

# Sistema Santa Brígida – Tecnologia Embrapa: Consorciação de Milho com Leguminosas

## 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 entre as décadas de 1960 até 1980. Nesse período, 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 intimamente relacionado com o teor de matéria orgânica, tornando-o menos disponível para as plantas, em determinado período, em razão da imobilização. Porém, 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 desse nutriente por volatilização, lixiviação e desnitrificação. Em decorrência disso, a eficiência no uso pelas plantas no manejo convencional do solo tem sido da ordem de 50% a 60% (KLUTHCOUSKI et al., 2006).

A adubação nitrogenada feita em cobertura, juntamente com a adubação de implantação da cultura, impacta substancialmente o custo de produção, devido à elevação constante dos preços dos fertilizantes. Assim, é fundamental a redução da dose de fertilizantes minerais a ser aplicada, 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 muito competitiva em consórcios, devido ao seu metabolismo de fixação de carbono ( $C_4$ ), porte alto, rápido crescimento inicial, entre outras características. Além disso, a maior disponibilidade de N no sistema com leguminosas pode favorecer a cultura sucessora.

Muitos trabalhos têm comprovado os benefícios dos adubos verdes, especialmente com as fabáceas (leguminosas) para as culturas sucessoras, porém, na prática, a recomendação de uso dessas plantas não se adequa à maioria dos sistemas agrícolas existentes. 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

Santo Antônio de  
Goias, GO  
Dezembro, 2010

### Autores

**Priscila de Oliveira**  
Engenheira agrônoma, Doutora  
em Fitotecnia, pesquisadora da  
Embrapa Amazônia Ocidental,  
Manaus, AM,  
priscila.oliveira@cpaa.embrapa.br

**João Kluthcouski**  
Engenheiro agrônomo,  
Doutor em Solos e Nutrição  
de Plantas, pesquisador da  
Embrapa Arroz e Feijão, Santo  
Antônio de Goiás, GO,  
joak@cnpaf.embrapa.br

**José Laércio Favarin**  
Engenheiro agrônomo, Doutor  
em Agronomia, professor  
associado do Departamento  
de Produção Vegetal da Escola  
Superior de Agricultura "Luiz  
de Queiroz" (ESALQ/USP),  
Piracicaba, SP,  
jfavari@esalq.usp.br

**Darliane de Castro Santos**  
Engenheira agrônoma,  
Mestranda em Ciências  
Animais pela Universidade de  
Brasília, Brasília, DF,  
darliane.castro@gmail.com

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.

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. Com base nos problemas identificados, os objetivos deste documento são os de apresentar a viabilidade do consórcio de milho com leguminosas e a resposta do feijoeiro cultivado em sucessão, em SPD, sobre palhadas proporcionadas pelo cultivo de milho em consórcio com forrageiras leguminosas e gramíneas.

## Sistema Santa Brígida – Tecnologia Embrapa

### Considerações gerais

Em 2006, na cidade de Ipameri, GO, distante 196 km de Goiânia, estabeleceu-se a parceria entre a Fazenda Santa Brígida, a empresa de máquinas e implementos agrícolas John Deere e a Embrapa Arroz e Feijão, inicialmente, com o propósito de validar e transferir tecnologias relacionadas à Integração Lavoura- Pecuária (ILP). A Fazenda Santa Brígida, apesar de dispor de solos com ótimas propriedades físicas e topografia plana a suave ondulada, até 2006, também apresentava um cenário de pastagens degradadas, tendo, porém, recuperado cerca de 80% até a safra de 2006/2007.

Nesta propriedade desenvolveu-se o sistema de consorciação de milho com adubos verdes, especificamente as espécies quandu-anão (*Cajanus cajan*) ou crotalária (*Crotalaria spectabilis*), denominado Sistema Santa Brígida. De fato, essa modalidade de consorciação não é inédita na área científica, tendo sido avaliada por outros grupos de pesquisa (RAO; MATHUVA, 2000; HEINRICHS et al., 2005; NUNES et al., 2006). Contudo, a aplicação prática deste sistema tal qual será apresentada neste documento torna o trabalho inovador junto aos produtores rurais.

O objetivo do Sistema Santa Brígida é inserir os adubos verdes no sistema de produção, de modo a permitir um aumento do aporte de nitrogênio no solo, via fixação biológica do nitrogênio atmosférico. O consórcio não deve afetar a produção de grãos de milho. A cultura subsequente pode se beneficiar do nitrogênio proveniente

das leguminosas, permitindo a redução no fornecimento de nitrogênio mineral. Ainda, pode-se citar como vantagens desse sistema a melhoria na qualidade das pastagens, quando no consórcio também se cultiva braquiárias, e a diversificação das palhadas para o Sistema Plantio Direto. Essas técnicas já foram estudadas e descritas por Oliveira (2010).

O Sistema Santa Brígida representa, ainda, uma alternativa para o produtor implementar a fixação biológica de nitrogênio no sistema de produção, que consiste em uma das metas do Programa de Agricultura de Baixa Emissão de Carbono (Programa ABC), lançado pelo governo federal, em 2010, por meio do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2010). Esse programa visa financiar a recuperação de pastagens degradadas (15 milhões de hectares); a implantação do sistema Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (4 milhões de hectares); o Sistema de Plantio Direto na palha (8 milhões de hectares); florestas plantadas (3 milhões de hectares); e a fixação biológica de nitrogênio (5,5 milhões de hectares), no período de 2010 a 2020.

### Estabelecimento e condução do Sistema Santa Brígida - Tecnologia Embrapa

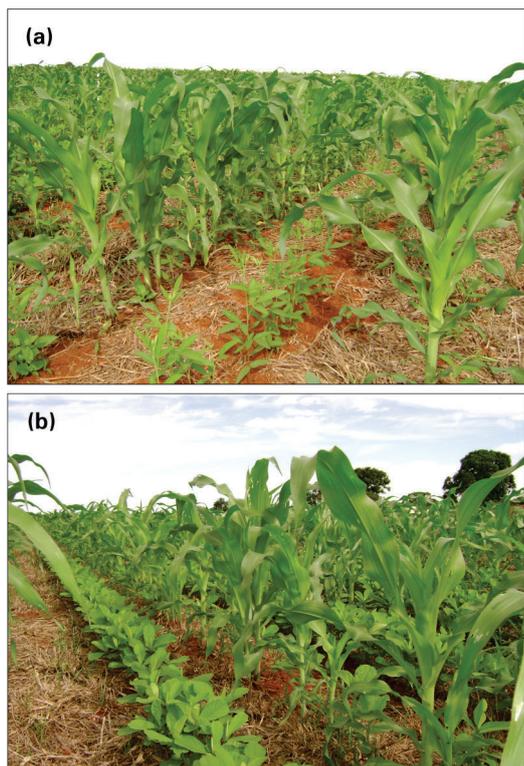
A implantação do Sistema Santa Brígida segue, basicamente, as premissas dos sistemas de produção convencional de milho, acrescentando-se a espécie leguminosa.

#### Dessecação da área ou preparo do solo

A dessecação da área ou o preparo do solo obedecem às recomendações convencionais, respeitando-se, porém, no Sistema Plantio Direto, que a dessecação seja feita, pelo menos, duas a três semanas antes da semeadura do milho e/ou da leguminosa. Esse procedimento evita que exudatos contendo moléculas do dessecante passem da planta-alvo para as raízes da(s) cultura(s) principal(ais).

