessecação parcial – Santo Antônio de Goiás-GO, verão de 2008/2009

Cultivo	Índice de área foliar de milho					
	Coeficiente estimado ¹			Erro padrão		
	a (m ² .m ⁻²)	b (DAE)	c	a (m ² .m ⁻²)	b (DAE)	c
Sem dessecação - N 20 DAE	0,842**	59,351**	0,328**	0,061	1,898	0,034
Dessecação total - N 20 DAE	3,191**	70,629**	0,615**	0,146	4,657	0,077
Dessecação parcial - N 0 DAE	3,377**	56,098***	0,486**	0,149	1,749	0,039
Dessec. parcial - N 0 DAE e subdose	3,139**	59,696**	0,551**	0,113	1,916	0,042
Dessecação parcial - N 20 DAE	3,506**	60,382***	0,410**	0,111	1,097	0,022
Dessec. parcial - N 20 DAE e subdose	3,283**	60,893**	0,500**	0,202	2,882	0,061
	Índice de área foliar de guandu-anão					
Sem dessecação - N 20 DAE	0,239**	60,391**	0,426**	0,013	1,986	0,040
Dessecação parcial - N 0 DAE	2,013**	98,899**	0,580**	0,104	10,035	0,072
Dessec. parcial - N 0 DAE e subdose	4,460**	98,37**	0,483**	0,177	6,440	0,046
Dessecação parcial - N 20 DAE	2,48***	84,370**	0,470**	0,068	3,081	0,034
Dessec. parcial - N 20 DAE e subdose	2,790**	80,207**	0,450**	0,089	2,721	0,034
	Índice de área foliar de <i>Brachiaria brizantha</i>					
Sem dessecação - N 20 DAE	4,780**	101,041**	0,655**	0,282	13,547	0,097
Dessecação parcial - N 0 DAE	3,105**	79,791**	0,542**	0,165	6,386	0,083
Dessec. parcial - N 0 DAE e subdose	2,96***	84,913***	0,456**	0,051	1,890	0,020
Dessecação parcial - N 20 DAE	3,095**	99,285**	0,364**	0,176	12,565	0,093
Dessec. parcial - N 20 DAE e subdose	3,205**	99,152**	0,618**	0,112	7,489	0,055

¹“a” refere-se máximo valor de IAF; “b” ao número de dias após a emergência do milho em que “a” ocorre e “c” ao parâmetro empírico referente à forma da curva

²Nitrogênio, na forma de uréia, aplicado aos 20 dias após a emergência do milho.

*** significativo a 1%, ** a 5% e * a 10%.

Tabela 25 – Coeficientes estimados de massa de matéria seca da parte aérea (MSPA) de milho, guandu-anão e *Brachiaria brizantha* referentes ao “Experimento 3. Dessecação parcial – Santo Antônio de Goiás-GO, verão de 2008/2009

Cultivo	Massa de matéria seca da parte aérea de milho					
	Coeficiente estimado ¹			Erro padrão		
	a (kg ha ⁻¹)	b (DAE)	c	a (kg ha ⁻¹)	b (DAE)	c
Sem dessecação - N 20 DAE	775,478*	46,417*	7,816**	21,791	0,987	0,835
Dessecação total - N 20 DAE	10.046,359**	68,560*	13,998**	377,585	1,502	0,859
Dessecação parcial - N 0 DAE	9.989,635**	62,86**	15,092**	516,350	2,202	1,405
Des. parcial - N 0 DAE e subdose	9.987,42**	63,358**	15,889**	893,854	3,923	2,412
Dessecação parcial - N 20 DAE	8.248,956*	56,427*	10,647**	208,951	0,912	0,727
Des. parcial - N 20 DAE e subdose	7.889,846**	56,399*	11,852**	330,706	1,595	1,245
	Massa de matéria seca da parte aérea de guandu					
Sem dessecação - N 20 DAE	52,174**	47,776***	7,602**	2,200	1,228	0,974
Dessecação parcial - N 0 DAE	795,481 ^{ns}	107,329*	21,330*	465,636	21,562	3,647
Des. parcial - N 0 DAE e subdose	536,682**	74,298**	15,911*	79,196	6,107	2,817
Dessecação parcial - N 20 DAE	307,463**	70,604**	15,262**	32,817	4,424	2,302
Des. parcial - N 20 DAE e subdose	291,220**	63,949**	14,919**	24,590	3,561	2,225
	Massa de matéria seca da parte aérea de <i>Brachiaria brizantha</i>					
Sem dessecação - N 20 DAE	4.497,263**	51,670**	11,580**	263,44	2,230	1,984
Dessecação parcial - N 0 DAE	3.179,095***	51,833***	8,594**	54,669	0,582	0,489
Des. parcial - N 0 DAE e subdose	2.521,416***	43,703***	5,206**	39,315	0,491	0,411
Dessecação parcial - N 20 DAE	3.975,831**	56,520***	9,208**	168,714	1,413	1,177
Des. parcial - N 20 DAE e subdose	3.574,696***	52,525***	8,765**	103,806	0,938	0,825

¹“a” refere-se ao máximo valor de MSPA; “b” ao número de dias após a emergência do milho em que “a” ocorre e “c” à inclinação da curva.

²Nitrogênio, na forma de uréia, aplicado aos 20 dias após a emergência do milho.

*** significativo a 1%, ** a 5%, * a 10%, ^{ns} não significativo.

4.4 Experimento “4. Dessecação parcial – Ipameri-GO”

A produtividade do milho (BRS 1035) foi superior quando cultivado em área totalmente dessecada (6.393 kg ha⁻¹) e semelhante àquela no Experimento 3 (Dessecação Parcial – Santo Antônio de Goiás-GO) cuja produtividade foi 6.318 kg ha⁻¹ (Tabelas 26 e 22). Na dessecação parcial, o atraso na aplicação da adubação nitrogenada prejudicou a produtividade do milho, exceto quando no maior atraso do fornecimento de N (20 DAE) foi combinado o uso de subdose de herbicida para o controle parcial da forrageira. Tal observação sugere que na dessecação parcial deve ser antecipada a adubação nitrogenada com a aplicação, no máximo, até 10 DAE ou quando o atraso foi superior deve-se usar subdose de herbicida para controle do crescimento da forrageira. A maior produção de MS da *Brachiaria* (9.371 kg ha⁻¹) foi obtida quando não foi feita a dessecação da forrageira (Tabela 26). Esse resultado foi inferior ao

observado no Experimento 3 cuja produção de MS foi igual a 12,7 t ha⁻¹, sendo inferior também aos encontrados em literatura.

A baixa produção de matéria seca obtida na dessecação total apresentada pela forrageira (1.040 kg ha⁻¹), na presença de N aos 20 DAE, pode ser explicada pela re-infestação tardia que ocorreu em razão da existência de banco de sementes de *Brachiaria* na referida área. Por sua vez, a produção de matéria seca da forrageira quando foi feita a dessecação parcial com N aos 20 DAE associado à aplicação de subdose de herbicida (2.009 kg ha⁻¹) se deve basicamente à interferência do uso da subdose de herbicida para o controle do seu crescimento, assim como pela falta de N como indica o resultado da dessecação parcial sem o fornecimento de N (2.749 kg ha⁻¹). Há semelhança entre os resultados das dessecações parciais com fornecimento de N aos 0, 10 e 20 DAE, os quais corroboram resultados obtidos por Portes et al. (2000), para *Brachiaria* consorciada com culturas graníferas em área totalmente dessecada.

Tabela 26 – Altura de inserção de espiga, número de espigas por planta, produtividade de milho, híbrido BRS 1035, e produção de massa de matéria seca (MS) de *Brachiaria brizantha*, no sistema dessecação parcial, verão de 2008/2009. Ipameri-GO¹

Cultivo	Altura de inserção de espiga (cm)	Espigas planta ⁻¹	Produtividade de grãos (kg ha ⁻¹)	MS <i>Brachiaria</i> (kg ha ⁻¹)
Sem dessecação - sem N	56,6 d	0,21 b	91 e	9.371 a
Dessecação parcial - sem N	72,8 c	0,24 b	515 e	2.749 bc
Dessecação total - N 20 DAE ²	128,6 a	0,97 a	6.393 a	1.040 d
Dessecação parcial - N 0 DAE	123,6 a	0,98 a	5.453 b	3.129 b
Dessecação parcial - N 10 DAE	122,6 a	0,93 a	4.516 c	3.649 b
Dessecação parcial - N 20 DAE	99,6 b	0,96 a	3.640 d	3.215 b
Dessecação parcial - N 20 DAE e subdose	125,2 a	0,95 a	4.745 bc	2.009 cd
<i>CV (%)</i>	6,42	5,36	10,6	14,0
<i>DMS</i>	13,6	0,08	783	1.023

¹Médias seguidas de mesma letra minúscula, entre cultivos, não diferem entre si pelo teste Tukey 5%.

²Nitrogênio, na forma de uréia, aplicado aos 17 dias após a emergência do milho.

4.5 Experimento “5. Feijão em sucessão na palhada de milho com leguminosas – Santo Antônio de Goiás-GO”

Este experimento foi realizado para testar a hipótese “(b) a disponibilização de nitrogênio pelo manejo das leguminosas, no momento da colheita do milho, permitirá a redução da dose de N mineral na cultura do feijoeiro, cultivado em sucessão”.

Por isso, nesse experimento teve-se como premissa que os resíduos referentes aos cultivos do milho consorciado com leguminosas (verão de 2008/2009) poderiam suprir parte ou todo o N requerido para a produtividade de feijão no inverno. De fato, observa-se na Tabela 27 que essa tendência ocorreu, uma vez que as maiores médias de produtividade foram obtidas sobre palhada de milho com leguminosas mesmo sem o fornecimento de N em cobertura. Essa observação indica que o N presente na leguminosa, seja da fixação biológica ou da absorção do solo foi suficiente para a obtenção de 3.072 kg ha⁻¹ (milho+guandu - sem N) e 2.954 kg ha⁻¹ (milho+crotalária - sem N). As produtividades mais baixas de feijão foram obtidas quando o cultivo foi realizado na palhada de milho em monocultivo, mesmo quando foi aplicado até 90 N na cultura. Ressalta-se que não houve interação entre palhadas de cobertura do solo e doses de N em cobertura, ou seja, o feijoeiro respondeu às doses de N de maneira semelhante em todas as palhadas.

Embora tenha sido observado efeito positivo da presença das leguminosas nas palhadas no cultivo do feijoeiro, a produtividade de grãos, na média de todas as palhadas e sem o fornecimento de N, foi igual a 2.814kg ha⁻¹ (Tabela 27; Figura 19). A alta produtividade de feijão nessas condições pode ser explicada não só pela contribuição das palhadas produzidas no verão de 2008/2009 mas também pelo fato da área ter sido mantida sob pastagem nos três anos anteriores à cultura de verão.

A elevada produtividade de feijão verificada na palhada de monocultivo de milho - sem N (2,897 kg ha⁻¹) pode ser atribuída à menor perda de N por imobilização microbiana devido à menor quantidade de palha produzida no verão de 2008/2009, como indica a produtividade do milho (4.164 kg ha⁻¹) (Tabela 15).

Contudo, observa-se que houve resposta linear para a produtividade do feijoeiro até 120 kg ha⁻¹ de N aplicado em cobertura (Figura 19). Os resultados da presente pesquisa corroboram os obtidos por Farinelli et al. (2006a, 2006b) e Crusciol et al. (2007), os quais

verificaram maior produtividade de grãos de feijão com o aumento das doses de N em cobertura, obtida com em palhadas de gramíneas.

Tabela 27 – Produtividade de feijão, cv. BRS Radiante, cultivado em sucessão à palhada de milho com leguminosas, inverno de 2009. Santo Antônio de Goiás-GO¹

Palhada	Produtividade (kg ha ⁻¹)				
	Doses de N (kg ha ⁻¹) ²				Média
	0	40	80	120	
Monocultivo de milho - sem N	2.646	2.823	3.044	3.076	2.897 abc
Monocultivo de milho - 30 kg ha ⁻¹ de N ²	2.686	2.601	2.946	2.682	2.729 c
Monocultivo de milho - 60 kg ha ⁻¹ de N	2.635	2.657	2.751	2.770	2.703 c
Monocultivo de milho - 90 kg ha ⁻¹ de N	2.684	2.753	2.822	2.849	2.777 bc
Milho+guandu-anão - sem N	3.102	2.920	2.935	3.328	3.072 a
Milho+guandu-anão - 90 kg ha ⁻¹ de N	3.023	3.006	2.901	3.265	3.049 a
Milho+crotalária - sem N	2.913	2.719	2.969	3.215	2.954 ab
Milho+crotalária - 90 kg ha ⁻¹ de N	2.846	2.973	2.957	3.106	2.970 ab
<i>Brachiaria brizantha</i>	2.787	2.892	3.122	3.161	2.991 ab
Média	2.814 B	2.816 B	2.939 A	3.050 A	-
<i>CV (%)</i>	6,2				6,2
<i>DMS</i>	120				218

¹ Médias seguidas de mesma letra, minúscula entre palhadas e maiúscula entre doses, não diferem entre si pelo teste Tukey 5%.

² Nitrogênio, na forma de uréia, aplicado aos 20 dias após a emergência da cultura.

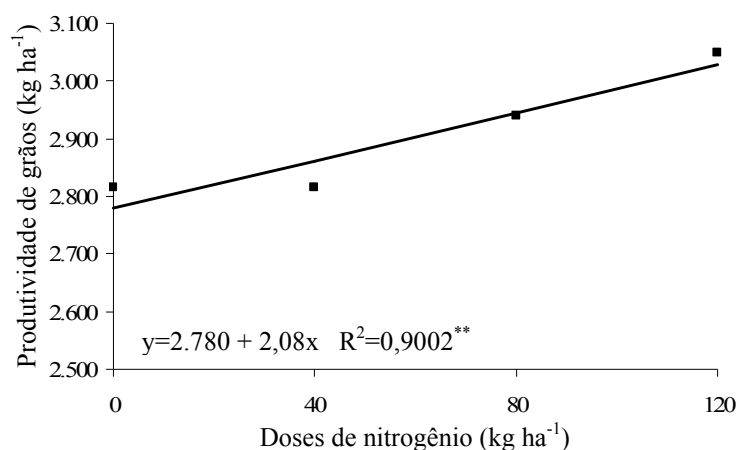


Figura 19 – Produtividade feijão, cv. BRS Radiante, média de cultivos sobre nove palhadas de cobertura do solo, em razão de doses de nitrogênio, na forma de uréia, aplicado em cobertura aos 20 dias após a emergência da cultura

Em relação aos componentes do rendimento não houve interação entre palhadas e doses de N (Tabela 28). Quanto ao número de vagens por planta os resultados apresentados na Figura 20a observa-se resposta linear ao efeito da aplicação de até 120 kg ha⁻¹ de N no feijoeiro. No entanto, em relação ao número de grãos por vagem, há evidência de resposta ao fornecimento de até 120 kg ha⁻¹ de N, embora o número de grãos por vagem com a aplicação de 80 kg ha⁻¹ de N é semelhante ao obtido sem o fornecimento de N (Figura 20b). A resposta dos números de vagens por planta e grãos por vagem observada na literatura em razão de palhadas de cobertura não são conclusivas (OLIVEIRA; CARVALHO; MORAES, 2002; SILVEIRA et al., 2005; NUNES et al., 2006b). Em relação à massa de 100 grãos (Tabela 28), ainda que tenham apresentado diferenças significativas entre as palhadas, observou-se pequena variação entre os dados. Por sua vez, em relação ao fornecimento de N em cobertura no feijoeiro não foi constatada resposta.