#### Semente da leguminosa

A quantidade de sementes obedece às recomendações convencionais em termos de quilos por hectare. É desejável que se obtenha uma população final entre 4 e 5 plantas por metro ou 8 a 10 plantas por metro quadrado. No caso da produção de milho com espaçamento reduzido, a semente da leguminosa pode ser misturada ao fertilizante, desde que a sua incorporação não seja muito profunda, estabelecendo-se o consórcio na mesma fileira do milho. Esse mesmo procedimento pode ser usado para espaçamentos maiores de milho (0,8 m a 1,0 m), sendo, porém, recomendável a adição de uma fileira da leguminosa centralizada nas entrelinhas do milho (Figura 1).



**Figura 1.** Vista parcial dos consórcios de milho com guandu-anão (a) e crotalária (b): leguminosas nas linhas e entrelinhas do milho. Verão de 2008/2009, Santo Antônio de Goiás-GO.

## Adubação

A adubação do milho deve ser feita de acordo com as recomendações convencionais, inclusive a aplicação do nitrogênio em cobertura.

## Semeadura

O consórcio pode ser estabelecido via semeadura simultânea ou defasada, ou seja, as leguminosas podem ser semeadas em operação distinta, cerca de 10 a 15 dias após a emergência das plantas de milho. A escolha entre o consórcio simultâneo ou defasado deve considerar:

- (i) espaçamento entre linhas de milho, pois à medida que se diminui o espaçamento o fechamento da cultura ocorre mais rapidamente e, nesse caso, a semeadura dos adubos verdes pode ser realizada no mesmo dia que o milho, uma vez que a capacidade de competição pelas leguminosas, que já é baixa, é ainda mais suprimida pelo sombreamento proporcionado pelo milho em espaçamento reduzido;
- (ii) infestação da área por plantas daninhas de folhas largas. Nesse caso, recomenda-se que seja adotada alguma prática de controle precoce das plantas daninhas antes da implantação do consórcio, para garantir que a emergência das plantas leguminosas ocorra após a aplicação dos herbicidas.

## Manejo de herbicidas pós-emergentes

Em áreas muito infestadas por plantas daninhas, folhas estreitas e largas, não é recomendável fazer o consórcio

simultâneo do milho com a leguminosa. Nesse caso, recomenda-se fazer um manejo precoce das plantas daninhas, com herbicida pós-emergente e imediata semeadura das leguminosas em pós-emergência do milho.

## Colheita da cultura

A colheita do milho não deve ser atrasada, sob risco de dificuldades operacionais devido ao volume de massa verde acumulada pelas leguminosas a partir da senescência do milho (Figura 2).



**Figura 2.** Vista parcial dos consórcios de milho com guandu-anão (a) e crotalária (b) no momento da colheita. Verão de 2008/2009, Ipameri-GO.

## Sistema alternativo de consórcio de milho, leguminosas e braquiária

Além da leguminosa, pode-se também introduzir no sistema sementes de forrageiras gramíneas, a exemplo das braquiárias. As forrageiras, por sua vez, podem ser semeadas imediatamente antes da cultura do milho em áreas que não apresentem infestação de plantas daninhas de folha estreita ou em pós-emergência da cultura do milho.

A maneira mais prática de fazer esse consórcio triplo é a mistura de superfosfato simples com as sementes da leguminosa e da braquiária, e semeá-las incorporando a 2 cm ou 3 cm de profundidade nas entrelinhas do milho. No caso de áreas muito infestadas por plantas daninhas, deve-se proceder a aplicação precoce de herbicida(s) pós-emergente(s).

Nesse caso, a colheita do milho também não deve ser tardia, uma vez que as espécies de braquiária tendem a crescer vigorosamente após a senescência do milho, devido à entrada de radiação solar nas entrelinhas da cultura. Essa medida deve evitar embuchamentos na colhedora pela forrageira.

Contudo, essa modalidade de consórcio proporciona produção de grãos e de forragem de qualidade justamente no período seco do ano, crítico para a produção bovina a pasto. Recomenda-se que após a colheita do milho, a área seja vedada por cerca de 30 a 60 dias para que a forrageira se estabeleça plenamente e garanta boa pastagem. Ressalta-se que a presença do guandu-anão no novo pasto é enriquecedor tanto do solo quanto da forragem para os animais, aumentando o teor de proteína em sua dieta. Em sistemas estritamente agrícolas, a vedação é desnecessária e a braquiária atua então como planta de cobertura do solo, juntamente com o guandu-anão.

## Resultados Obtidos Com o Sistema Santa Brígida – Tecnologia Embrapa

### Considerações sobre as unidades experimentais

Foram realizados experimentos nas safras de verão do ano de 2008/2009 na Embrapa Arroz e Feijão, no Município de Santo Antônio de Goiás-GO e na Fazenda Santa Brígida, no Município de Ipameri-GO. O solo da área utilizada na Embrapa Arroz e Feijão é caracterizado como Latossolo Vermelho distrófico, de textura argilosa, segundo classificação da Embrapa (SILVA, 1999), e seu teor médio de matéria orgânica era de 28 g dm<sup>-3</sup> nos primeiros 20 cm de profundidade. A precipitação pluvial e as temperaturas máxima, média e mínima do ar durante os meses de condução do experimento estão apresentadas na Figura 3. O solo da área utilizada na Fazenda Santa Brígida é classificado como Latossolo Vermelho distrófico e seu teor médio de matéria orgânica era de 18 g dm<sup>-3</sup> nos primeiros 20 cm de profundidade. Os delineamentos experimentais foram blocos completos casualizados com cinco repetições.

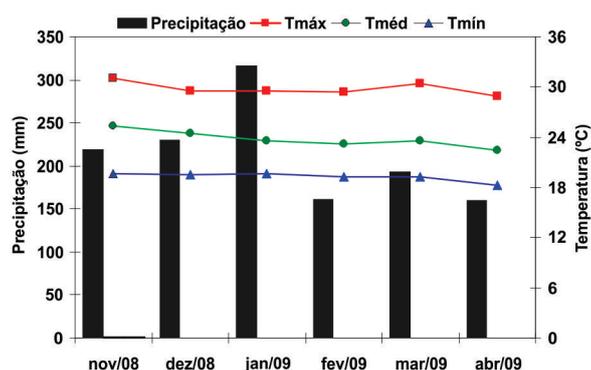


Figura 3. Precipitação pluvial e temperatura máxima, média e mínima do ar no período de novembro de 2008 a abril de 2009 no Município de Santo Antônio de Goiás-GO.

Ressalta-se que o histórico do uso recente da área de Santo Antônio de Goiás é: 2005 – soja no verão e feijão no inverno; 2006, 2007 e 2008 – pasto (*Brachiaria brizantha*) e 2009 – experimento de milho no verão e feijão no inverno. Esse histórico de rotação com braquiária 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 início do verão de 2008/2009 pela pastagem de braquiária dessecada foi igual a 8.478 kg ha<sup>-1</sup>, quantidade suficiente para a cobertura do solo, como foi observada em campo e tem sido relatada na literatura (SARAIVA; TORRES, 1993). O histórico recente do uso da área utilizada na Fazenda Santa Brígida é: 2005, 2006 e 2007 – soja no verão com pastejo de resíduos na entressafra; 2008 – milho consorciado com *Brachiaria brizantha* no verão e pasto no inverno e 2009 – experimento de milho no verão.

### Produtividade de grãos de milho

#### Santo Antônio de Goiás-GO

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<sup>-1</sup>. A produtividade no monocultivo com aplicação de 90 kg de N ha<sup>-1</sup> foi semelhante àquela obtida no consórcio com guandu-anão que recebeu a mesma dose de N (Tabela 1). 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<sup>-1</sup> de N, em que se verificou 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<sup>-1</sup> 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<sup>-1</sup>. 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<sup>-1</sup> de N (Tabela 1). Tal constatação é atribuída à competição, seja por luz, água ou até mesmo por algum efeito alelopático.

**Tabela 1.** 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-GO<sup>1</sup>.

Cultivo	Altura de inserção de espigas (cm)	Espigas planta <sup>1</sup>	Produtividade de grãos (kg ha <sup>-1</sup> )
Monocultivo de milho - sem N	96 cd	0,98 a	4.164 ed
Monocultivo de milho - 30 kg ha <sup>-1</sup> de N <sup>2</sup>	106 bc	0,98 a	4.907 c
Monocultivo de milho - 60 kg ha <sup>-1</sup> de N	114 ab	0,99 a	5.501 b
Monocultivo de milho - 90 kg ha <sup>-1</sup> 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 <sup>-1</sup> 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 <sup>-1</sup> de N	108 b	0,97 a	5.482 b
CV (%)	5,28	4,44	5,10
DMS	11,4	0,09	530

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

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

Por outro lado, em trabalho realizado por Gitti et al. (2010), foi constatado que tanto o consórcio simultâneo de milho com *C. spectabilis* quanto o consórcio estabelecido no estágio V<sub>4</sub> do milho (5.470 kg ha<sup>-1</sup> a 6.410 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente) não afetaram a produtividade de grãos de milho, comparativamente ao monocultivo da gramínea (6.550 kg ha<sup>-1</sup>). Além disso, quando se consorciou milho com *C. juncea* em V<sub>4</sub>, a produtividade de grãos de milho também não foi afetada (5.930 kg ha<sup>-1</sup>) tendo sido prejudicada apenas quando o consórcio com essa espécie foi feito na semeadura do milho (4.050 kg ha<sup>-1</sup>). Além disso, constatou-se que o consórcio com crotalárias não afetou a altura de plantas e de espiga e a população final de plantas de milho (ARF et al., 2010).

Em estudo realizado no Kenya, por Rao e Mathuva (2000), apesar da produtividade média do milho no referido experimento ser da ordem de 2.500 kg ha<sup>-1</sup>, 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<sup>-1</sup> do monocultivo para 3.050 kg ha<sup>-1</sup> no consórcio, mesmo na ausência de adubação durante as safras. Nunes et al. (2006) 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.

A altura da inserção da espiga foi menor no milho em monocultivo quando foi aplicada dose inferior a 60 kg ha<sup>-1</sup> de N (Tabela 1). Fato semelhante ocorreu no milho consorciado, mesmo com o fornecimento de 90 kg ha<sup>-1</sup> de N. Esses resultados indicam que a altura da inserção de espiga depende de N e do sistema de produção (consórcio). O número de espigas por planta não alterou em razão dos tratamentos testados.

## Ipameri-GO

A máxima produtividade de milho (híbrido BRS 1035) foi obtida nos monocultivos com a aplicação de 60 kg ha<sup>-1</sup> e 90 kg ha<sup>-1</sup> de N e nos consórcios com guandu-anão, crotalária ou *Brachiaria brizantha*, quando receberam 90 kg ha<sup>-1</sup> de N (Tabela 2). As menores produtividades foram obtidas quando não houve aplicação de N, mesmo quando consorciado com as leguminosas. Esses resultados são semelhantes aos obtidos em Santo Antônio de Goiás-GO, 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 braquiária, em que se observou 6.337 kg ha<sup>-1</sup>, 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. Em relação ao número de espigas por plantas houve um confundimento entre os tratamentos de difícil explicação biológica.

**Tabela 2.** 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-GO<sup>1</sup>.

Cultivo	Altura da inserção de espiga (cm)	Espigas planta <sup>1</sup>	Produtividade de grãos (kg ha <sup>-1</sup> )
Monocultivo de milho - sem N	134 abc	0,88 cd	4.584 cd
Monocultivo de milho - 30 kg ha <sup>-1</sup> de N <sup>2</sup>	134 abc	0,99 abcd	5.326 b
Monocultivo de milho - 60 kg ha <sup>-1</sup> de N	132 abc	1,08 ab	6.319 a
Monocultivo de milho - 90 kg ha <sup>-1</sup> 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 + braquiária simultâneo - sem N	125 bc	0,95 cd	4.860 bc
Milho + guandu-anão + braquiária simultâneo - sem N	122 c	0,97 abcd	4.784 bcd
Milho + braquiária simultâneo - 90 kg ha <sup>-1</sup> N	130 abc	1,00 abcd	6.337 a
Milho + guandu-anão - 90 kg ha <sup>-1</sup> de N	138 ab	0,98 abcd	6.631 a
Milho + crotalária - 90 kg ha <sup>-1</sup> de N	141 a	0,99 abcd	6.271 a
CV (%)	5,17	5,79	4,75
DMS	15,1	0,13	565

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

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

## Produção de matéria seca das leguminosas

### Santo Antônio de Goiás-GO

A produção média de massa de matéria seca (MS) de guandu-anão no consórcio com milho foi igual a 910 kg ha<sup>-1</sup>, enquanto para a crotalária observou-se uma média de 599 kg ha<sup>-1</sup>, também em consórcio com milho (Tabela 3). Esse resultado é promissor, pois o cultivo de milho consorciado com guandu-anão associado ao fornecimento de 90 kg de N ha<sup>-1</sup> 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<sup>-1</sup> e 620 kg ha<sup>-1</sup>, 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<sup>-1</sup> (AMABILE et al., 2000) e 15.700 kg ha<sup>-1</sup> (BRAZ et al., 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 3.** 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-GO<sup>1</sup>.

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

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

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

### Ipameri-GO

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 4). Resultados semelhantes foram observados por Heinrichs et al. (2005), em que o consórcio estabelecido aos 30 dias após a emergência (DAE) do milho reduziu para menos da metade a produção de MS de guandu-anão e crotalária.

A consorciação de milho com braquiária quando aplicou-se 90 kg N ha<sup>-1</sup> não afetou a produtividade de grãos da cultura principal. O consórcio propiciou uma produção de MS da parte aérea da braquiária igual a 3.194 kg ha<sup>-1</sup> no momento

da colheita do milho (Tabela 5). No triplo consórcio (milho, braquiária e guandu-anão ou crotalária sem N mineral) a produção de MS da braquiária foi, em média, igual a 1.800 kg ha<sup>-1</sup>. Os resultados de MS de braquiária 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 braquiária consorciada com essas culturas. Nesse trabalho, os autores verificaram que a produção de MS da braquiária não ultrapassou 3.000 kg ha<sup>-1</sup>, enquanto no monocultivo obtiveram 19.580 kg ha<sup>-1</sup>.

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

Todos os consórcios, exceto aqueles implantados aos 15 DAE do milho, proporcionaram produção de MS de leguminosa acima de 1.200 kg ha<sup>-1</sup> (Tabela 4), em que observou-se média de 2.660 kg ha<sup>-1</sup> 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<sup>-1</sup> de MS). No entanto, nesta mesma condição, verificou-se a menor produtividade de grãos de milho (Tabela 2).

**Tabela 4.** Massa de matéria seca (MS) de guandu-anão (*Cajanus cajan*), e crotalária (*Crotalaria spectabilis*) e braquiária (*Brachiaria brizantha*) consorciados com milho, verão de 2008/2009. Ipameri-GO<sup>1</sup>.