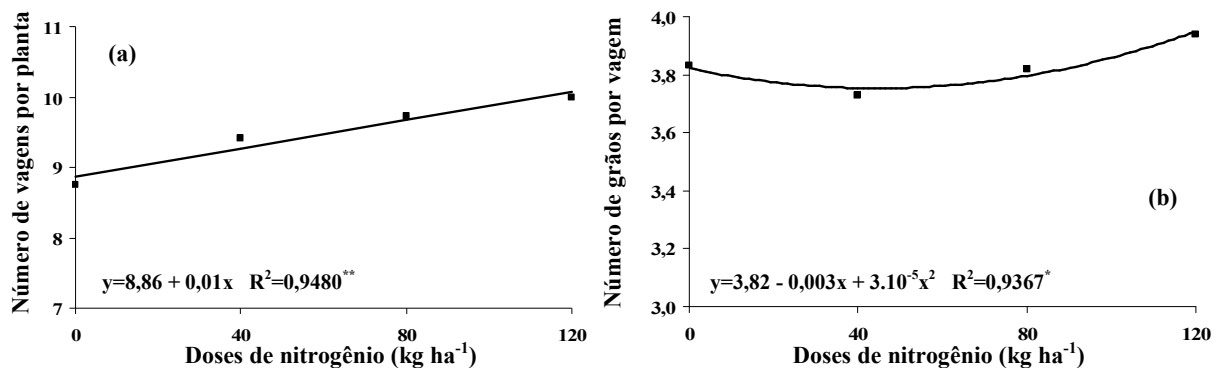


Figura 20 – Números de vagens por planta (a) e de grãos por vagem (b) de feijão cv. BRS Radiante, média de cultivo sobre nove palhadas de cobertura do solo, em razão de doses de nitrogênio, na forma de uréia, aplicado em cobertura aos 20 dias após a emergência da cultura.

Tabela 28 – Números de vagens por planta e de grãos por vagem e massa de 100 grãos de feijão, cv. BRS Radiante, cultivado em sucessão à palhada de milho com leguminosas, inverno de 2009. Santo Antônio de Goiás-GO¹

Palhada	Vagens planta ⁻¹				
	Doses de N (kg ha ⁻¹) ²				Média
	0	40	80	120	
Monocultivo de milho - sem N	8,70	10,25	9,05	9,60	9,40 a
Monocultivo de milho - 30 kg ha ⁻¹ de N ²	9,35	9,85	9,55	8,65	9,35 a
Monocultivo de milho - 60 kg ha ⁻¹ de N	8,65	8,60	9,80	10,35	9,35 a
Monocultivo de milho - 90 kg ha ⁻¹ de N	9,00	10,00	9,95	10,35	9,83 a
Milho+guandu-anão - sem N	8,00	9,30	11,10	11,55	9,99 a
Milho+guandu-anão - 90 kg ha ⁻¹ de N	8,25	8,60	10,35	9,75	9,24 a
Milho+crotalária - sem N	9,35	9,95	9,70	9,70	9,68 a
Milho+crotalária - 90 kg ha ⁻¹ de N	9,10	9,40	9,00	9,35	9,21 a
<i>Brachiaria brizantha</i>	8,35	8,80	9,05	10,65	9,21 a
Média	8,75 B	9,42 AB	9,73 A	9,99 A	-
<i>CV (%)</i>			15,7		15,4
<i>DMS</i>			0,92		1,75
	Grãos vagem ⁻¹				
Monocultivo de milho - sem N	3,73	3,75	3,92	4,18	3,90 a
Monocultivo de milho - 30 kg ha ⁻¹ de N ²	3,74	3,57	3,61	3,91	3,71 a
Monocultivo de milho - 60 kg ha ⁻¹ de N	3,82	3,61	3,77	4,01	3,80 a
Monocultivo de milho - 90 kg ha ⁻¹ de N	3,66	3,80	3,73	3,87	3,77 a
Milho+guandu-anão - sem N	4,09	3,69	4,02	3,68	3,87 a
Milho+guandu-anão - 90 kg ha ⁻¹ de N	3,80	3,70	3,91	3,92	3,83 a
Milho+crotalária - sem N	4,05	4,10	3,88	3,84	3,97 a
Milho+crotalária - 90 kg ha ⁻¹ de N	3,74	3,75	3,86	3,93	3,82 a
<i>Brachiaria brizantha</i>	3,87	3,58	3,69	4,14	3,82 a
Média	3,83AB	3,73B	3,82AB	3,94A	-
<i>CV (%)</i>			6,81		5,91
<i>DMS</i>			0,16		0,27
	Massa de 100 grãos (g)				
Monocultivo de milho - sem N	45,0	43,9	44,5	46,1	44,9 ab
Monocultivo de milho - 30 kg ha ⁻¹ de N ²	45,8	44,9	44,9	44,0	44,9 ab
Monocultivo de milho - 60 kg ha ⁻¹ de N	44,9	44,7	43,6	46,2	44,8 b
Monocultivo de milho - 90 kg ha ⁻¹ de N	44,5	44,7	45,2	43,3	44,4 abc
Milho+guandu-anão - sem N	44,1	43,9	44,3	44,2	44,1 abc
Milho+guandu-anão - 90 kg ha ⁻¹ de N	42,76	41,7	41,2	44,7	42,6 c
Milho+crotalária - sem N	44,8	45,2	47,4	45,0	45,6 a
Milho+crotalária - 90 kg ha ⁻¹ de N	42,2	42,4	43,3	44,8	43,2 bc
<i>Brachiaria brizantha</i>	43,0	44,2	44,3	44,9	44,1 abc
Média	44,1 A	44,0 A	44,3 A	44,8 A	-
<i>CV (%)</i>			4,13		3,99
<i>DMS</i>			1,13		2,12

¹ Médias seguidas de mesma letra, minúscula entre palhadas e maiúscula entre doses, não diferem entre si pelo teste Tukey 5%.

² Nitrogênio, na forma de uréia, aplicado aos 20 dias após a emergência da cultura.

No tocante à produção média de MS de palhada houve considerável variação entre as quantidades determinadas nas avaliações feitas na pós-colheita do milho no verão de 2008/2009 (10.631 kg ha⁻¹), na semeadura do feijão no inverno de 2009 (4.956 kg ha⁻¹) e na pós-colheita do feijão (4.204 kg ha⁻¹) (Tabela 29). De acordo com esses dados, verifica-se que a taxa de decomposição média, entre as duas primeiras épocas (44 dias), para o monocultivo do milho foi igual a 46%, no consórcio milho com leguminosas foi igual a 54% e 63% para a palhada exclusiva de *Brachiaria*. Esses dados corroboram os observados na literatura, em que maior parte da decomposição acontece nas primeiras semanas após o manejo das palhadas, independentemente da espécie de planta de cobertura. Oliveira (2009) observou que no período de 90 dias ocorreu 50% da decomposição da palhada de *B. brizantha*, 60% de milho e 70% de feijão. Kliemann, Braz e Silveira (2006) observaram decomposição de 48% da MS de *Brachiaria* aos 150 dias e de 58% no caso de milho, no mesmo período.

A maior MS de resíduos vegetais, como esperado, foi constatada para o monocultivo de *Brachiaria*, representando mais que o dobro da quantidade de liteira de qualquer outro tratamento, em qualquer das épocas de avaliação (Tabela 29). Esses resultados corroboram os obtidos por Aidar et al. (2000) e Braz, Kliemann e Silveira (2005) em que verificaram maior produção de palhada de *Brachiaria*.

Tabela 29 – Massa da matéria seca das palhadas de cobertura do solo, verão de 2008/2009 e inverno de 2009. Santo Antônio de Goiás-GO¹

Palhada	Verão 2008/2009	Inverno 2009	
	Colheita do milho	Semeadura do feijão	Colheita do feijão
Monocultivo de milho - sem N	7.337 b	3.760 b	3.037 b
Monocultivo de milho - 30 kg ha ⁻¹ de N ²	9.425 b	4.044 b	2.982 b
Monocultivo de milho - 60 kg ha ⁻¹ de N	6.171 b	4.904 b	4.445 b
Monocultivo de milho - 90 kg ha ⁻¹ de N	8.156 b	4.456 b	4.174 b
Média monocultivos	7.772	4.291	3.885
Milho+guandu-anão - sem N	9.540 b	4.300 b	2.880 b
Milho+guandu-anão - 90 kg ha ⁻¹ de N	9.266 b	4.728 b	3.235 b
Milho+crotalária - sem N	9.217 b	3.972 b	3.762 b
Milho+crotalária - 90 kg ha ⁻¹ de N	9.622 b	4.490 b	3.236 b
Média consórcios	9.411	4.373	3.278
<i>Brachiaria brizantha</i>	26.944 a	9.948 a	8.859 a
Média geral	10.631	4.956	4.204
CV (%)	13,9	15,0	27,7
DMS	3.554	1.787	2.715

¹ Médias seguidas de mesma letra minúscula, entre palhadas, não diferem entre si pelo teste Tukey 5%.

² Nitrogênio, na forma de uréia, aplicado aos 20 dias após a emergência do milho.

Na avaliação do teor de carbono (C) no tecido vegetal seco das palhadas não foi detectada diferença entre os resíduos, sendo que as diferenças em aporte de C para o solo são devido à quantidade de massa de palhada produzida pelas espécies. No entanto, o teor de N foi significativamente superior principalmente nas palhadas envolvendo o consórcio de milho com leguminosas e nos casos que o cultivo de milho foi deficitário em termos de fornecimento de N em cobertura (Tabela 30). No momento da semeadura do feijão, quando a maior parte das palhadas havia sido decomposta (Tabela 29), a quantidade de N presente nas palhadas sobre a superfície do solo correspondia a 30 a 73 kg N ha⁻¹, em que o maior valor foi referente à palhada de *Brachiaria* (9.948 kg ha⁻¹ de palhada x 0,75% de N presente na palhada) e o menor foi obtido no sistema de monocultivo de milho sem o fornecimento de N (Tabelas 29 e 30).

Tabela 30 – Teores de carbono e nitrogênio na liteira na época da semeadura do feijão cultivado em sucessão à palhada de milho com leguminosas, inverno de 2009. Santo Antônio de Goiás-GO¹

Palhada	Carbono (%)	Nitrogênio (%)
Monocultivo de milho - sem N	42,7 a	0,81 abc
Monocultivo de milho - 30 kg ha ⁻¹ de N ²	42,2 a	0,89 abc
Monocultivo de milho - 60 kg ha ⁻¹ de N	42,0 a	0,70 c
Monocultivo de milho - 90 kg ha ⁻¹ de N	42,3 a	0,77 bc
Milho + guandu-anão - sem N	43,3 a	1,08 a
Milho + guandu-anão - 90 kg ha ⁻¹ de N	42,1 a	0,82 abc
Milho + crotalária - sem N	43,1 a	1,06 ab
Milho + crotalária - 90 kg ha ⁻¹ de N	42,0 a	0,86 abc
<i>Brachiaria brizantha</i>	41,6 a	0,74 c
<i>CV(%)</i>	1,89	14,4
<i>DMS</i>	1,93	0,30

¹Médias seguidas de mesma letra minúscula, entre palhadas, não diferem entre si pelo teste Tukey 5%.

²Nitrogênio, na forma de uréia, aplicado aos 20 dias após a emergência do milho.

Os teores de nitrato e amônio no solo, em duas profundidades, no dia da semeadura do feijoeiro e imediatamente antes da adubação nitrogenada são mostrados na Tabela 31. Os teores de nitrato e amônio no solo seguiram a mesma tendência nas duas épocas de coleta, em que o nitrato é a forma predominante e a sua concentração foi superior nos primeiros 10 cm. Especificamente na primeira coleta, no momento da semeadura do feijoeiro, verificaram-se, na média das profundidades, maiores teores de N-nitrato no solo sob palhada de milho e crotalária sem aplicação de N, comparada aos monocultivos de milho e *Brachiaria*.

Contudo, na segunda coleta, 15 dias após a primeira, alguns tratamentos exclusivos de gramíneas também passaram a apresentar elevados teores de N-nitrato. Não obstante, alguns desses tratamentos mantiveram os mais elevados teores de N-amônio.

Tabela 31 – Teores de nitrato e amônio no solo, em duas profundidades, no dia da semeadura e um dia antes da sua adubação nitrogenada em cobertura do feijoeiro, cv. BRS Radiante, cultivado em sucessão à palhada de milho com leguminosas, inverno de 2009. Santo Antônio de Goiás-GO¹

Palhada	Dia da semeadura do feijoeiro					
	mg NH ⁴⁺ kg ⁻¹ solo seco			mg NO ₃ ⁻ kg ⁻¹ solo seco		
	0-10 cm	10-20 cm	Média	0-10 cm	10-20 cm	Média
Monocultivo de milho - sem N	1,55	3,74	2,65 a	57,8	46,7	52,3 b
Monocultivo de milho - 30 kg ha ⁻¹ de N ²	1,60	1,46	1,53 a	59,8	40,8	50,3 b
Monocultivo de milho - 60 kg ha ⁻¹ de N	2,70	2,13	2,42 a	68,3	51,6	60,0 b
Monocultivo de milho - 90 kg ha ⁻¹ de N	1,22	2,74	1,98 a	59,4	48,1	53,8 b
Milho+guandu-anão - sem N	1,76	3,43	2,60 a	93,9	78,8	86,3 ab
Milho+guandu-anão - 90 kg ha ⁻¹ de N	1,28	1,06	1,17 a	80,8	55,5	68,1 ab
Milho+crotalária - sem N	2,72	2,09	2,41 a	90,0	112,3	101,1 a
Milho+crotalária - 90 kg ha ⁻¹ de N	1,24	2,33	1,79 a	91,5	47,6	69,6 ab
<i>Brachiaria brizantha</i>	1,48	1,18	1,33 a	69,9	48,4	59,2 b
Média	1,73 A	2,24 A	-	74,6 A	58,9 B	-
<i>CV (%)</i>		34,3	37,2		33,3	34,4
<i>DMS</i>		0,84	3,18		11,1	37,8
Um dia antes da adubação nitrogenada em cobertura						
Monocultivo de milho - sem N	2,85	2,21	2,53 abc	66,1	52,9	59,5 b
Monocultivo de milho - 30 kg ha ⁻¹ de N ²	2,86	1,49	2,18 abc	67,6	56,3	61,9 ab
Monocultivo de milho - 60 kg ha ⁻¹ de N	1,71	0,98	1,35 c	78,7	67,8	73,3 a
Monocultivo de milho - 90 kg ha ⁻¹ de N	2,03	2,28	2,16 abc	67,1	58,2	62,7 ab
Milho+guandu-anão - sem N	1,61	1,61	1,61 bc	76,1	68,8	72,5 ab
Milho+guandu-anão - 90 kg ha ⁻¹ de N	2,58	3,20	2,89 abc	71,0	56,5	63,7 ab
Milho+crotalária - sem N	0,99	1,07	1,03 c	71,0	66,4	68,7 ab
Milho+crotalária - 90 kg ha ⁻¹ de N	5,00	3,43	4,22 ab	78,5	57,4	67,9 ab
<i>Brachiaria brizantha</i>	6,15	2,99	4,57 a	75,5	70,8	73,2 a
Média	2,86 A	2,14 B	-	72,4 A	61,7 B	-
<i>CV (%)</i>		38,3	32,1		15,8	11,9
<i>DMS</i>		0,71	2,64		5,15	13,6

¹ Médias seguidas de mesma letra minúscula, entre palhadas, não diferem entre si pelo teste Tukey 5%.