Cultivo	Guandu-anão ou Crotalária		
	MS (kg ha <sup>-1</sup> )		
	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 + braquiária simultâneo - sem N	255 def	1.270 de	1.525 d
Milho + guandu-anão + braquiária simultâneo - sem N	433 d	2.104 b	2.536 b
Milho + guandu-anão - 90 kg ha <sup>-1</sup> de N <sup>2</sup>	844bc	1.720 bc	2.564 b
Milho + crotalária - 90 kg ha <sup>-1</sup> de N	991 ab	1.662 cd	2.653 b
CV (%)	15,5	14,3	10,7
DMS	198	439	467

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

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

**Tabela 5.** Massa da matéria seca (MS) da braquiária (*Brachiaria brizantha*) no consórcio com milho e leguminosas no verão de 2008/2009. Ipameri-GO<sup>1</sup>.

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

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

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

## Análise de crescimento

Realizou-se análise de crescimento no experimento conduzido em Santo Antônio de Goiás-GO, na qual o milho apresentou comportamento característico de índice de área foliar (IAF) ao longo do tempo (Figura 4a), 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  $2,2 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$  e  $3,1 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$ , determinados entre 57 e 61 dias após a emergência (DAE). Esses valores são inferiores aos encontrados na literatura, uma vez que Braz et al. (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 milho, e  $4,5 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$  sobre braquiária. 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  $90 \text{ kg ha}^{-1}$  de N (Figura 4a). 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  $3,0 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$  (Figura 4b). O valor de IAF observado na presente pesquisa para o monocultivo de guandu é inferior ao observado por Braz et al. (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  $13,9 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$  (Figura 4c). O alto valor de IAF determinado para crotalária semeada nas linhas de milho indicam o seu potencial competitivo.

A massa de matéria seca da parte aérea (MSPA) de guandu e crotalária em monocultivo, semeados nas linhas e entrelinhas de milho (Figuras 5b e c) apresentaram o mesmo comportamento observados nas Figuras 4b e c, 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 é da ordem de  $200 \text{ kg ha}^{-1}$  (Figura

5b), que aumentou para uma média de  $910 \text{ kg ha}^{-1}$  (Tabela 4), 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  $800 \text{ kg ha}^{-1}$  diminuiu para uma média de  $599 \text{ kg ha}^{-1}$  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 4c) comparativamente à tendência de crescimento apresentada pelo guandu-anão (Figura 4b).

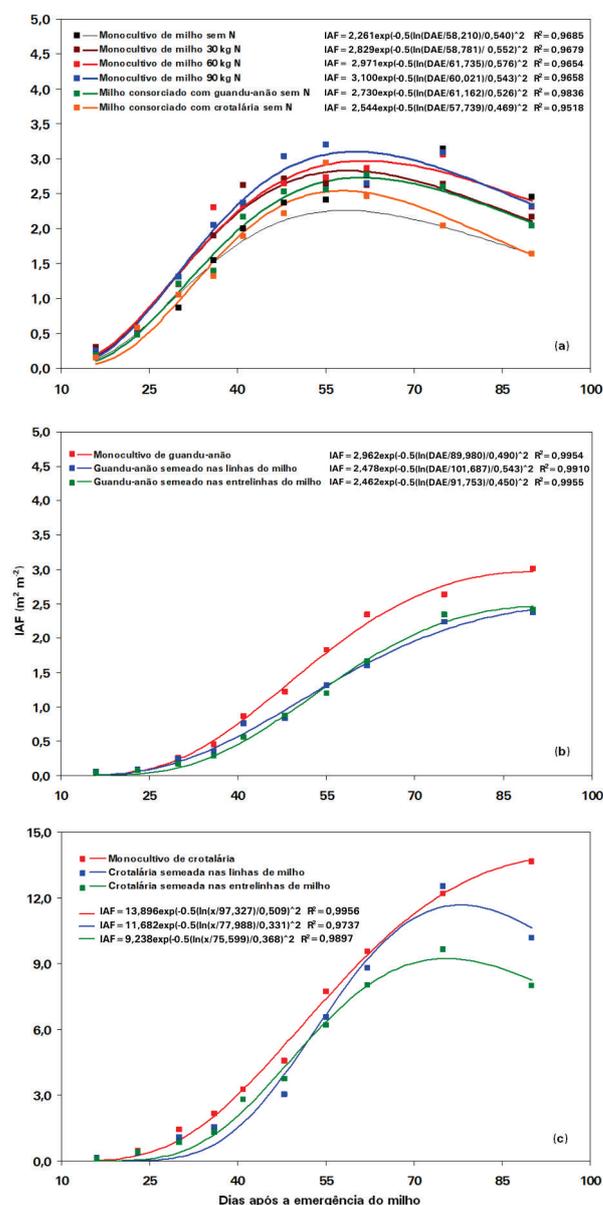


Figura 4. Índice de área foliar (IAF) de milho (a), guandu-anão (b) e crotalária (c) em monocultivo e em consórcio, verão de 2008/2009. Santo Antônio de Goiás-GO.

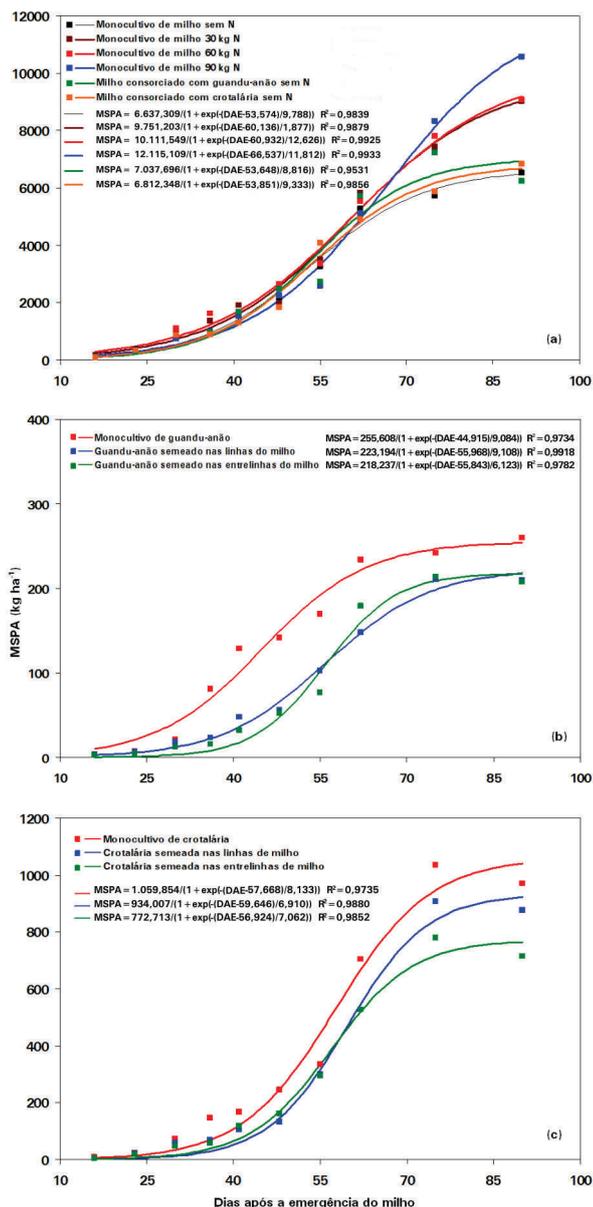


Figura 5. Massa de matéria seca da parte aérea (MSPA) de milho (a), guandu-anão (b) e crotalária (c) em monocultivo e em consórcio, verão de 2008/2009. Santo Antônio de Goiás-GO.