² Nitrogênio, na forma de uréia, aplicado aos 20 dias após a emergência do milho.

O teor de nitrogênio em folhas de feijão, antes da adubação nitrogenada em cobertura, não diferiu em razão do tipo de palhada (Tabela 32). Na segunda avaliação, realizada

29 dias após a adubação nitrogenada em cobertura, em geral, os maiores teores de N na folha do feijão podem ter sido influenciados pelas doses de N aplicado no feijoeiro (Figura 21).

Tabela 32 – Teor de nitrogênio em folhas de feijão, cv. BRS Radiante, antes e após a adubação nitrogenada em cobertura, em sucessão ao milho com leguminosas, inverno de 2009. Santo Antônio de Goiás-GO¹

Palhada	Nitrogênio (%)					
	Antes da adubação em nitrogenada	Após a adubação nitrogenada				Média
		Doses de N (kg ha ⁻¹) ²				
		0	40	80	120	
Monocultivo de milho - sem N	4,74 a	3,62	3,71	3,69	4,08	3,78 bc
Monocultivo de milho - 30 kg ha ⁻¹ de N ²	4,34 a	4,31	4,24	4,19	4,81	4,39 a
Monocultivo de milho - 60 kg ha ⁻¹ de N	4,51 a	4,46	4,33	4,60	4,60	4,50 a
Monocultivo de milho - 90 kg ha ⁻¹ de N	4,45 a	4,25	4,08	4,65	4,81	4,44 a
Milho + guandu-anão - sem N	4,50 a	3,77	3,83	3,92	4,44	3,99 bc
Milho + guandu-anão - 90 kg ha ⁻¹ de N	4,67 a	3,58	3,35	3,76	4,03	3,68 c
Milho + crotalária - sem N	4,36 a	4,33	4,67	4,26	4,28	4,38 a
Milho + crotalária - 90 kg ha ⁻¹ de N	4,79 a	3,52	3,54	3,75	4,06	3,72 c
<i>Brachiaria brizantha</i>	4,55 a	3,97	4,13	4,22	4,22	4,13 ab
Média	4,55	3,98B	3,98B	4,11B	4,37A	-
<i>CV (%)</i>	4,43	8,05				7,39
<i>DMS</i>	0,48	0,20				0,36

¹ Médias seguidas de mesma letra, minúscula entre palhadas e maiúsculas entre doses, não diferem entre si pelo teste Tukey 5%.

² Nitrogênio, na forma de uréia, aplicado aos 20 dias após a emergência da cultura.

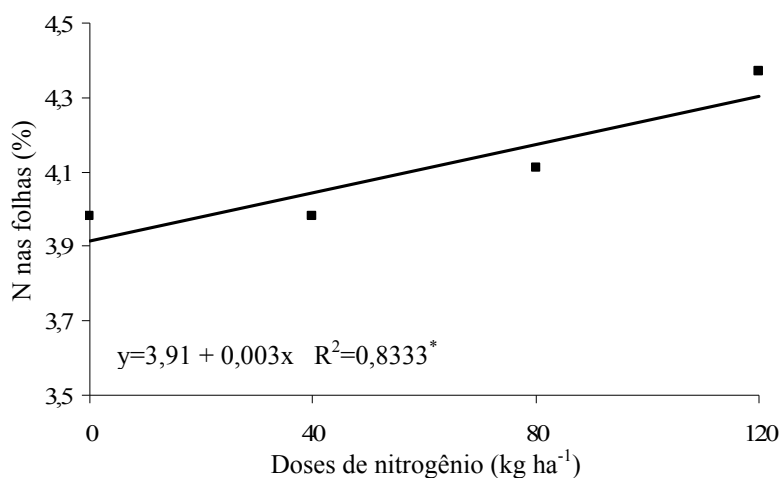


Figura 21 – Nitrogênio (N) nas folhas de feijão, cv BRS Radiante, média de cultivos sobre nove palhadas de cobertura do solo, em razão de doses de nitrogênio, na forma de uréia, aplicado em cobertura aos 20 dias após a emergência da cultura

As taxas de crescimento relativo (TCR) do feijoeiro nos primeiros 12 dias, assumindo como t_1 dois dias após emergência, variaram em razão das palhadas, de modo que a taxa de crescimento do feijão cultivado sobre milho+guandu-anão+90 kg ha⁻¹ de N foi estatisticamente maior (0,325 g g⁻¹ dia⁻¹) que as apresentadas em sucessão ao monocultivo de milho sem N (0,058 g g⁻¹ dia⁻¹) ou com 30 kg N ha⁻¹ (0,086 g g⁻¹ dia⁻¹) ou após *Brachiaria* (0,119 g g⁻¹ dia⁻¹). As taxas de crescimento relativo nos outros tratamentos variaram entre essas condições mais discrepantes em duas classes de resposta (Tabela 33). Após a realização da adubação nitrogenada em cobertura no feijoeiro, as diferenças promovidas pelas palhadas nos primeiros 12 DAE não foram identificadas nos 28 dias subsequentes, em que a TCR média foi igual a 2,49 g g⁻¹ dia⁻¹. Tal observação evidencia que a influência da palhada na TCR, quando observada, somente aconteceu no início do ciclo do feijoeiro. De acordo com a regressão quadrática da TCR₂, obtida após a aplicação de N em cobertura, verificou-se que a maior TCR foi igual foi de 2,70 g g⁻¹ dia⁻¹, correspondente à dose de 92 kg ha⁻¹ de N (Figura 22).

Tabela 33 – Taxa relativa de crescimento (TCR) de plantas de feijão, cv. BRS Radiante, sobre diferentes palhadas de cobertura do solo, e após quatro níveis de adubação nitrogenada em cobertura, inverno de 2009. Santo Antônio de Goiás- GO¹

Palhada	TCR ₁	TCR ₂				Média
		Doses de N (kg ha ⁻¹) ²				
		0	40	80	120	
Monocultivo de milho - sem N	0,058 c	2,12	2,74	2,39	2,76	2,50 a
Monocultivo de milho - 30 kg ha ⁻¹ de N ²	0,086 c	1,87	2,63	2,70	2,63	2,46 a
Monocultivo de milho - 60 kg ha ⁻¹ de N	0,192 abc	2,22	2,58	2,53	2,69	2,51 a
Monocultivo de milho - 90 kg ha ⁻¹ de N	0,226 abc	1,87	2,56	2,57	2,60	2,40 a
Milho+guandu-anão - sem N	0,196 abc	2,24	2,66	2,56	2,76	2,56 a
Milho+guandu-anão - 90 kg ha ⁻¹ N	0,325 a	1,75	2,50	2,62	2,72	2,40 a
Milho+crotalária - sem N	0,308 ab	2,22	2,63	2,76	2,60	2,55 a
Milho+crotalária - 90 kg ha ⁻¹ de N	0,285 ab	2,20	2,55	2,52	2,72	2,50 a
<i>Brachiaria brizantha</i>	0,119 bc	2,08	2,68	2,58	2,69	2,51 a
Média	0,119	2,06 B	2,61 A	2,58 A	2,69 A	-
<i>CV (%)</i>	<i>41,1</i>			<i>7,75</i>		<i>7,86</i>
<i>DMS</i>	<i>0,20</i>			<i>0,12</i>		<i>0,24</i>

¹ Médias seguidas de mesma letra, minúscula entre palhadas e maiúscula entre doses, não diferem entre si pelo teste Tukey 5%.

² Nitrogênio, na forma de uréia, aplicado aos 20 dias após a emergência da cultura.

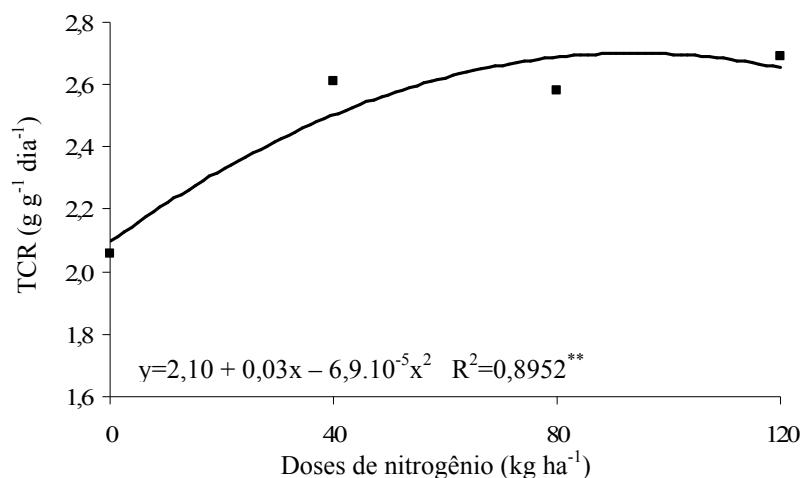


Figura 22 – Taxa de crescimento relativo (TCR) de feijão, cv. BRS Radiante, média de cultivos sobre nove palhadas de cobertura do solo, em razão de doses de nitrogênio, na forma de uréia, aplicado em cobertura aos 20 dias após a emergência da cultura

Em relação ao índice de área foliar (IAF), avaliado aos 42 DAE, observou-se pouca variabilidade entre as palhadas, sendo significativamente inferior quando o feijoeiro foi cultivado sobre a palhada exclusiva de *Brachiaria* (3,79 m² m⁻²), quando comparado ao valor obtido na palhada de milho+guandu-anão sem N (4,67 m² m⁻²) (Tabela 34). Em relação às doses de N, no entanto, o IAF pode ser representado pela regressão quadrática (Figura 23), em que o maior valor foi igual a 4,5 m² m⁻², com a dose equivalente a 100 kg ha⁻¹ de N.

Quanto à ordem de grandeza dos valores de IAF observados no presente experimento são semelhantes aos obtidos por Urchei, Rodrigues e Stone (2000), os quais obtiveram valores entre 2,2 e 3,2 m².m⁻² para os cultivares BRS Safira e Aporé, respectivamente, aos 44 DAE. Por sua vez, Sant’Ana e Silveira (2008) observaram valores inferiores, entre 0,8 e 1,5 m² m⁻², aos 40 DAE, para doses de N variando entre 30 e 240 kg ha⁻¹ e também na ausência de N.

Tabela 34 – Índice de área foliar (IAF) de feijão, cv. BRS Radiante, sobre diferentes palhadas de cobertura dos solo, após a adubação nitrogenada em cobertura, inverno de 2009. Santo Antônio de Goiás-GO¹

Palhada	IAF (m ² .m ⁻²)				
	Doses de N (kg ha ⁻¹) ²				Média
	0	40	80	120	
Monocultivo de milho - sem N	2,75	5,01	4,13	5,39	4,32 ab
Monocultivo de milho - 30 kg ha ⁻¹ de N ²	2,67	4,75	4,95	5,04	4,35 ab
Monocultivo de milho - 60 kg ha ⁻¹ de N	2,70	4,03	5,03	5,07	4,11 ab
Monocultivo de milho - 90 kg ha ⁻¹ de N	2,27	4,28	4,67	4,57	3,95 ab
Milho + guandu-anão - sem N	3,59	4,75	4,81	5,53	4,67 a
Milho + guandu-anão - 90 kg ha ⁻¹ de N	3,09	3,85	4,42	5,17	4,13 ab
Milho + crotalária - sem N	3,39	4,21	5,15	4,77	4,38 ab
Milho + crotalária - 90 kg ha ⁻¹ de N	2,78	4,25	3,99	4,73	3,94 ab
<i>Brachiaria brizantha</i>	2,88	4,17	3,48	4,61	3,79 b
Média	2,90 C	4,37 B	4,47 B	4,99 A	-
CV (%)	18,7				15,8
DMS	0,48				0,79

¹ Médias seguidas de mesma letra, minúscula entre palhadas e maiúscula entre doses, não diferem entre si pelo teste Tukey 5%.

² Nitrogênio, na forma de uréia, aplicado aos 20 dias após a emergência da cultura.

³ Valor de referência para cv. Jalo Precoce, com 120 kg de N ha⁻¹, leitura aos 43 DAE: 35,4.

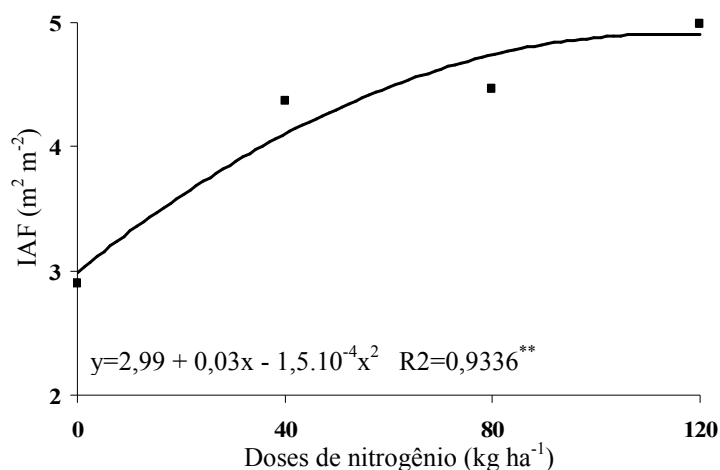


Figura 23 – Índice de área foliar (IAF) de feijão, cv. BRS Radiante, média de cultivos em nove palhadas de cobertura do solo, em razão de doses de nitrogênio, na forma de uréia, aplicado em cobertura aos 20 dias após a emergência da cultura

A atividade da redutase do nitrato (RN) determinada na folha do feijão antes da adubação nitrogenada em cobertura (20 DAE) não foi influenciada pelo tipo de palhada em que

o feijoeiro foi cultivado, seja para a determinação feita às 8:30 h ou às 13:30 h (Tabela 35). No entanto, a atividade enzima foi superior na avaliação feita às 13:30 h em razão, provavelmente, da maior intensidade luminosa, uma vez que essa enzima depende da fonte e quantidade de N e também da luminosidade (TISCHNER, 2000).

Tabela 35 – Atividade da redutase do nitrato (RN) em folhas de feijão, cv. BRS Radiante, coletadas no período da manhã e da tarde antes da adubação nitrogenada em cobertura, em cultivo sobre diferentes palhadas, inverno de 2009. Santo Antônio de Goiás-GO¹

Palhada	Atividade da RN ($\mu\text{mol NO}_2^- \text{ h}^{-1} \text{ g}^{-1} \text{ MF}$) ³		Atividade da RN ($\mu\text{mol NO}_2^- \text{ h}^{-1} \text{ g}^{-1} \text{ MS}$) ³	
	8:30 h	13:30 h	8:30 h	13:30 h
Monocultivo de milho - sem N	0,093 aB	0,205 aA	0,121 aB	0,267 aA
Monocultivo de milho - 30 kg ha ⁻¹ de N ²	0,065 aB	0,212 aA	0,088 aB	0,287 aA
Monocultivo de milho - 60 kg ha ⁻¹ de N	0,068 aB	0,231 aA	0,083 aB	0,283 aA
Monocultivo de milho - 90 kg ha ⁻¹ de N	0,091 aB	0,237 aA	0,120 aB	0,311 aA
Milho+guandu-anão - sem N	0,127 aB	0,262 aA	0,166 aB	0,343 aA
Milho+guandu-anão - 90 kg ha ⁻¹ N	0,125 aB	0,268 aA	0,163 aB	0,350 aA
Milho+crotalaria - sem N	0,156 aB	0,268 aA	0,209 aB	0,360 aA
Milho+crotalaria - 90 kg ha ⁻¹ de N	0,103 aB	0,260 aA	0,136 aB	0,342 aA
<i>Brachiaria brizantha</i>	0,148 aB	0,265 aA	0,198 aB	0,354 aA
<i>DMS entre manhã e tarde</i>		0,130		0,112
<i>DMS entre palhadas</i>		0,086		0,169
Média	0,245 A	0,108 B	0,143 B	0,322 A
<i>CV (%)</i>		45,7		47,0
<i>DMS</i>		0,061		0,082

¹ Médias seguidas de mesma letra, minúscula entre palhadas e maiúsculas entre períodos, não diferem entre si pelo teste Tukey 5%.

² Nitrogênio, na forma de uréia, aplicado aos 20 dias após a emergência do milho.

³ MF: massa de matéria fresca, MS: massa de matéria seca.

Na segunda avaliação da atividade da RN feita 29 dias após a adubação nitrogenada, que coincidiu com a fase de formação de vagem, observou-se que a atividade da enzima não variou em razão das palhadas, mas reduziu linearmente com o aumento da dose de N em feijoeiro cultivado sobre palhada de milho+guandu-anão sem N. Por outro lado, a atividade dessa enzima em folhas de feijoeiro cultivado na palhada de *B. brizantha* aumentou com o fornecimento de N a partir de 40 kg ha⁻¹ (Tabela 36; Figura 24). Nos outros tratamentos não houve resposta às doses de N aplicado no feijoeiro em cobertura.

Tabela 36 – Atividade da redutase do nitrato (RN) em folhas de feijão, cv. BRS Radiante, após a adubação nitrogenada em cobertura, em cultivo sobre diferentes palhadas, inverno de 2009. Santo Antônio de Goiás-GO¹

Palhada	Atividade RN ($\mu\text{mol NO}_2\text{.h}^{-1}\text{.g}^{-1}\text{.MF}$) ³				
	Doses de N (kg ha^{-1}) ²				Média
	0	40	80	120	
Monocultivo de milho - sem N	0,208 abA	0,223 abA	0,167 aA	0,262 aA	0,215a
Monocultivo de milho - 90 kg ha^{-1} de N	0,185 bA	0,189 abA	0,234 aA	0,256 aA	0,216a
Milho + guandu-anão - sem N	0,307 aA	0,274 aAB	0,209 aAB	0,206 aB	0,249a
Milho + crotalária - sem N	0,278 abA	0,248 abA	0,214 aA	0,287 aA	0,257a
<i>Brachiaria brizantha</i>	0,205 abAB	0,149 bB	0,238 aAB	0,290 aA	0,220a
<i>DMS palhadas</i>		0,12			-
<i>DMS doses</i>		0,10			-
Média	0,237AB	0,217AB	0,212B	0,260A	-
<i>CV (%)</i>		32,2			22,8
<i>DMS</i>		0,04			0,08

Palhada	Atividade RN ($\mu\text{mol NO}_2\text{.h}^{-1}\text{.g}^{-1}\text{.MS}$) ³				
	Doses de N (kg ha^{-1}) ²				Média
	0	40	80	120	
Monocultivo de milho -- sem N	0,272abA	0,292abA	0,218aA	0,343aA	0,281a
Monocultivo de milho - 90 kg ha^{-1} de N	0,243bA	0,248abA	0,307aA	0,335aA	0,283a
Milho + guandu-anão - sem N	0,402aA	0,359aAB	0,273aAB	0,270aB	0,326a
Milho + crotalária - sem N	0,370abA	0,332abA	0,286aA	0,385aA	0,343a
<i>Brachiaria brizantha</i>	0,272abAB	0,198bB	0,317aAB	0,385aA	0,293a
<i>DMS cada palhada</i>		0,15			-
<i>DMS doses dentro de palhada</i>		0,13			-
Média	0,312AB	0,286AB	0,280B	0,344A	-
<i>CV (%)</i>		22,6			30,3
<i>DMS</i>		0,06			0,10

¹ Médias seguidas de mesma letra, minúscula entre palhadas e maiúsculas entre doses, não diferem entre si pelo teste Tukey 5%. ² Nitrogênio, na forma de uréia, aplicado aos 20 dias após a emergência da cultura. ³ MF: massa de matéria fresca, MS: massa de matéria seca.

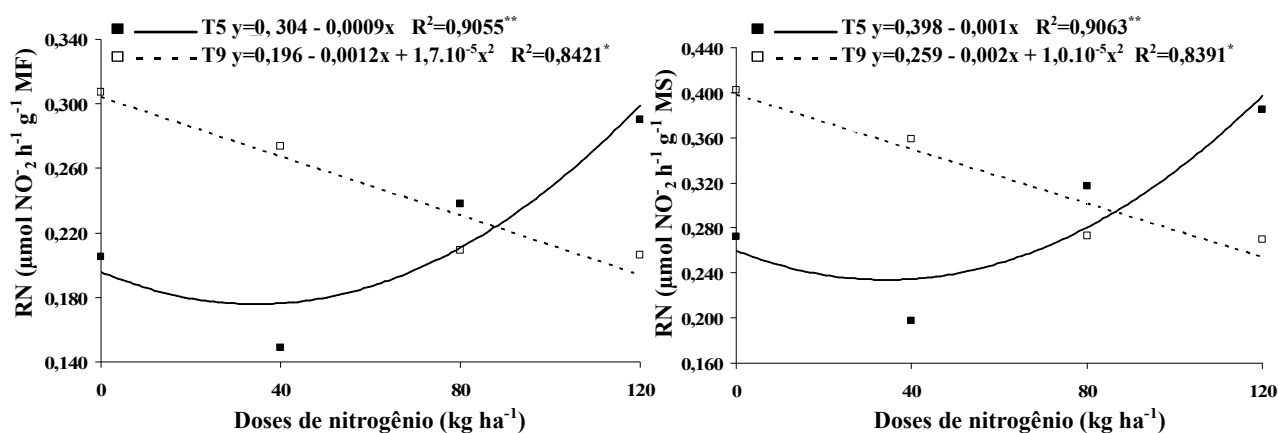


Figura 24 – Atividade da redutase do nitrato (RN) em folha de feijão, cv. BRS Radiante, em razão de doses de nitrogênio, na forma de uréia, aplicado em cobertura aos 20 dias após a emergência da cultura. T5: milho+guandu-anão - sem N; T9: *Brachiaria brizantha*

4.6 Experimento “6. Antecipação de nitrogênio em feijão no Sistema Plantio Direto – Santo Antônio de Goiás-GO”

Este experimento foi realizado para testar a hipótese “(c) a época adequada para se fazer a adubação nitrogenada em cobertura, provavelmente, continuará sendo aos 20-30 dias após a emergência da cultura no SPD, como tem sido recomendada para o sistema convencional de manejo do solo”.

A produtividade do feijoeiro obtida no presente não diferiu em razão das épocas de aplicação de N (Tabela 37). Possivelmente, a ausência de resposta está relacionada ao pequeno intervalo entre as duas épocas de aplicação (20 dias). Os dados do presente experimento não corroboram aqueles obtidos por Kluthcouski et al. (2006), os quais verificaram aumento da produtividade do feijoeiro sob antecipação do nitrogênio. De acordo com os resultados da presente pesquisa, a adubação do feijoeiro pode ser feita de uma única vez, na semeadura, sem a necessidade de cobertura.

Em relação às doses de N foi constatada resposta linear ao fornecimento do nutriente até 120 kg ha^{-1} , tanto para a aplicação antecipada quanto para a feita em cobertura (Tabela 37, Figura 25a). Tais resultados corroboram aqueles obtidos por Farinelli et al. (2006a, 2006b) e Crusciol et al. (2007) em feijoeiro cultivado sobre palhadas de gramíneas.

Ressalta-se que tanto no presente experimento quanto no Experimento 5 (Feijão em sucessão na palhada de milho com leguminosas – Santo Antônio de Goiás-GO), a produtividade média do feijoeiro mesmo na ausência de N é elevada (2.493 kg ha^{-1}). Provavelmente, esta resposta se deve ao sistema de rotação com pastagem de *Brachiaria* nos anos anteriores à realização da pesquisa. A decomposição dos resíduos da parte aérea ou das raízes da forrageira incorporadas ao solo liberou N em quantidade suficiente para a obtenção da referida produtividade.

Os componentes do rendimento, número de vagens por planta, número de grãos por vagem e massa de 100 grãos não foram influenciados pela época de aplicação do N (Tabela 37). A quantidade de grãos por vagem, por sua vez, variou linearmente em função das doses de N fornecidas ao feijoeiro até a aplicação de 120 kg ha^{-1} (Figura 25b).

Tabela 37 – Produtividade de feijão, cv. BRS Radiante, massa de 100 grãos e números de vagem por planta e de grãos por vagem em razão do manejo do nitrogênio, inverno de 2009. Santo Antônio de Goiás-GO¹

Época de aplicação de nitrogênio ²	Produtividade (kg ha ⁻¹)				
	Doses de N (kg ha ⁻¹)				
	0	40	80	120	Média
Cobertura ³	2.452 aB	2.694 aB	2.737 aB	3.117 aA	2.750 a
Antecipado ⁴	2.533 aB	2.771 aB	2.767 aB	3.160 aA	2.808 a
<i>DMS entre doses</i>	318				-
<i>DMS entre épocas</i>	247				-
Média	2.493 C	2.733 B	2.752 B	3.139 A	-
<i>CV (%)</i>	5,72				6,64
<i>DMS</i>	225				208

Época de aplicação de nitrogênio ²	Massa de 100 grãos (g)				
	0	40	80	120	Média
	Cobertura	42,2	41,8	42,1	43,5
Antecipado	41,2	41,7	41,9	41,3	41,5 a
Média	41,7 A	41,7 A	42,0 A	42,4 A	-
<i>CV (%)</i>	2,93				2,61
<i>DMS</i>	1,74				1,23

Época de aplicação de nitrogênio ²	Vagem planta ⁻¹					Grãos por vagem ⁻¹				
	0	40	80	120	Média	0	40	80	120	Média
	Cobertura	8,00	9,80	8,85	12,05	9,67a	3,68	3,83	3,95	4,15
Antecipado	10,35	8,75	9,75	10,70	9,89a	3,86	4,20	3,99	4,21	4,06 a
Média	9,17A	9,27A	9,30A	11,37A	-	3,77B	4,01AB	3,97AB	4,18A	-
<i>CV (%)</i>	17,8				19,33	5,62				6,67
<i>DMS</i>	2,46				2,13	0,32				0,30

¹ Médias seguidas de mesma letra, minúscula entre épocas e maiúscula entre doses, não diferem entre si pelo teste Tukey 5%.

² Nitrogênio na forma de uréia.

³ Cobertura aos 20 dias após a emergência do feijão.

⁴ Antecipação aos dois dias após a semeadura do feijão.

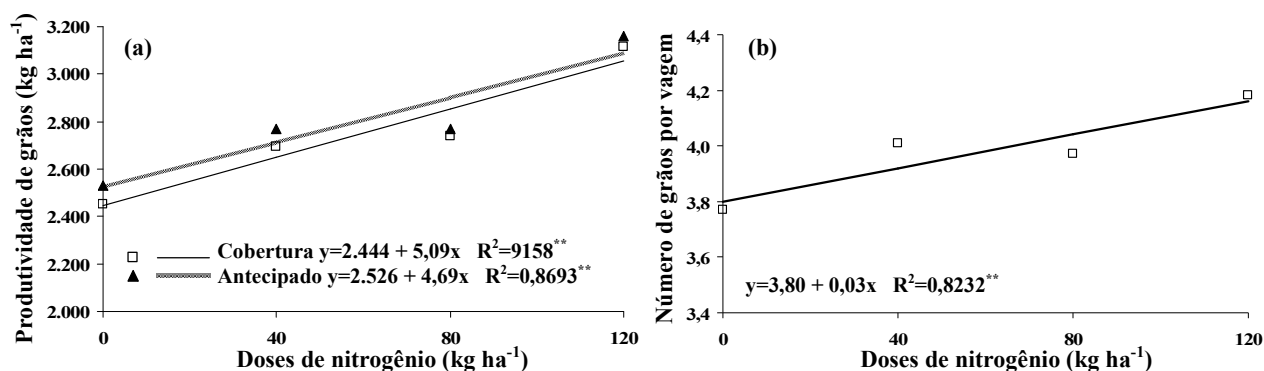


Figura 25 – Produtividade de feijão (a), cv. BRS Radiante, em duas épocas de aplicação de adubação nitrogenada, e número de grãos por vagem (b), média de duas épocas, em razão de doses de nitrogênio aplicado na forma de uréia

A TCR do feijoeiro referente ao período entre 20 e 42 DAE, ou seja, após a aplicação de N em cobertura, apresentou interação entre épocas de aplicação e doses de N fornecidas à cultura, em que verificou-se ausência de resposta às doses de N feita em cobertura (Tabela 38). Por outro lado, quando a aplicação foi antecipada, houve resposta linear da TCR para a aplicação de até 120 kg ha⁻¹ de N (Figura 26).

Tabela 38 – Taxa de crescimento relativo (TCR) do feijoeiro em razão do manejo do nitrogênio, inverno de 2009. Santo Antônio de Goiás-GO¹

Época de aplicação de nitrogênio ²	TCR (g g ⁻¹ dia ⁻¹)				
	Doses de N (kg ha ⁻¹)				Média
	0	40	80	120	
Cobertura ³	0,773 aA	0,849 aA	0,782 bA	0,807 bA	0,803 a
Antecipado ⁴	0,745 aB	0,843 aA	0,902 aA	0,924 aA	0,853 a
<i>DMS doses</i>	0,096				-
<i>DMS épocas</i>	-				0,093
Média	0,759 B	0,846 A	0,842 A	0,865 A	-
<i>CV (%)</i>	5,80				10,10
<i>DMS médias</i>	0,068				0,094

¹ Médias seguidas de mesma letra, minúscula entre épocas e maiúscula entre doses, não diferem entre si pelo teste Tukey 5%.