## Cultivo de Feijão de Inverno em Sucessão aos Consórcios de Milho com Leguminosas

Esse experimento teve como premissa que os resíduos referentes aos cultivos do milho consorciado com leguminosas (verão de 2008/2009, Embrapa Arroz e Feijão) poderiam suprir parte ou todo o N requerido para a produtividade de feijão no inverno. Assim, esse trabalho foi realizado no inverno de 2009, na mesma área em que se cultivou milho com leguminosas na Embrapa Arroz e Feijão. Além da produtividade de grãos de feijão, foram também avaliados os teores de nitrogênio na palhada de cobertura do solo e nas folhas de feijoeiro, além da atividade da enzima redutase do nitrato, taxa de crescimento da cultura, entre outras variáveis apresentadas a seguir.

## Produtividade de grãos de feijão

Com o objetivo de avaliar a resposta do feijoeiro na palhada de milho consorciado com leguminosas, realizou-se um experimento no inverno de 2009, em sucessão ao Sistema Santa Brígida conduzido no verão de 2008/2009 (Figura 6). O delineamento foi de blocos completos casualizados com parcelas subdivididas, com quatro repetições. Os tratamentos principais constituíram-se das palhadas proporcionadas pelo experimento de milho consorciado com leguminosas e dos níveis de adubação nitrogenada em cobertura, na forma de uréia, constituindo as subparcelas: sem N; 40 kg ha<sup>-1</sup> de N; 80 kg ha<sup>-1</sup> de N e 120 kg ha<sup>-1</sup> de N. Além disso, adicionou-se um tratamento de palhada, constituído de resíduos de *Brachiaria brizantha*.

Observa-se na Tabela 6 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<sup>-1</sup> de feijão (milho + guandu - sem N) e 2.954 kg ha<sup>-1</sup> (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 2.814 kg ha<sup>-1</sup> (Tabela 6; Figura 7). 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<sup>-1</sup>) 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<sup>-1</sup>) (Tabela 1).

Contudo, observa-se que houve resposta linear para a produtividade do feijoeiro até 120 kg ha<sup>-1</sup> de N aplicado em cobertura (Figura 7). 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 em palhadas de gramíneas.

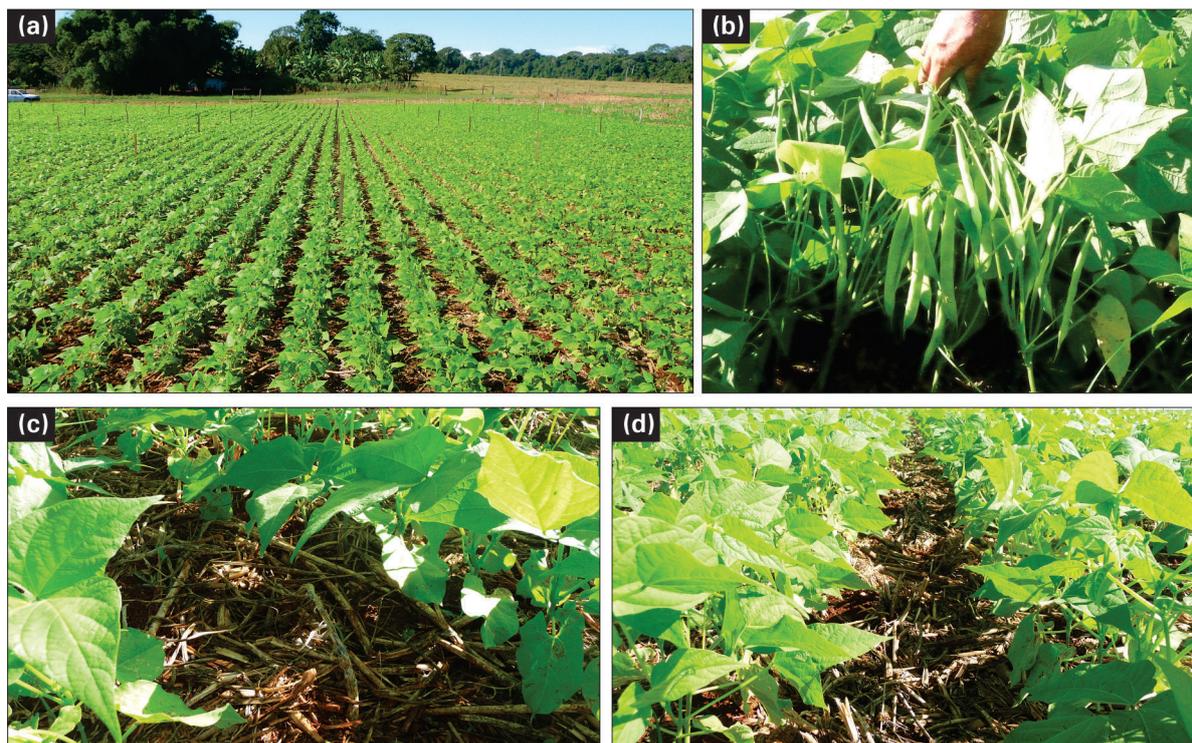


Figura 6. Vista parcial do feijoeiro cultivado sobre diferentes palhadas (a), detalhe das vagens de feijão em palhada de braquiária (b), dos resíduos de guandu-anão (c) e de crotalária (d). Inverno de 2009, Santo Antônio de Goiás-GO.

Tabela 6. Produtividade de feijão, cv. BRS Radiante, cultivado em sucessão à palhada de milho com leguminosas, inverno de 2009. Santo Antônio de Goiás-GO<sup>1</sup>.

Palhada	Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )				
	Doses de N (kg ha <sup>-1</sup> ) <sup>2</sup>				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 <sup>-1</sup> de N <sup>2</sup>	2.686	2.601	2.946	2.682	2.729 c
Monocultivo de milho - 60 kg ha <sup>-1</sup> de N	2.635	2.657	2.751	2.770	2.703 c
Monocultivo de milho - 90 kg ha <sup>-1</sup> 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 <sup>-1</sup> 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 <sup>-1</sup> de N	2.846	2.973	2.957	3.106	2.970 ab
Braquiária	2.787	2.892	3.122	3.161	2.991 ab
Média	2.814 B	2.816 B	2.939 A	3.050 A	-
CV (%)					6,2
DMS					218

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

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

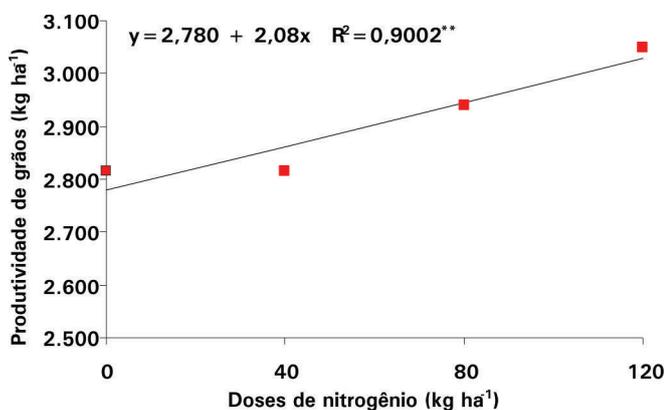


Figura 7. Produtividade feijão, cv. BRS Radiante, média de cultivos sobre nove palhadas de cobertura do solo, em razão de doses de nitrogênio, na forma de uréia, aplicado em cobertura aos 20 dias após a emergência da cultura.

Em relação aos componentes do rendimento, não houve interação entre palhadas e doses de N. Houve resposta linear ao efeito da aplicação de até 120 kg ha<sup>-1</sup> de N do número de vagens por planta, por outro lado, o número de grãos por vagem evidenciou resposta ao fornecimento de até 120 kg ha<sup>-1</sup> de N, embora o número de grãos por vagem com a aplicação de 80 kg ha<sup>-1</sup> de N seja semelhante ao obtido sem o fornecimento de N. Em relação à massa de 100 grãos, 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.

## Palhada de cobertura do solo

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<sup>-1</sup>), na semeadura do feijão no inverno de 2009 (4.956 kg ha<sup>-1</sup>) e na pós-colheita do feijão (4.204 kg ha<sup>-1</sup>) (Tabela 7). 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 braquiária. 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 braquiária, 60% de milho e 70% de feijão. Kliemann et al. (2006) observaram decomposição de 48% da MS de braquiária 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 braquiária, representando mais que o dobro da quantidade de liteira de qualquer outro tratamento, em qualquer das épocas de avaliação (Tabela 7). Esses resultados corroboram os obtidos por Aidar et al. (2000) e Braz et al. (2005), em que verificaram maior produção de palhada de braquiária.

**Tabela 7.** Massa da matéria seca das palhadas de cobertura do solo, verão de 2008/2009 e inverno de 2009. Santo Antônio de Goiás-GO<sup>1</sup>.

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 <sup>-1</sup> de N <sup>2</sup>	9.425 b	4.044 b	2.982 b	
Monocultivo de milho - 60 kg ha <sup>-1</sup> de N	6.171 b	4.904 b	4.445 b	
Monocultivo de milho - 90 kg ha <sup>-1</sup> de N	8.156 b	4.456 b	4.174 b	
<b>Média monocultivos</b>	<b>7.772</b>	<b>4.291</b>	<b>3.885</b>	
Milho + guandu-anão - sem N	9.540 b	4.300 b	2.880 b	
Milho + guandu-anão - 90 kg ha <sup>-1</sup> 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 <sup>-1</sup> de N	9.622 b	4.490 b	3.236 b	
<b>Média consórcios</b>	<b>9.411</b>	<b>4.373</b>	<b>3.278</b>	
Braquiária	26.944 a	9.948 a	8.859 a	
<b>Média geral</b>	<b>10.631</b>	<b>4.956</b>	<b>4.204</b>	
CV (%)	13,9	15,0	27,7	
DMS	3.554	1.787	2.715	

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

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

## Teores de carbono e nitrogênio nas palhadas de cobertura

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 8). No momento da semeadura do feijão, quando a maior parte das palhadas havia sido decomposta (Tabela 7), a quantidade de N presente nas palhadas sobre a superfície do solo correspondia a valores entre 30 kg N ha<sup>-1</sup> a 73 kg N ha<sup>-1</sup>, em que o maior foi referente à palhada de braquiária (9.948 kg ha<sup>-1</sup> de palhada x 0,74% de N presente na palhada) e o menor foi obtido no sistema de monocultivo de milho sem o fornecimento de N (Tabelas 7 e 8).

**Tabela 8.** 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-GO<sup>1</sup>.

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

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

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

## Teores de nitrato e amônio no solo

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 9. 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 braquiária.

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.

## Teor de nitrogênio nas folhas de feijoeiro

O teor de nitrogênio em folhas de feijão, antes da adubação nitrogenada em cobertura, não diferiu em razão do tipo de palhada (Tabela 10). 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 aplicadas no feijoeiro (Figura 8), não havendo interação.

O fato do conteúdo de N nas folhas antes da adubação nitrogenada ter sido maior que a média dos quatro níveis de N em cobertura é atribuído à idade da planta, ou seja, em fase vegetativa a planta acumula nutriente nas folhas, sendo que na fase reprodutiva há a translocação desses elementos para os novos órgãos (vagens e grãos).

**Tabela 9.** 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-GO<sup>1</sup>.

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

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

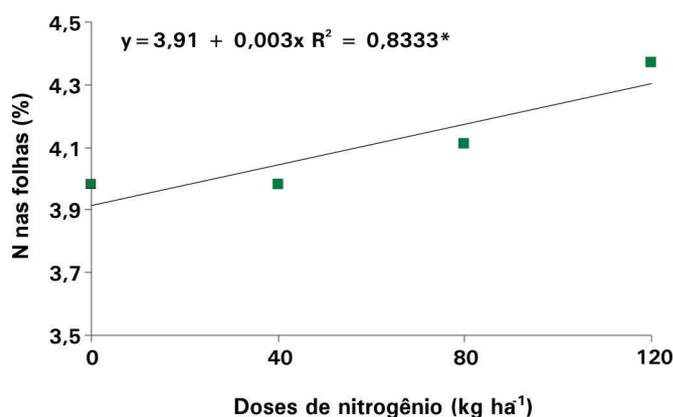
<sup>2</sup> Nitrogênio, na forma de uréia, aplicado aos 20 dias após a emergência do milho.

**Tabela 10.** 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-GO<sup>1</sup>.

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

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

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



**Figura 8.** 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.

## Taxa de crescimento relativo do feijoeiro

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

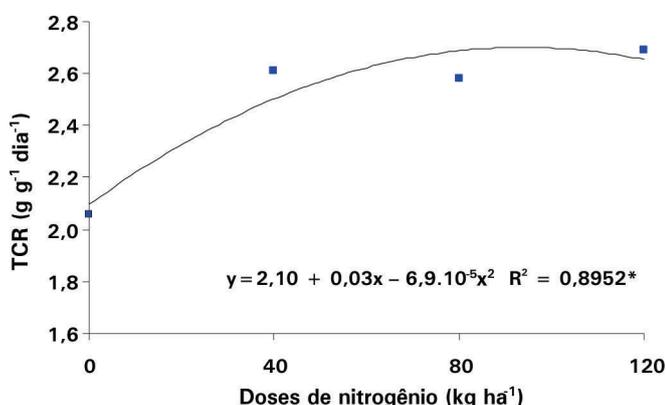
taxa de crescimento do feijão cultivado sobre milho + guandu-anão + 90 kg ha<sup>-1</sup> de N foi estatisticamente maior (0,325 g g<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>) que as apresentadas em sucessão ao monocultivo de milho sem N (0,058 g g<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>) ou com 30 kg ha<sup>-1</sup> N (0,086 g g<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>) ou após braquiária (0,119. g g<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>). As taxas de crescimento relativo nos outros tratamentos variaram entre essas condições mais discrepantes em duas classes de resposta (Tabela 11). 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<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>. 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 TCR<sub>2</sub>, obtida após a aplicação de N em cobertura, verificou-se que a maior TCR foi igual a 2,70 g g<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>, correspondente à dose de 92 kg ha<sup>-1</sup> de N (Figura 9).

**Tabela 11.** 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- GO<sup>1</sup>.

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

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

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



**Figura 9.** 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, aplicada em cobertura aos 20 dias após a emergência da cultura.

## Atividade da enzima redutase do nitrato em folhas de feijoeiro

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 8:30h ou às 13:30h (Tabela 12). No entanto, a atividade da enzima foi superior na avaliação feita às 13:30h 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 12.** 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-GO<sup>1</sup>.