² Nitrogênio na forma de uréia.

³ Cobertura aos 20 dias após a emergência do feijão.

⁴ Antecipação aos dois dias após a semeadura do feijão.

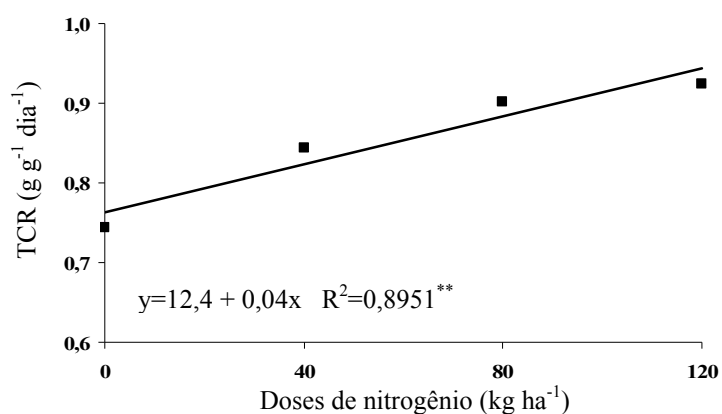


Figura 26 – Taxa de crescimento relativo (TCR) do feijoeiro cv. BRS Radiante em função de doses de nitrogênio aplicado, na forma de uréia, dois dias após a semeadura.

4.7 Experimento “7. Antecipação de nitrogênio em cultivares de feijão em duas palhadas de cobertura do solo – Santo Antônio de Goiás-GO”

Este experimento foi realizado para testar a hipótese “(c) a época adequada para se fazer a adubação nitrogenada em cobertura, provavelmente, continuará sendo aos 20-30 dias após a emergência da cultura no SPD, como tem sido recomendada para o sistema convencional de manejo do solo”.

Assim, o principal objetivo desse experimento foi o de avaliar o efeito do manejo do N e fontes de cobertura do solo em cinco cultivares de feijão, com diferentes características fenotípicas, portanto, supostamente reagem distintamente em relação ao manejo do N. Para que os resultados sejam interpretados sem possíveis vieses, deve-se observar algumas características desses cultivares, expostas na Tabela 39.

Tabela 39 – Principais características de cinco cultivares de feijão

Cultivar	Ciclo (dias)¹	Arquitetura	Grupo comercial	Massa 100 grãos (g)
BRS Radiante	P (< 75)	Ereto	Manteigão/rajado	44
BRS Pontal	N (85-90)	Semi-prostado	Carioca	26
BRS Estilo	N (85-90)	Ereto	Carioca	26
BRS Esplendor	N (85-90)	Ereto	Preto	22
BRS Embaixador	SP(75-85)	Ereto	Vermelho graúdo	63

¹P = Precoce; N = Normal e SP = Semi-precoce

A partir do apresentado, observa-se na Tabela 40 que, em média, houve efeito significativo da aplicação de N, em que a aplicação antecipada foi superior àquela feita em cobertura. Observa-se também na Tabela 40 que o número de vagens por planta não variou tanto para dose quanto para o modo de aplicação de N. Os resultados obtidos no presente experimento indicam que a antecipação do N é um modo de aplicação do fertilizante que deve mais estudado para fins de recomendação, uma vez que a antecipação é operacionalmente vantajosa em relação à cobertura.

A produtividade do feijoeiro variou em relação à palhada, sendo superior sobre resíduos de soja, em que produziu, em média, 3.359 kg ha⁻¹, enquanto sobre a palhada de milho+*Brachiaria*, a média foi de 2.749 kg ha⁻¹, sem que tenha havido diferença para o número de vagens por planta. Tais resultados podem ser explicados pela ausência de manejo com triton na palhada de milho+*Brachiaria* cuja altura média era de 30 cm (Figura 14), reduzindo o estande

em 22 mil plantas por hectare, além de provocar estiolamento do feijoeiro (diagnose visual); assim como pela provável competição por N (solo e fertilizante) entre o feijoeiro e os micro-organismos do solo para decomposição da palhada de milho+*Brachiaria*.

Tabela 40 – Produtividade de grãos e número de vagens por planta de cinco cultivares de feijão em duas palhadas de cobertura do solo em razão do manejo do nitrogênio, inverno de 2009. Santo Antônio de Goiás-GO¹

Adubação (kg de N ha ⁻¹) ²	Cultivar	Produtividade (kg ha ⁻¹)		Vagens planta ⁻¹	
		Palhada de soja	Palhada de milho+ <i>Brachiaria</i>	Palhada de soja	Palhada de milho+ <i>Brachiaria</i>
0 N	BRS Radiante	3.164	2.151	8,1	9,5
	BRS Pontal	2.822	2.340	13,3	12,6
	BRS Estilo	3.053	2.737	12,5	14,2
	BRS Esplendor	2.918	2.677	8,7	8,5
	BRS Embaixador	3.149	2.497	9,7	10,8
Média 0 N em cada palhada		3.021	2.480	10,5	11,2
Média sem N		2.751 c		10,8 a	
80 em cobertura ³	BRS Radiante	4.022	2.558	10,9	9,4
	BRS Pontal	2.808	2.435	7,6	9,5
	BRS Estilo	3.497	2.772	13,4	13,5
	BRS Esplendor	3.336	2.688	11,7	9,2
	BRS Embaixador	3.622	2.821	12,5	10,8
Média N cobertura em cada palhada		3.457	2.655	11,2	10,5
Média cobertura		3.056 b		10,9 a	
80 antecipado ⁴	BRS Radiante	4.241	2.813	9,7	9,0
	BRS Pontal	2.896	2.714	13,0	12,8
	BRS Estilo	3.569	3.783	14,8	14,4
	BRS Esplendor	3.483	3.008	10,6	10,0
	BRS Embaixador	3.804	3.236	12,0	13,2
Média N antecipado em cada palhada		3.599	3.111	12,1	11,9
Média antecipação		3.355 a		12,0 a	
<i>DMS médias adubação em cada palhada</i>		<i>ns</i>		<i>ns</i>	
<i>DMS médias adubação</i>		<i>213</i>		<i>1,26</i>	
<i>CV (%) adubação</i>		<i>12,9</i>		<i>20,3</i>	
Médias palhada		3.359 A	2.749 B	11,3 A	11,2 A
<i>CV (%) palhada</i>		<i>15,4</i>		<i>14,7</i>	
<i>DMS palhada</i>		<i>183</i>		<i>0,64</i>	

¹ Médias seguidas de mesma letra, minúscula entre adubações e maiúscula entre palhadas, não diferem entre si pelo teste Tukey 5%.

² Nitrogênio na forma de uréia.

³ Cobertura aos 29 dias após a emergência do feijão.

⁴ Antecipação no dia da emergência do feijão.

O número de grãos por vagem respondeu à aplicação de 80 kg ha⁻¹ de N aplicado antecipadamente na cultura do feijoeiro, independentemente de ser feita sobre palhada de soja ou de milho+*Brachiaria* (Tabela 41). Em relação à massa de grãos não houve diferença para dose de N e o modo de aplicação.

Tabela 41 – Números de vagens por planta e de grãos por vagem de cinco cultivares de feijão em duas palhadas de cobertura do solo em razão do manejo do nitrogênio, inverno de 2009. Santo Antônio de Goiás-GO¹

Adubação (kg de N ha ⁻¹) ²	Cultivar	Grãos vagem ⁻¹		Massa de 100 grãos (g)	
		Palhada de soja	Palhada de milho+ <i>Brachiaria</i>	Palhada de soja	Palhada de milho+ <i>Brachiaria</i>
0 N	BRS Radiante	3,91	3,46	44,5	41,0
	BRS Pontal	5,66	5,88	20,8	23,0
	BRS Estilo	4,68	4,59	23,6	25,0
	BRS Esplendor	5,51	5,44	17,4	18,0
	BRS Embaixador	3,42	3,28	60,7	61,2
Média 0 N em cada palhada		4,64	4,53	33,4	33,7
Média sem N		4,58 b		33,5 a	
80 em cobertura ³	BRS Radiante	3,96	3,57	45,4	41,9
	BRS Pontal	5,76	5,48	21,0	21,7
	BRS Estilo	5,01	4,95	23,6	25,2
	BRS Esplendor	5,84	5,34	17,8	19,0
	BRS Embaixador	3,34	3,33	59,5	58,5
Média N cobertura em cada palhada		4,78	4,53	33,5	33,3
Média cobertura		4,66 ab		33,4 a	
80 antecipado ⁴	BRS Radiante	3,90	3,79	45,0	42,9
	BRS Pontal	5,81	6,19	21,3	21,8
	BRS Estilo	5,07	4,88	23,5	25,9
	BRS Esplendor	5,95	5,71	18,5	18,8
	BRS Embaixador	3,39	3,30	59,5	60,6
Média N antecipado em cada palhada		4,83	4,77	33,6	34,0
Média antecipação		4,80 a		33,8 a	
<i>DMS médias adubação em cada palhada</i>		<i>ns</i>			
<i>DMS médias adubação</i>		<i>0,16</i>		<i>0,84</i>	
<i>CV (%) adubação</i>		<i>6,40</i>		<i>4,67</i>	
Médias palhada		4,75 A	4,62 A	33,5 A	33,6 A
<i>CV (%) palhada</i>		<i>7,73</i>		<i>6,47</i>	
<i>DMS palhada</i>		<i>0,14</i>		<i>0,85</i>	

¹ Médias seguidas de mesma letra, minúscula entre adubações e maiúscula entre palhadas, não diferem entre si pelo teste Tukey 5%.

² Nitrogênio na forma de uréia.

³ Cobertura aos 29 dias após a emergência do feijão.

⁴ Antecipação no dia da emergência do feijão.

Na média das duas palhadas e das três adubações nitrogenadas, os componentes de rendimento foram afetados, sendo que BRS Radiante, BRS Estilo e BRS Embaixador foram os mais produtivos. BRS Esplendor apresentou resposta intermediária, não diferenciando estatisticamente dos primeiros, bem como do BRS Pontal, que foi o menos produtivo. Essas diferenças (números de vagens por planta e de grãos por vagem, massa de 100 grãos e produtividade) são devido aos atributos dos cultivares (Tabela 42).

Tabela 42 – Valores médios de vagens por planta, grãos por vagem, massa de 100 grãos e produtividade de cinco cultivares de feijão, inverno de 2009. Santo Antônio de Goiás-GO^{1,2}

Cultivar	Vagens planta⁻¹	Grãos vagem⁻¹	Massa de 100 grãos (g)	Produtividade (kg ha⁻¹)
BRS Radiante	9,5 b	3,77 c	43,5 b	3.158 a
BRS Pontal	11,5 ab	5,80 a	21,6 d	2.669 b
BRS Estilo	13,8 a	4,87 b	24,5 c	3.235 a
BRS Esplendor	9,8 b	5,63 a	18,3 e	3.018 ab
BRS Embaixador	15,5 ab	3,34 d	60,0 a	3.188 a
<i>CV (%)</i>	<i>26,9</i>	<i>7,15</i>	<i>3,81</i>	<i>13,0</i>
<i>DMS</i>	<i>2,69</i>	<i>0,30</i>	<i>1,14</i>	<i>354</i>

¹ Médias seguidas de mesma letra minúscula, entre cultivares, não diferem entre si pelo teste Tukey 5%.

² Médias de cultivos em duas palhadas de cobertura do solo e três tipos de adubação nitrogenada.

Os dados da análise de nitrato e amônio no solo sob as palhadas de soja e milho+*Brachiaria* estão apresentados na Tabela 43. Não houve diferença para do teor de amônio tanto em profundidade quanto em relação ao tipo de palhada presente no solo. Para o nitrato observou-se diferença em relação à palhada, em que verificou-se menor quantidade (NO_3^- : 34,5 mg kg⁻¹ solo seco⁻¹) no solo sob palhada de milho+*Brachiaria* comparado ao teor determinado sob palhada de soja (NO_3^- : 55,8 mg kg⁻¹ solo seco⁻¹). Tais observações podem ser explicadas seja pela liberação de nitrato por parte da palhada de soja bem como pelo consumo pelos micro-organismos durante a decomposição da palhada de milho+*Brachiaria* (fonte de C).

O fato de o solo sob palhada de soja ter apresentado maiores teores de nitrato antes da semeadura do feijão explica, em parte, a maior produtividade de grãos apresentada na Tabela 40.

Tabela 43 – Teores de amônio e nitrato no solo sob duas palhadas de cobertura, em duas profundidades, antes da semeadura de cinco cultivares de feijão, inverno de 2009. Santo Antônio de Goiás-GO¹

Profundidade	NH ⁴⁺ (mg kg ⁻¹ solo seco)		NO ₃ ⁻ (mg kg ⁻¹ solo seco)	
	Palhada de soja	Palhada de milho+ <i>Brachiaria</i>	Palhada de soja	Palhada de milho+ <i>Brachiaria</i>
0-10	3,35 a	4,93 a	67,7 a	36,4 a
10-20	4,02 a	3,20 a	43,9 a	32,6 a
Médias palhada	3,68 A	4,06 A	55,8 A	34,5 B
<i>CV (%) palhada</i>		9,5		19,5
<i>DMS palhada</i>		0,59		14,0

¹ Médias seguidas de mesma letra, minúscula entre profundidades e maiúscula entre palhadas, não diferem entre si pelo teste Tukey 5%.

No que concerne à concentração dessas formas de N no solo após a aplicação do N antecipadamente (dois dias após a semeadura) e em cobertura (22 DAE), ocorreu uma grande variabilidade na concentração de N-amônio, devido à instabilidade dessa forma no solo. Houve diferença entre as médias de palhadas, independentemente do modo de aplicação do N e das profundidades, em que os maiores teores de amônio foram verificados na profundidade de 10 a 20 cm sob palhada de soja, o que pode ser explicado pela mobilização desse cátion (Tabela 44). Em relação ao N-nitrato, foi observada diferença entre as palhadas apenas quando o N foi aplicado no dia da emergência do feijoeiro, em que o solo sob palhada de soja apresentou maior teor de nitrato (NO₃⁻: 133,3 mg kg⁻¹ solo seco⁻¹) comparado com o observado sob palhada de milho+*Brachiaria* (NO₃⁻: 97,2 mg kg⁻¹ solo seco⁻¹). Na média das palhadas, no solo em que foi feita a aplicação antecipada de N, a quantidade de nitrato (115,3 mg kg⁻¹ solo seco⁻¹), foi superior àquela observada quando o nitrogênio foi aplicado em cobertura (59,4 mg kg⁻¹ solo seco⁻¹). O menor valor encontrado para a aplicação em cobertura se deve à diferença entre o momento em que foi aplicado o N no solo e a sua coleta para avaliação, que foi da ordem de 20 dias para a aplicação em cobertura e 40 para o fornecimento antecipado, período diferente para as transformações de N no solo.

Tabela 44 – Teores de amônio e nitrato no solo sob duas palhadas de cobertura, em duas profundidades, 20 dias após a adubação nitrogenada em cobertura no feijoeiro BRS Embaixador, inverno de 2009. Santo Antônio de Goiás-GO¹

Nitrogênio (80 kg ha ⁻¹)	Profundidade	NH ⁴⁺ (mg kg ⁻¹ solo seco)		NO ₃ ⁻ (mg kg ⁻¹ solo seco)	
		Palhada de soja	Palhada de milho+ <i>Brachiaria</i>	Palhada de soja	Palhada de milho+ <i>Brachiaria</i>
Antecipado	0-10	22,7 b	4,2 a	139,7	100,3
	10-20	75,0 a	29,4 a	127,0	94,1
Média N antecipado em cada palhada		48,9	16,8	133,3 aA	97,2 aB
<i>Média N antecipado geral</i>		<i>32,8 a</i>		<i>115,3 a</i>	
Cobertura	0-10	4,3 b	4,4 b	73,4	53,9
	10-20	73,2 a	36,9 a	44,2	66,2
Média N cobertura em cada palhada		38,8	20,7	58,8 bA	60,0 bA
<i>Média N cobertura geral</i>		<i>29,7 a</i>		<i>59,4 b</i>	
<i>DMS para N em cada palhada</i>		<i>18,1</i>		<i>31,1</i>	
<i>DMS para N geral</i>		<i>12,8</i>		<i>22,0</i>	
Médias palhada		43,8 A	18,7 B	96,1 A	78,6 A
<i>CV (%) palhada</i>		<i>45,1</i>		<i>18,3</i>	
<i>DMS palhada</i>		<i>15,9</i>		<i>18,0</i>	

¹ Médias seguidas de mesma letra, minúscula entre profundidades, minúscula negrito entre adubações e maiúscula entre palhadas, não diferem entre si pelo teste Tukey 5%.

² Nitrogênio na forma de uréia.

³ Cobertura aos 29 dias após a emergência do feijão.

⁴ Antecipação no dia da emergência do feijão.

Em relação à produção de MS de feijão, observa-se na Tabela 45 que, em média, a antecipação conferiu plantas maiores, diferindo estatisticamente da condição sem N, de modo que as plantas adubadas com N em cobertura não diferiram das anteriores. Entretanto, não foi observado efeito para média MS em razão das palhadas de cobertura do solo, 11,8 g planta⁻¹ em palhada de soja e 12,7 g planta⁻¹ na palhada de milho+*Brachiaria*. Contudo, por tratar-se de cultivares de feijão com diferentes ciclos reprodutivos e hábitos de crescimento, foram registradas diferenças nas médias de MS (Tabela 46) semelhantes às observadas na produtividade de grãos.

Tabela 45 – Massa de matéria seca da parte aérea (MSPA) de cinco cultivares de feijão em duas palhadas de cobertura do solo, com três manejos de nitrogênio, após a adubação nitrogenada em cobertura, inverno de 2009. Santo Antônio de Goiás-GO¹

Adubação (kg de N ha ⁻¹) ²	Cultivar	MSPA (g planta ⁻¹)	
		Palhada de soja	Palhada de milho+ <i>Brachiaria</i>
0 N	BRS Radiante	10,4	15,4
	BRS Pontal	11,0	13,0
	BRS Estilo	10,3	11,0
	BRS Esplendor	6,8	9,0
	BRS Embaixador	14,8	12,2
Média 0 N em cada palhada		10,7 aA	10,7 aA
<i>Média sem N</i>		<i>11,4 b</i>	
80 em cobertura ³	BRS Radiante	14,2	13,7
	BRS Pontal	9,3	10,7
	BRS Estilo	15,4	11,3
	BRS Esplendor	7,8	9,4
	BRS Embaixador	16,8	12,0
Média N cobertura em cada palhada		12,7 aA	11,4 bA
<i>Média cobertura</i>		<i>12,1 ab</i>	
80 antecipado ⁴	BRS Radiante	14,2	18,6
	BRS Pontal	10,4	13,0
	BRS Estilo	10,5	14,3
	BRS Esplendor	8,3	10,6
	BRS Embaixador	16,1	18,3
Média N antecipado em cada palhada		11,9 aB	15,0 aA
<i>Média antecipação</i>		<i>13,4 a</i>	
<i>DMS médias adubação em cada palhada</i>		<i>2,09</i>	
<i>DMS médias adubação</i>		<i>1,48</i>	
<i>CV (%) adubação</i>		<i>25,0</i>	
Médias palhada		11,8 A	12,7 A
<i>CV (%) palhada</i>		<i>23,1</i>	
<i>DMS palhada</i>		<i>1,65</i>	

¹ Médias seguidas de mesma letra, minúscula entre adubações e maiúscula entre palhadas, não diferem entre si pelo teste Tukey 5%.

² Nitrogênio na forma de uréia.

³ Cobertura aos 29 dias após a emergência do feijão.

⁴ Antecipação no dia da emergência do feijão.

Tabela 46 – Médias de massa de matéria seca de parte (MSPA) de cinco cultivares de feijão, inverno de 2009. Santo Antônio de Goiás-GO^{1,2}

Média (g.planta ⁻¹)	BRS Radiante	BRS Pontal	BRS Estilo	BRS Esplendor	BRS Embaixador
MSPA	14,4 a	11,2 bc	12,1 ab	8,6 c	15,1 a
CV (%)	28,0				
DMS	3,08				

¹ Médias seguidas de mesma letra minúscula, entre cultivares, não diferem entre si pelo teste Tukey 5%.

² Médias de cultivos em duas palhadas de cobertura do solo e três tipos de adubação nitrogenada.

4.8 Experimento “8. Métodos de aplicação de nitrogênio em feijão no Sistema Plantio Direto – Santo Antônio de Goiás-GO”

Este experimento foi idealizado para testar uma hipótese levantada durante a idealização dos outros experimentos, na qual se pressupõe que o N incorporado ao solo garante maior produtividade comparado à aplicação superficial do fertilizantes, seja próximo à linha de semeadura ou em área total.

Em relação ao efeito de diferentes métodos de aplicação de N em cobertura (20 DAE), sobre a produtividade do feijão, não observou-se interação entre os tratamentos (métodos *versus* doses). A menor produtividade média ocorreu na aplicação a lanço, não havendo diferença entre a aplicação na linha e incorporada (Tabela 47). Ressalta-se que a irrigação foi realizada imediatamente após a aplicação do fertilizante, o que pode ter contribuído de modo a igualar os resultados entre incorporação ou não do adubo aplicado na linha de semeadura. Assim, considera-se que a aplicação na linha seguida de irrigação tem efeito igual ao de incorporação do fertilizante ao solo. Esses resultados corroboram os obtidos por Lara Cabezas, Korndorfer e Motta (1997) e Andreotti et al. (2005). No tocante às doses de N, foi observada resposta quadrática às doses de N, em que a máxima produtividade (3.208 kg ha⁻¹) equivale a aplicação de 89 kg ha⁻¹ de N (Figura 27a).

Em relação aos componentes do rendimento (números de vagens por planta e de grãos por vagem, massa de 100 grãos e massa de matéria seca por planta) não se observou diferença para o método de aplicação do N e para as doses de N, exceto para MS de planta a qual respondeu linearmente até o fornecimento de 120 kg ha⁻¹ (Figura 27b). Esses resultados corroboram os obtidos por Arf et al. (2004), em que as doses de N em cobertura também variaram de zero a 120 kg N ha⁻¹.

Tabela 47 – Produtividade de feijão, cv. BRS Radiante, seus componentes de produção e massa de matéria seca (MS), sob diferentes formas de aplicação de nitrogênio em cobertura, inverno de 2009. Santo Antônio de Goiás-GO¹

Formas de aplicação de nitrogênio	Produtividade (kg ha ⁻¹)				
	Doses de N (kg ha ⁻¹) ²				Média
	0	40	80	120	
Lanço	2.567	2.784	2.641	2.892	2.721 b
Linha³	2.567	3.432	3.171	3.247	3.104 a
Incorporado⁴	2.567	3.345	3.316	3.408	3.159 a
Média	2.567 B	3.187 A	3.043 A	3.182 A	-
<i>CV (%)</i>		9,88			7,85
<i>DMS</i>		330			232
	Vagens planta ⁻¹				
Lanço	9,90	9,75	9,55	10,40	Média
Linha	9,90	10,50	8,90	9,55	9,90 a
Incorporado	9,90	12,45	9,85	11,90	9,71 a
Média	9,90A	10,90A	9,43A	10,62A	11,02 a
<i>CV (%)</i>		21,0			20,8
<i>DMS</i>		2,40			2,10
	Grãos vagem ⁻¹				
Lanço	3,72	3,81	3,76	3,83	3,78 a
Linha	3,72	3,80	3,93	3,83	3,82 a
Incorporado	3,72	3,89	3,84	3,87	3,83 a
Média	3,72A	3,83A	3,84A	3,84A	-
<i>CV (%)</i>		8,25			6,99
<i>DMS</i>		0,35			0,26
	Massa de 100 grãos (g)				
Lanço	45,5	44,1	45,8	44,7	45,0 a
Linha	45,5	43,3	44,7	44,2	44,4 a
Incorporado	45,5	41,6	43,4	44,6	43,8 a
Média	45,5 A	43,0 A	44,6A	44,5A	-
<i>CV (%)</i>		5,25			5,07
<i>DMS</i>		2,61			2,23
	MS (g planta ⁻¹)				
Lanço	8,8	11,1	15,5	19,8	13,8 a
Linha	8,8	11,1	17,2	16,5	13,4 a
Incorporado	8,8	11,5	18,1	15,5	13,5 a
Média	8,8 B	11,2B	16,9A	17,3A	-
<i>CV (%)</i>		24,0			22,5
<i>DMS</i>		3,63			3,01

¹ Médias seguidas de mesma letra, minúscula entre métodos e maiúscula entre doses, não diferem entre si pelo teste Tukey 5%. ² Nitrogênio na forma de uréia. ³ Aplicação superficial na linha de semeadura. ⁴ Aplicação incorporada na linha de semeadura.

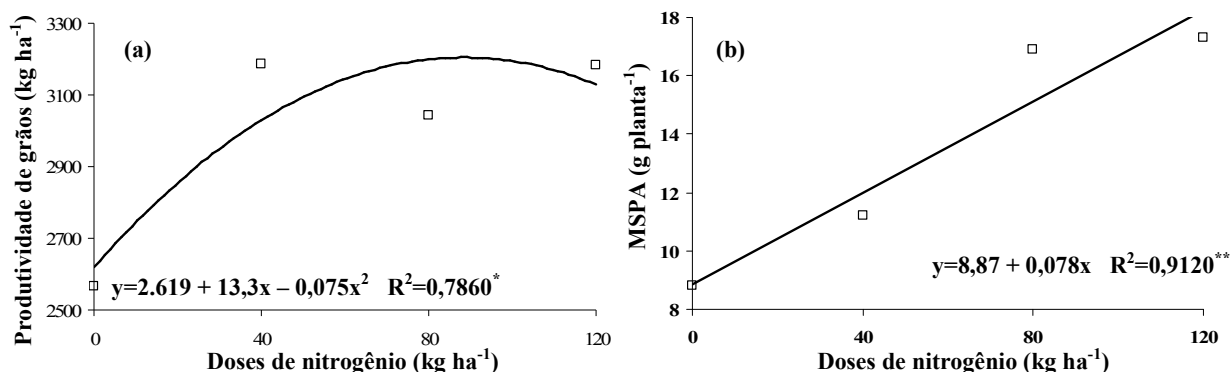


Figura 27 – Produtividade de grãos (a) e massa da matéria seca da parte aérea (MSPA) (b) de feijão cv. BRS Radiante, média de três métodos de aplicação do fertilizante nitrogenado, em razão de doses de nitrogênio, na forma de uréia, aplicado aos 20 dias após a emergência da cultura

4.9 Experimento “9. Manejo de nitrogênio no milho em sucessão ao feijão – Santo Antônio de Goiás-GO”

Ressalta-se que este experimento foi implantado após o feijão cultivado no inverno de 2009 (Experimento 5 – Feijão em sucessão ao milho com leguminosas) em que as doses de N aplicado em cobertura foram disponibilizadas no campo da mesma forma que no experimento anterior, ou seja, as parcelas sem N em cobertura no cultivo do feijão foram as mesmas sem N no cultivo do milho do presente experimento. As demais doses seguiram esse mesmo procedimento.

O efeito da palhada de milho em monocultivo ou consorciado com leguminosas na verão de 2008/2009 após o cultivo de feijoeiro no inverno de 2009 não influenciou na produtividade do milho no verão de 2009/2010 (Tabela 48). O efeito positivo das palhadas foi observado no cultivo de feijoeiro (Experimento 5) o que explicaria a ausência de resposta no cultivo de milho subsequente. Os resultados do presente experimento corroboram os dados obtidos por Genro Junior et al. (2009), os quais, também, não observaram influência da rotação com guandu em monocultivo na produtividade de milho, soja, aveia e trigo.

A ausência de diferença em relação às médias das palhadas pode ser explicada pela possibilidade do N proveniente das leguminosas envolvidas no consórcio, no primeiro ano de cultivo, ter sido, em grande parte, mantido na forma orgânica. Uma porção que pode ter sido

mineralizada, teria sido absorvida pela cultura do feijão na safra de inverno, de modo a não surtir efeito na produtividade do milho no segundo ano.

Assim, ao avaliar outros resultados da literatura, pode-se compreender os resultados obtidos no presente estudo. O efeito da palhada de crotalaria (*C. juncea*) na produtividade de milho em sucessão foi também verificado por Silva et al. (2006) no primeiro ano de cultivo, de modo que no segundo ano o rendimento médio foi igual à sucessão sobre palhada de milho. Os autores explicam que os efeitos residuais de fontes de N, seja mineral, seja orgânica, apresentam-se diferentemente para cada sistema adotado, e a magnitude de resposta depende, em parte, das práticas de manejo do solo e dos resíduos vegetais, culturas empregadas, intensidade de exploração da área e das condições climáticas, as quais influenciam diretamente a atividade da microbiota do solo, mediadora dos processos de mineralização/imobilização do N.

No entanto, o que se observa neste experimento é o efeito da dose de N aplicado em cobertura na cultura do milho tendo havido resposta linear até 120 kg ha⁻¹ de N (Figura 28a). O número de espigas por planta, por sua vez, variou significativamente apenas na média do primeiro tratamento, sucessão milho em monocultivo seguido de feijão (0,99), em relação ao milho consorciado com crotalaria, também seguido de feijão (1,13). Em relação à interação entre as palhadas proporcionadas pelo cultivo no verão de 2008/2009 e as doses de N aplicadas em cobertura no milho no verão de 2009/2010, verificou-se um comportamento sem explicação biológica (Figura 28b).