Palhada	Atividade da RN (μmol NO <sup>-2</sup> h <sup>-1</sup> g <sup>-1</sup> MFP <sup>2</sup> )		Atividade da RN (μmol NO <sup>-2</sup> h <sup>-1</sup> g <sup>-1</sup> MSP <sup>3</sup> )	
	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 <sup>-1</sup> de N <sup>2</sup>	0,065 aB	0,212 aA	0,088 aB	0,287 aA
Monocultivo de milho - 60 kg ha <sup>-1</sup> de N	0,068 aB	0,231 aA	0,083 aB	0,283 aA
Monocultivo de milho - 90 kg ha <sup>-1</sup> 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 <sup>-1</sup> N	0,125 aB	0,268 aA	0,163 aB	0,350 aA
Milho + crotalária - sem N	0,156 aB	0,268 aA	0,209 aB	0,360 aA
Milho + crotalária - 90 kg ha <sup>-1</sup> de N	0,103 aB	0,260 aA	0,136 aB	0,342 aA
Braquiária	0,148 aB	0,265 aA	0,198 aB	0,354 aA
DMS entre manhã e tarde	0,130		0,112	
DMS entre palhadas	0,086		0,169	
<b>Média</b>	<b>0,245 A</b>	<b>0,108 B</b>	<b>0,143 B</b>	<b>0,322 A</b>
CV (%)	45,7		47,0	
DMS	0,061		0,082	

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

## Simulações

### Produção agropecuária no Brasil

No Brasil, extensas áreas com potencial para produção de alimentos encontram-se ocupadas por pastagens degradadas. Conforme apresentado na Tabela 13, são estimados cerca de 100 milhões de hectares de pastagens em fase de degradação no país, perfazendo 60% do total de pastagens no Brasil. Na região Centro-Oeste, é estimado que 80% das pastagens estão degradadas.

Esses milhões de hectares de pastagens degradadas no Brasil geram várias situações indesejáveis à produção de alimentos de origem vegetal e animal e à qualidade de vida humana. O primeiro reflexo é a diminuição da umidade relativa do ar, pois a fotossíntese das forrageiras no período seco do ano, geralmente de cinco a seis meses, é quase nula. Isso faz com que não haja fixação fotossintética de carbono e tampouco transpiração das plantas, que garantem a umidade do ar. O fato das plantas permanecerem secas por vários meses durante o ano

propicia as queimadas, que pioram ainda mais a qualidade do ar e, principalmente, comprometem a fauna. Além disso, passa a existir uma pressão para a abertura de novas fronteiras, o que contraria a preservação das florestas.

**Tabela 13.** Uso da terra no Brasil.

Uso da terra	Brasil	Centro-Oeste
Área total arável (ha)	350.000.000	-
Lavoura permanente (ha) <sup>1</sup>	6.451.351	101.307
Lavoura temporária (ha) <sup>1</sup>	55.887.964	15.068.726
Pastagem (ha) <sup>2</sup>	172.333.073	56.836.902
Rebanho bovino (cab) <sup>2</sup>	169.900.049	53.750.377
Estimativa pastagem degradada (ha) <sup>2</sup>	103.399.890 (60%)	45.469.513 (80%)
Lotação (animal ha <sup>-1</sup> )/(UA ha <sup>-1</sup> )	0,98/0,59	0,94/0,56

<sup>1</sup>Fonte: IBGE (2008).

<sup>2</sup>Fonte: IBGE (2006).

A pouca oferta de postos de trabalho e a baixa demanda por mão de obra especializada são consequências da subutilização das pastagens, o que leva à baixa geração de impostos. O baixo desenvolvimento local e regional das áreas degradadas é agravado pela miséria nos centros urbanos adjacentes, que pode ser caracterizada pela proliferação de favelas.

Uma vez que extensas áreas são ocupadas por monocultura de pastagem degradadas que circundam grandes centros consumidores/ industrializadores, tais como Marília e São José do Rio Preto, no Estado de São Paulo, Uberlândia e Uberaba, em Minas Gerais, Goiânia e Anápolis, em Goiás, Cuiabá-MS, Campo Grande-MT, Palmas e Araguaína, no Tocantins, a produção de alimentos como soja, milho e arroz de terras altas está migrando para novas fronteiras agrícolas, particularmente, na região amazônica. A consequência é o encarecimento do produto final, devido ao elevado custo do transporte e das perdas durante esse processo.

Somado a isso, observa-se que, dos 55 milhões de hectares ocupados por lavouras temporárias, aproximadamente 67%, ou seja, 37 milhões de hectares, são cultivados com soja, milho e alimentos prioritários para a população, como arroz, batata, feijão, mandioca e trigo. Destaca-se, ainda, que as produtividades médias dessas culturas são bastante inferiores ao potencial produtivo (IBGE, 2006).

No tocante à pecuária, além da falta de alimento de qualidade para os rebanhos bovinos durante o inverno, os índices zootécnicos são baixos e muito inferiores ao potencial genético animal disponível (MAGNABOSCO et al., 2001).

Diante do exposto, sugere-se que as áreas de pastagens degradadas sejam recuperadas e utilizadas tanto para a produção de forragens, cujo destino é a produção bovina, quanto para a produção de alimentos. Entende-se que,

além de eliminar os problemas causados pela degradação, o uso da terra deve prover a população de alimentos, emprego e qualidade ambiental.

## Potencial da produção agropecuária no Brasil

Na maior parte das pastagens degradadas e solos degradados, no processo de recuperação via consórcio de culturas graníferas e forrageiras, tais quais os sistemas de Integração Lavoura-Pecuária, em cada hectare, a título de exemplo, pode-se produzir até 3 t ha<sup>-1</sup>; 5 t ha<sup>-1</sup> e 3 t ha<sup>-1</sup> de arroz, milho e sorgo, respectivamente (OLIVEIRA et al., 1996).

No caso de solos sob lavouras, também se utilizando o sistema de consorciação de milho ou sorgo com forrageiras (KLUTHCOUSKI et al., 2000), além de não decrescer a produtividade de grãos dessas espécies, poder-se-ia produzir pastagem para o período seco para cerca de 2 Unidades Animal (UA) por hectare, lembrando que a média brasileira é em torno de 0,5 UA ha<sup>-1</sup>, com produção de boi a pasto no período mais crítico do ano, em termos de oferta de forragem. Isso significa que seria possível alimentar um rebanho bovino de 25 milhões de UA, se considerarmos apenas a área de produção de milho no país (12,5 milhões ha). Além disso, essas pastagens servirão para formação de uma palhada de cobertura do solo para produção de grãos no verão subsequente.

Nos sistemas de produção de lavouras, tanto o precedente cultural braquiária quanto a sua palhada de cobertura do solo, têm mostrado vantagens incontestáveis para a produção vegetal, reduzindo, principalmente, a necessidade de defensivos agrícolas.

No tocante ao nitrogênio, caso nas áreas que hoje são utilizadas para produção de milho e sorgo fosse adotada a consorciação com leguminosas, em cada hectare, segundo dados constantes nas Tabelas 7 e 8, seria possível manter, temporariamente, na palhada de cobertura, 90 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio com guandu-anão ou crotalária (0,96% N x 9.411 kg ha<sup>-1</sup> MS). A decomposição dos resíduos das culturas graníferas e das leguminosas pode elevar o aporte de N no solo, de modo que a quantidade de fertilizante nitrogenado no cultivo subsequente seja reduzida.