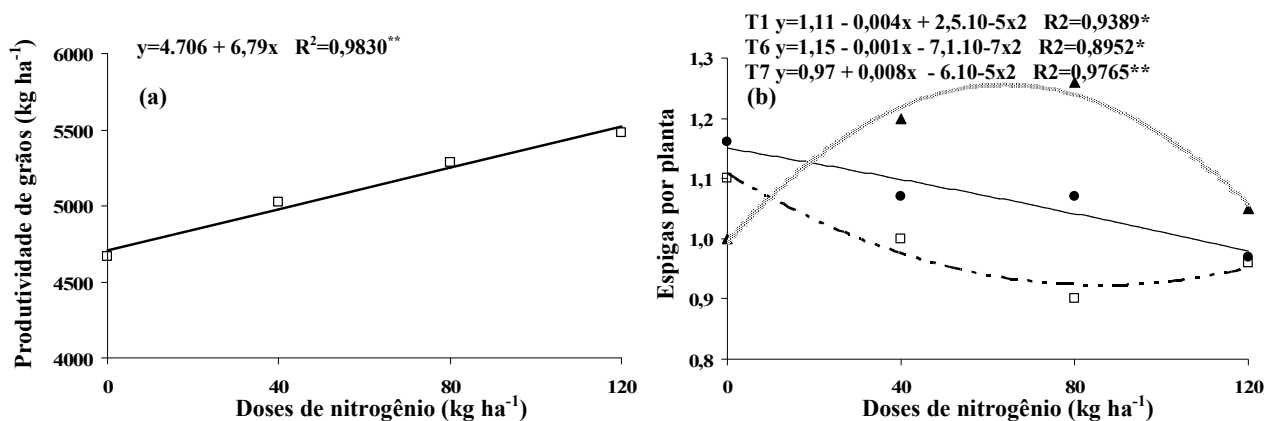


Figura 28 – Produtividade de grãos (a) e número de espigas por planta de milho (b), médias de cultivos sobre nove palhadas de cobertura do solo, em razão de doses de nitrogênio, na forma de uréia, aplicado em cobertura aos 20 dias após a emergência da cultura

Tabela 48 – Produtividade de milho, híbrido AG 2040 e número de espigas por planta cultivado em sucessão à palhada de feijão (após cultivo de milho com leguminosas), verão de 2009/2010. Santo Antônio de Goiás-GO¹

Palhada anterior ao cultivo de feijão	Produtividade (kg ha ⁻¹)				Média
	Doses de N (kg ha ⁻¹) ²				
	0	40	80	120	
Monocultivo de milho - sem N	4.472	5.098	4.629	4.746	4.736 a
Monocultivo de milho 30 kg ha ⁻¹ de N ²	4.368	4.947	5.124	5.663	5.025 a
Monocultivo de milho - 60 kg ha ⁻¹ de N	4.532	5.256	5.419	5.810	5.254 a
Monocultivo de milho - 90 kg ha ⁻¹ de N	4.695	4.979	5.528	5.755	5.239 a
Milho+guandu-anão - sem N	5.077	5.063	5.903	5.743	5.447 a
Milho+guandu-anão - 90 kg ha ⁻¹ de N	4.785	4.929	5.143	5.332	5.047 a
Milho+crotalária - sem N	4.654	4.858	5.382	5.341	5.041 a
Milho+crotalária - 90 kg ha ⁻¹ de N	4.734	5.036	5.151	5.465	5.096 a
Média	4.665 B	5.021 AB	5.285 A	5.482 A	-
<i>CV (%)</i>		15,6			18,4
<i>DMS</i>		525			1.116
	Espigas planta ⁻¹				
Monocultivo de milho - sem N	1,10 aA	1,00 aA	0,90 bA	0,96 bA	0,99 b
Monocultivo de milho 30 kg ha ⁻¹ de N ²	0,98 aA	1,04 aA	0,98 bA	1,13 abA	1,03 ab
Monocultivo de milho - 60 kg ha ⁻¹ de N	1,06 aA	1,03 aA	1,01 abA	1,02 abA	1,03 ab
Monocultivo de milho - 90 kg ha ⁻¹ de N	0,96 aA	1,04 aA	1,07 abA	0,98 abA	1,02 ab
Milho+guandu-anão - sem N	1,19 aA	0,97 aA	1,13 abA	1,02 abA	1,08 ab
Milho+guandu-anão - 90 kg ha ⁻¹ de N	1,16 aA	1,07 aA	1,07 abA	0,97 bA	1,07 ab
Milho+crotalária - sem N	1,00 aB	1,20 aAB	1,26 aA	1,05 abAB	1,13 a
Milho+crotalária - 90 kg ha ⁻¹ de N	1,02 aAB	1,05 aAB	0,92 bB	1,25 aA	1,06 ab
<i>DMS entre doses</i>		0,27			-
<i>DMS entre palhadas</i>		0,24			-
Média	1,06 A	1,05 A	1,04 A	1,05 A	-
<i>CV (%)</i>		12,5			10,4
<i>DMS</i>		0,09			0,13

¹ Médias seguidas de mesma letra, minúscula entre palhadas e maiúsculas entre doses, não diferem entre si pelo teste Tukey 5%. ² Nitrogênio, na forma de uréia, aplicado aos 20 dias após a emergência da cultura.

4.10 Experimento “10. Antecipação de nitrogênio no milho no Sistema Plantio Direto – Santo Antônio de Goiás-GO”

Este experimento foi realizado para testar a hipótese “(c) a época adequada para se fazer a adubação nitrogenada em cobertura, provavelmente, continuará sendo aos 20-30 dias após a emergência da cultura no SPD, como tem sido recomendada para o sistema convencional de manejo do solo”.

Observou que a produtividade do milho (AG 2040) não foi influenciada pelas épocas de aplicação do N (antecipado no dia da emergência da cultura ou aos 20 DAE) (Tabela 49. Possivelmente, a ausência de resposta está relacionada ao pequeno intervalo entre as duas épocas de aplicação (20 dias). Os resultados não corroboram os dados observados na literatura (PAULETTI; COSTA, 2000; BORTOLINI et al., 2001).

O fato de mais um experimento não ter apresentado diferença significativa para as épocas de aplicação do N, pode-se inferir que a decisão sobre o fornecimento pode ser baseada em outros fatores, por exemplo, operacionais, não corroborando as observações de Ceretta et al. (2002). Como não houve diferença na produção de grãos de milho e feijão, em uma mesma palhada de cobertura do solo, quando o N é aplicado na emergência das culturas, e admitindo que a aplicação nessa época é operacionalmente vantajosa, pode-se afirmar que a prática da antecipação é viável.

Em relação às doses de N, aplicado antecipadamente ou aos 20 DAE, não foi houve resposta. Apesar de ter sido verificado diferença significativa entre doses de N no Experimento 9 (Manejo do nitrogênio no milho em sucessão ao feijão – Santo Antônio de Goiás-GO), atribui-se essa não detecção, no presente experimento, à alta variabilidade dos dados, que é explicitada pela elevada diferença mínima significativa (DMS), acima de 1.500 kg ha⁻¹. Em relação ao número de espigas por planta também não houve resposta para as doses de N aplicadas em cobertura no milho.

Tabela 49 – Produtividade de milho, híbrido AG 2040 e número de espigas por planta em razão da época de adubação nitrogenada, verão de 2009/2010. Santo Antônio de Goiás-GO¹

Época de aplicação de nitrogênio	Produtividade (kg ha ⁻¹)				
	Doses de N (kg ha ⁻¹) ²				
	0	40	80	120	Média
Cobertura ³	4.874	5.188	5.250	6.026	5.335 a
Antecipado ⁴	4.791	5.953	5.966	6.360	5.767 a
Média	4.833 A	5.570 A	5.608 A	6.193 A	-
<i>CV (%)</i>	19,9				7,91
<i>DMS</i>	1.563				494
	Espigas planta ⁻¹				
Cobertura	1,03	1,08	1,13	1,05	1,07a
Antecipado	1,08	1,15	1,03	0,98	1,05a
Média	1,06A	1,11A	1,07A	1,00A	-
<i>CV (%)</i>	11,1				2,52
<i>DMS</i>	0,17				0,03

¹ Médias seguidas de mesma letra, minúscula entre épocas e maiúscula entre doses, não diferem entre si pelo teste Tukey 5%.

² Nitrogênio na forma de uréia.

³ Cobertura aos 20 dias após a emergência do milho.

⁴ Antecipação no dia da emergência do milho.

5 CONCLUSÕES

- O consórcio, simultâneo ou defasado, de milho com crotalária (*Crotalaria spectabilis*) ou guandu-anão (*Cajanus cajan*) não supre a necessidade de nitrogênio (N) do milho, determinado pela produtividade de grãos;
- O consórcio de milho com guandu-anão ou com *Brachiaria brizantha* não interfere na produtividade de grãos de milho, desde que seja fornecido N mineral ao milho;
- A produtividade de feijão é maior no cultivo sobre palhadas de milho com guandu-anão ou crotalária e de *B. brizantha*, do que àquela obtida sobre palhada exclusiva de milho;
- Na rotação trienal de espécies graníferas e forrageiras são obtidas altas produtividades de feijão cultivado em sucessão à pastagem, sem a aplicação de N mineral e
- O feijoeiro responde a doses crescentes de N aplicado em cobertura aos 20 dias após a sua emergência, e a aplicação de N mineral na semeadura ou no estágio de plântulas do feijão e do milho é semelhante à aplicação oficialmente recomendada.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente pesquisa apresentou resultados que respondem questões não contempladas nas hipóteses inicialmente levantadas e são apresentados a seguir:

- A produtividade do milho é superior no cultivo em área totalmente dessecada comparada à dessecação parcial, em que a antecipação do fornecimento do N ou a aplicação de subdose de herbicida diminui a competitividade exercida pela *Brachiaria* não dessecada sobre o milho.

- Palhadas de cobertura do solo formadas na safra de verão, seguida do cultivo de feijão no inverno, não interferem na produtividade de milho na safra de verão seguinte.

- A produtividade média de feijão sobre palhada de soja é superior àquela obtida sobre palhada de *Brachiaria* não triturada.

- A produtividade de feijão irrigado é prejudicada pela aplicação do N a lanço, em cobertura, em relação ao fornecimento na superfície ou incorporado ao lado das linhas de semeadura.

REFERÊNCIAS

- AIDAR, H.; THUNG, M.; OLIVEIRA, I.P.; KLUTHCOUSKI, J.; CARNEIRO, G.E.S.; SILVA, J.G.; DEL PELOSO, M.J. Bean production and white mould incidence under no-till system. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, East Lansing, v. 43, p. 150-151, Mar. 2000.
- ALMEIDA, R.E.M. **Balço de ^{15}N em sistemas de produção de milho para a adoção do plantio direto no Oeste baiano**. 2008. 85 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.
- ALVARENGA, D.A. **Efeitos de diferentes sistemas de semeadura na consorciação milho-soja**. 1995. 46 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1995.
- AMABILE, R.F.; FANCELLI, A.F.; CARVALHO, A.M. de. Comportamento de espécies de adubos verdes em diferentes épocas de semeadura e espaçamentos na região dos Cerrados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 1, p. 47-54, jan. 2000.
- 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. 26, n. p.241-248, jan./mar. 2002.
- AMARAL, J.A.T. **Crescimento vegetativo estacional do cafeeiro e suas inter-relações com fontes de nitrogênio, fotoperíodo, fotossíntese e assimilação do nitrogênio**. 1991. 139 p. Tese (Doutorado em Fisiologia Vegetal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1991.
- AMBROSANO, E.J.; WUTKE, E.B.; BULISANI, E.A. Feijão. In: RAIJ, B.V.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônomo, 1997. p. 194-195.
- ANDREOTTI, M.; NAVA, I.A.; WIMMER NETO, L.; GUIMARÃES, V.F.; FURLANI JUNIOR, E. Fontes de nitrogênio e modos de adubação em cobertura sobre a produtividade de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) na "safra das águas". **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 27, n. 4, p. 595-602, Oct./Dec. 2005.
- ARF, O.; RODRIGUES, R.A.F.; SÁ, M.E.; BUZETTI, S.; NASCIMENTO, V. Manejo do solo, água e nitrogênio no cultivo de feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 2, p. 131-138, fev. 2004.

BARBER, S.A. **Soil nutrient bioavailability**: a mechanistic approach. 2nd ed. New York: John Wiley, 1995. 414 p.

BENINCASA, M.M. P. **Análise de crescimento de plantas**: noções básicas. Jaboticabal: UNESP, 1988. 42 p.

BERTHELOT, M. Violet d'aniline. **Repertoire de Chimie Appliquee**, Paris, v. 1, p. 284, 1859.

BERTIN, E.G.; ANDRIOLI, I.; CENTURION, J.F. Plantas de cobertura em pré-safra ao milho em plantio direto. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 27, n. 3, p. 379-386, July/Sept. 2005.

BORGHI, E.; CRUSCIOL, C.A.C. Produtividade de milho, espaçamento e modalidade de consorciação com *Brachiaria brizantha* em sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 2, p. 163-171, fev. 2007.

BORTOLINI, C.G.; SILVA, P.R.F.; ARGENTA, G.; FORSTHOFE, E.L. Rendimento de grãos de milho cultivado após aveia-preta em resposta a adubação nitrogenada e regime hídrico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 9, p. 1101-1106, set. 2001.

BRAGA, N.R.; MIRANDA, M.A.C. de; WUTKE, E.B.; AMBROSANO, E.J.; BULISANI, E.A. **Crotalárias**. 2005. Disponível em: <<http://www.iac.sp.gov.br/tecnologias/crotalaria/crotalaria.htm>>. Acesso em: 29 mar. 2009.

BRAZ, A.J.B.P.; KLIEMANN, H.J.; SILVEIRA, P.M. da. Produção de fitomassa de espécies de cobertura em Latossolo Vermelho distroférico. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 35, n. 1, p. 55-64, jan./abr. 2005.

BRAZ, A.J.B.P.; SILVEIRA, P.M. da; KLIEMANN, H.J.; ZIMMERMANN, F.J.P. Adubação nitrogenada em cobertura na cultura do trigo em sistema de plantio direto após diferentes culturas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 2, p. 193-198, mar./abr. 2006.

BREMNER, J.M. Total nitrogen. In: BLACK, C.A. (Ed.). **Methods of soil analysis**. Madison: American Society of Agronomy, 1965. p. 1149-1178.

BROCH, D.L.; PITOL C.; BORGES E.P. **Integração agricultura-pecuária**: sistema plantio direto da soja sobre pastagem na integração agropecuária. Maracaju: Fundação MS, 1997. 24 p.

CARNEIRO, M.A.C.; CORDEIRO, M.A.S.; ASSIS, P.C.R.; MORAES, E.S.; PEREIRA, H.S.; PAULINO, H.B.; SOUZA, E.D. Produção de fitomassa de diferentes espécies de cobertura e suas alterações na atividade microbiana de solo de cerrado. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 2, p. 455-462, 2008.

CERETTA, C.A.; BASSO, C.J.; FLECHA, A.M.T.; PAVINATO, P.S.; VIEIRA, F.C.B.; MAI, M.E.M. Manejo da adubação nitrogenada na sucessão aveia preta/milho, no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 26, n. 1, p. 163-171, jan./mar. 2002.

CHAGAS, J.M.; BRAGA, J.M.; VIEIRA, C.; SALGADO, L.T.; JUNQUEIRA NETO, A.; ARAÚJO, G.A. de A.; ANDRADE, M.J.B.; LANA, R.M.Q.; RIBEIRO, A.C. Feijão. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V., V.H. (Ed.). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5^a aproximação**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p. 306-307.

CLAESSEN, M. E. C. (Org.). **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. rev. atual. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPQ, 1997. 212 p. (EMBRAPA-CNPQ. Documentos, 1).

COMISSÃO DE FERTILIDADE DE SOLOS DE GOIÁS. **Recomendações de corretivos e fertilizantes para Goiás: 5^a aproximação**. Goiânia: UFG: EMGOPA, 1988. 101 p. (Informativo técnico, 1).

CREWS, T.E.; PEOPLES, M.B. Can the synchrony of nitrogen supply and crop demand be improved in legume fertilizer-based agroecosystems?: a review. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, Dordrecht, v. 72, n. 2, p. 101-120, Jun. 2005.

CRUSCIOL, C.A.C.; SORATTO, R.P.; SILVA, L.M.; LEMOS, L.B. Fontes e doses de nitrogênio para o feijoeiro em sucessão a gramíneas no Sistema Plantio Direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 6, p. 1545-1552, nov./dez. 2007.

FARINELLI, R.; LEMOS, L.B.; CAVARIANI, C.; NAKAGAWA, J. Produtividade e qualidade fisiológica de sementes de feijão em função de sistemas de manejo de solo e adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 28, n. 2, p.102-109, 2006a.

FARINELLI, R.; LEMOS, L.B.; PENARIOL, F.G.; EGÉA, M.M.; GASPAROTO, M.G. Adubação nitrogenada de cobertura no feijoeiro, em plantio direto e convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 2, p. 307-312, fev. 2006b.

GENRO JUNIOR, S.A.; REINERT, D.J.; REICHERT, J.M.; ALBUQUERQUE, J.A. Atributos físicos de um Latossolo Vermelho e produtividade de culturas cultivadas em sucessão e rotação. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 1, p. 65-73, jan./fev. 2009.

GOMIDE, C.A. de M.; GOMIDE, J.A. Análise de crescimento de cultivares de *Panicum maximum* Jacq. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 28, n. 4, p. 675-680, 1999.

GRIESS, J.P. Bemerkungen zu der Abhandlung der HH. Weselky und Benedikt Ueber einige Azoverbindungen. **Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft**, Berlin, v. 12, p. 426-429, 1879.

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

HEINRICHS, R.; VITTI, G.C.; MOREIRA, A.; FIGUEIREDO, P.A.M. de; FANCELLI, A.L.; CORAZZA, E.J. Características químicas de solo e rendimento de fitomassa de adubos verdes e de grãos de milho, decorrente do cultivo consorciado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 1, p. 71-79, jan./fev. 2005.

JANDEL SCIENTIFIC. **Table curve**: curve fitting software. Corte Madera, CA, 1991. 280 p.

KLIEMANN, H.J.; BRAZ, A.J.B.P.; SILVEIRA, P.M. Taxas de decomposição de resíduos de espécies de cobertura em Latossolo Vermelho distroférico. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 36, n. 1, p. 21-28, jan./abr. 2006.

KLUTHCOUSKI, J.; AIDAR, H. Implantação, condução e resultados obtidos com o Sistema Santa Fé. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L.F.; AIDAR, H. (Ed.). **Integração lavoura-pecuária**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. p. 407-441.

KLUTHCOUSKI, J.; AIDAR, H.; OLIVEIRA, I.P. de; THUNG, M. Bean yield as affected by mulch from different crop residues. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, East Lansing, v. 44, p. 69-70, 2001.

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

LARA CABEZAS, W.A.R.; YAMADA, T. Uréia aplicada na superfície do solo: um péssimo negócio! **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 86, p. 9-10, jun. 1999.

LARA CABEZAS, W.A.R.; KORNDORFER, G.H.; MOTTA, S.A. Volatilização de N-NH₃ na cultura de milho: I efeito da irrigação e substituição parcial da uréia por sulfato de amônio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 21, n. 3, p. 481-487, jul./set. 1997.

LEA, P.J.; BLACKWELL, R.D.; JOY, K.W. Ammonia assimilation in higher plants. In: MENGEL, K.; PILBEAM, D.J. (Ed.). **Nitrogen metabolism of plants**. Oxford: Clarendon, 1992. p. 153. (Proceedings of the Phytochemical Society of Europe, 33).

- MAGALHÃES, A.C.N. Análise quantitativa de crescimento. In: FERRI, M. G. (Ed.). **Fisiologia vegetal**. São Paulo: EPU/EDUSP, 1979. p. 331-350.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2nd ed. San Diego: Academic Press, 1995. 889 p.
- MERLIM, A. **Disponibilidade de fósforo para a cultura da soja cultivada sobre braquiária**. 2008. 95 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2008.
- MOREIRA, V.F.; PEREIRA, A.J.; GUERRA, J.G.M.; GUEDES, R.E.; COSTA, J.R. **Produção de biomassa de gandu em função de diferentes densidades e espaçamentos entre sulcos de plantio**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia. 2003. 5 p. (Embrapa Agrobiologia. Comunicado técnico, 57).
- NUNES, H.V.; BRUNO, R.L.A.; BARROS, D.I.; PEREIRA, W.E. Influência de sistemas de culturas, mucuna preta e adubação mineral sobre a qualidade fisiológica de sementes de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 28, n. 3, p. 6-12, 2006a.
- NUNES, U.R.; ANDRADE JÚNIOR, V.C.; SILVA, E.B.; SANTOS, N.F.; COSTA, H.A.O.; FERREIRA, C.A. Produção de palhada de plantas de cobertura e rendimento do feijão em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 6, p. 943-948, jun. 2006b.
- OLIVEIRA, P. **Resposta de soja e milho a alterações no solo pela decomposição de palhadas**. 2009. 89 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2009.
- OLIVEIRA, R.M. **Efeito supressivo de palhadas no desenvolvimento de sintomas do Mofo Branco e resposta do feijão de inverno a doses de nitrogênio no Sistema de Plantio Direto**. 2001. 130 p. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2001.
- OLIVEIRA, T.K. de; CARVALHO, G.J. de; MORAES, R.N. de S. Plantas de cobertura e seus efeitos sobre o feijoeiro em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 8, p. 1079-1087, ago. 2002
- PAULETTI, V.; COSTA, L.C. Época de aplicação de nitrogênio no milho cultivado em sucessão à aveia preta no Sistema Plantio Direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, n. 4, p. 599-603, 2000.
- PEREIRA, A.R.; MACHADO, E.C. **Análise quantitativa de crescimento de comunidades vegetais**. Campinas: IAC, 1987. 33 p.

PITOL, C.; GOMES, E.L.; ERBES, E.I. Avaliação de cultivares de soja em plantio direto sobre braquiárias. In: FUNDAÇÃO MS. **Resultados de pesquisa e experimentação**: safra 2000/2001. Maracaju, 2001. p. 40-48.

PORTES, T.A. **A produção de feijão nos sistemas consorciados**. Goiânia: EMBRAPA, CNPAF, 1996. 50 p. (EMBRAPA. CNPAF. Documentos, 71).

PORTES, T.A.; CARVALHO, S.I.C.; OLIVEIRA, I.P.; KLUTHCOUSKI, J. Análise do crescimento de uma cultivar de braquiária em cultivo solteiro e consorciado com cereais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 7, p. 1349-1358, jul. 2000.

RADIN, J.W. Distribution and development of nitrate reductase activity in germinating cotton seedlings. **Annual Review of Plant Physiology**, Palo Alto, v. 25, p. 458-463, 1974.

RAO, M.R.; MATHUVA, M.N. Legumes for improving maize yields and income in semi-arid Kenya. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 78, n. 2, p. 123-137, Apr. 2000.

READER, R.J.; WILSON, S.D.; BELCHER, J.W.; WISHEU, I; KEDDY, P.A.; TILMAN, D.; MORRIS, E.C.; GRACE, J.B.; McGRAW, J.B.; OLFF, H.; TURKINGTON, R.; KLEIN, E.; LEUNG, Y.; SHIPLEY, B.; VAN HULST, R.; JOHANSSON, M.E.; NILSSON, C.; GUREVITCH, J.; GRIGULIS, K.; BEISNER, B.E. Plant competition in relation to neighbor biomass: an intercontinental study with *Poa pratensis*. **Ecology**, Tempe, v. 75, n. 6, p. 1753-1760, Sept. 1994.

SÁ, J.C.M. **Manejo da fertilidade do solo no plantio direto**. Castro: Fundação ABC, 1993. 96 p.

_____. Manejo da fertilidade do solo no sistema plantio direto. In: SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. **Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas**. Viçosa: SBSC/Lavras: UFLA, DCS, 1999. p. 291-309.

SALTON, J.C. Opções de safrinha para agregação de renda nos cerrados. In: ENCONTRO REGIONAL DE PLANTIO DIRETO NO CERRADO, 4., 1999, Uberlândia. **Plantio direto na integração lavoura-pecuária**. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia; Brasília: Associação de Plantio Direto no Cerrado, 2000. p. 189-200.

SANT'ANA, E.V.P.; SILVEIRA, P.M. Crescimento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) influenciado por doses de nitrogênio em cobertura. **Pesquisa Agropecuária Tropical**. Goiânia, v.38, n.2, p.134-140, 2008.

SARAIVA, O.F.; TORRES, E. **Estimação da cobertura do solo por resíduos culturais**. Londrina: EMBRAPA, CNPSo, 1993. 4 p. (EMBRAPA. CNPSo. Pesquisa em Andamento, 14).

SAS INSTITUTE. **SAS user's guide**: statistics, version. 9.1 edition. Cari, 2009.

SENTELHAS, P.C.; PEREIRA, A.R.; MARIN, F.R.; ANGELOCCI, L.R.; ALFONSI, R.R.; CARAMORI, P.H.; SWART, S. (Org.). **BHBRASIL**: balanços hídricos climatológicos de 500 localidades brasileiras. Disponível em: <<http://www.leb.esalq.usp.br/bhbrasil/Goias/>>. Acesso em: 15 abr. 2010.

SILVA, F.C. da (Org.). **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia; Rio de Janeiro: Embrapa Solos; Campinas: Embrapa Informática Agropecuária, 1999. 370 p.

SILVA, E.C.; MURAOKA, T.; BUZETTI, S.; GUIMARÃES, G.L.; TRIVELIN, P.C.O.; VELOSO, M.E.C. Utilização do nitrogênio (^{15}N) residual de coberturas de solo e da uréia pela cultura do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 30, p.965-974, 2006.

SILVA, F.A.S.E.; AZEVEDO, C.A.V. Versão do programa computacional Assistat para o sistema operacional Windows. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 4, n. 1, p. 71-78, 2002.

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

SILVA, G.T.A.; OLIVEIRA, W.R.D. de; MATOS, L.V.; NÓBREGA, P de O.; KRAINOVIC, P.M.; CAMPELLO, E.F.C.; FRANCO, A.A.; RESENDE, A.S. de. **Correlação entre a composição química e a velocidade de decomposição de plantas para adubação verde visando a elaboração de uma base de dados**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2007. 50 p. (Embrapa Agrobiologia. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 21).

SILVA, M.G.; ARF, O.; ALVES, M.C.; BUZETTI, S. Sucessão de culturas e sua influência nas propriedades físicas do solo e na produtividade do feijoeiro de inverno irrigado, em diferentes sistemas de manejo do solo. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 2, p. 335-347, 2008.

SILVA, T.R.B.; GRUTKA, G.H.H.; MAIA, S.C.M.; FREITAS, L.B. Nitrogênio em cobertura no feijoeiro cultivado em plantio direto sobre diferentes coberturas vegetais. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 31, n. 1, p. 107-111, Jan./Mar. 2009.

SILVEIRA, P.M.; BRAZ, A.J.B.P.; KLIEMANN, H.J.; ZIMMERMANN, F.J.P. Adubação nitrogenada no feijoeiro cultivado sob plantio direto em sucessão de culturas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 4, p. 377-381, abr. 2005.

SKÓRA NETO, F. Controle de plantas daninhas através de coberturas verdes consorciadas com milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 10, p. 1165-1170, out. 1993.

SODRÉ FILHO, J.; CARDOSO, A.N.; CARMONA, R.; CARVALHO, A.M. de. Fitomassa e cobertura do solo de culturas de sucessão ao milho na Região do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 4, p. 327-334, abr. 2004.

STONE, L.F.; BALBINO, L.C.; COBUCCI, T.; WRUCK, F.J. Efeito do ambiente antecessor em alguns atributos do solo e na produtividade do feijoeiro. In: COBUCCI, T.; WRUCK, F.J. (Ed.). **Resultados obtidos na área pólo de feijão no período de 2002 a 2004**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2005. p. 53-59.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.

TISCHNER, R. Nitrate uptake and reduction in higher and lower plants. **Plant, Cell and Environment**, Oxford, v. 23, n. 10, p. 1005-1024, Oct. 2000.

TOLEDO-SOUZA, E.D.; SILVEIRA, P.M; LOBO JUNIOR, M.; CAFÉ FILHO, A.C. Sistemas de cultivo, sucessões de culturas, densidade do solo e sobrevivência de patógenos de solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 8, p. 971-978, ago. 2008.

TORRES, J.L.R.; PEREIRA, M.G.; ANDRIOLI, I.; POLIDORO, J.C.; FABIAN, A.J. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura em um solo de Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 4, p. 609-618, jul./ago. 2005.

TSUMANUMA, G.M. **Desempenho do milho consorciado com diferentes espécies de braquiárias, em Piracicaba**. 2004. 83 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

URCHEI, M.A.; RODRIGUES, J.D.; STONE, L.F. Análise de crescimento de duas cultivares de feijoeiro sob irrigação, em plantio direto e preparo convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 3, p. 497-506, mar. 2000.

WILLEY, R.W. Intercropping: its importance and research needs. Part 1. Competition and yield advantages. **Field Crop Abstracts**, Slough, v. 32, n. 1, p. 1-10, Jan. 1979.

YADAVA, U.L. A rapid and nondestructive method to determine chlorophyll in intact leaves. **HortScience**, Alexandria, v. 21, n. 6, p. 1449-1450, Dec. 1986.

ZOTARELLI, L. **Influência do sistema de plantio direto e convencional com rotação de culturas na agregação, acumulação de carbono e emissão de óxido nitroso num Latossolo Vermelho distroférico.** 2005. 117 p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2005.