A implantação da forrageira via consórcio com milho, sorgo ou arroz, na época de disponibilidade hídrica pluvial, viabiliza a produção de fitomassa no período de estiagem nos Cerrados. A produção da pastagem de primeiro ano é elevada e as plantas permanecem verdes e fotossinteticamente ativas durante os doze meses. Isso significa que toneladas de carbono são fixadas

pelos forrageiras. Considerando-se que uma pastagem de boa qualidade, e bem manejada, pode produzir 57.000 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de MS, estima-se que anualmente podem ser fixados 22.800 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de carbono (Tabela 14). No caso de uma pastagem de baixa qualidade, a produção anual raramente ultrapassa os 6.200 kg ha<sup>-1</sup> de MS, podendo fixar cerca de 2.520 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de carbono, exclusivamente no período das chuvas.

**Tabela 14.** Estimativa de fixação de carbono pela parte aérea de braquiária.

Qualidade da pastagem	Produção MS <sup>1</sup> (kg ha <sup>-1</sup> dia <sup>-1</sup> )		Produção MS (kg ha <sup>-1</sup> ) <sup>2</sup>		Total MS (kg ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> )	kg C <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup>
	Chuvas	Seca	Chuvas	Seca		
Pasto de boa qualidade	133	66	42.000	15.000	57.000	22.800
Pasto de média qualidade	80	33	25.200	7.500	32.700	13.080
Pasto de baixa qualidade	20	0	6.300	0	6.300	2.520

<sup>1</sup>MS: matéria seca.

<sup>2</sup>Considerando estação das chuvas um período de, aproximadamente, sete meses e a estação da seca, cinco meses.

<sup>3</sup>Considerando 40% de C na MS.

A partir do exposto, supõe-se que, caso os 50 milhões de hectares, hoje com pastagem degradadas nos Cerrados, fossem recuperados para “pasto de média qualidade”, poderiam ser fixadas 528 milhões de toneladas de carbono a mais a cada ano.

Em termos gerais, supõe-se que ao recuperar os cerca de 100 milhões de hectares de pastagem degradada o Brasil seria capaz de duplicar a produção nacional de grãos; triplicar a capacidade de suporte das pastagens; produzir carne de melhor qualidade a pasto, reduzindo, pela metade o tempo necessário para o abate dos animais; triplicar a produção de leite; reduzir o uso de defensivos agrícolas e o efeito dos veranicos; diminuir a demanda por nitrogênio; gerar oferta de empregos com menores investimentos; reduzir o custo Brasil em fretes e transportes de insumos e da produção agrícola; regularizar a distribuição de renda; e melhorar substancialmente a qualidade ambiental.

## 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.

## Considerações Finais

O nitrogênio é o nutriente demandado em maior quantidade pelas culturas e seu custo de produção tão elevado quanto dependente de energia, assim, todo esforço deve ser orientado para a utilização mais eficiente do nitrogênio atmosférico. Portanto, tem-se como premissa que o consórcio de leguminosas com outras espécies resultará, na prática, em uma agricultura de custo mais barato e menos poluidora do ambiente.

## Agradecimentos

À Capes, pela concessão da bolsa de estudos ao primeiro autor e à Embrapa Arroz e Feijão, pelo suporte técnico.

## Referências

- AIDAR, H.; THUNG, M.; OLIVEIRA, I. P. de; KLUTHCOUSKI, J.; CARNEIRO, G. E. S.; SILVA, J. G. da; 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. de. **Balço de 15N 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.
- 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, DF, v. 35, n. 1, p. 47-54, jan. 2000.
- ARF, O.; GITTI, D. C.; VILELA, R. G.; MULLER, R. V.; PORTUGAL, J. R.; PEREIRA, D. A. S.; KAPPES, C. Produção de massa seca em cultivo consorciado de *Crotalaria juncea* e *C. spectabilis* com milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MILHO E SORGO, 28., 2010, Goiânia. **Resumos...** Goiânia: Associação Brasileira de Milho e Sorgo. 2010. 1 CD-ROM.

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, DF, v. 42, n. 2, p. 163-171, fev. 2007.

BRASIL. Secretaria de Política Agrícola. **Plano agrícola e pecuário 2010-2011**. Brasília, DF, 2010. 48 p.

BRAZ, A. J. B. P.; KLIEMANN, H. J.; SILVEIRA, P. M. da. Produção de fitomassa de espécies de cobertura em Latossolo Vermelho distroférrico. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 35, n. 1, p. 55-64, jan./abr. 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, MG, 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, DF, 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, DF, v. 41, n. 2, p. 307-312, fev. 2006b.

GITTI, D. C.; ARF, O.; VILELA, R. G.; MULLER, R. V.; PORTUGAL, J. R.; PEREIRA, D. A. S.; KAPPES, C. Épocas de semeadura da *Crotalaria juncea* e *C. spectabilis* intercaladas na cultura do milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MILHO E SORGO, 28., 2010, Goiânia. **Resumos...** Goiânia: Associação Brasileira de Milho e Sorgo. 2010. 1 CD-ROM.

HEINRICH, 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, MG, v. 29, n. 1, p. 71-79, jan./fev. 2005.

IBGE. **Censo agropecuário 2006**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/agropecuaria/censoagro/default.shtm>>. Acesso em: 15 jul. 2010.

IBGE. **Produção agrícola municipal: culturas temporárias e permanentes 2008**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/pam/2008/default.shtm>> Acesso em: 15 jul. 2010.

KLIEMANN, H. J.; BRAZ, A. J. B. P.; SILVEIRA, P. M. da. Taxas de decomposição de resíduos de espécies de cobertura em Latossolo Vermelho distroférrico. **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.; THUNG, M.; OLIVEIRA, F. R. de A. Manejo antecipado do nitrogênio nas principais culturas anuais. **Informações Agrônomicas**, Piracicaba, n. 113, p. 1-24, mar. 2006. Encarte técnico.

KLUTHCOUSKI, J.; COBUCCI, T.; AIDAR, H.; YOKOYAMA, L. P.; OLIVEIRA, I. P. de; COSTA, J. L. da; SILVA, J. G. da; VILELA, L.; BARVELLOS, A. de O.; MAGNABOSCO, C. de U. **Sistema Santa Fé – Tecnologia Embrapa: integração lavoura-pecuária pelo consórcio de culturas anuais com forrageiras, em área de lavoura, nos sistemas direto e convencional**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2000. 28 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Circular técnica, 38).

MAGNABOSCO, C. de U.; BARCELLOS, A. de O.; OLIVEIRA, I. P. de; SAINZ, R. D.; VILELA, L.; FARIA, C. U. de; COSTA, D. de O. Desempenho do componente animal no sistema PIAP. In: WORKSHOP INTERNACIONAL PROGRAMA DE INTEGRAÇÃO AGRICULTURA E PECUÁRIA PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DAS SAVANAS SULAMERICANAS, 2001, Santo Antônio de Goiás. **Anais...** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2001. p. 31-45. (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 123).

NUNES, H. V.; SILVA, I. de F. da; BRUNO, R. de 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, dez. 2006.

OLIVEIRA, P. **Consórcio de milho com adubos verdes e manejo da adubação nitrogenada no cultivo de feijão em sucessão no sistema Integração Lavoura-Pecuária no Cerrado**. 2010. 125 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.

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.

OLIVEIRA, I. P. de; KLUTHCOUSKI, J.; YOKOYAMA, L. P.; DUTRA, L. G.; PORTES, T. de A.; SILVA, A. E. da; PINHEIRO, B. da S.; FERREIRA, E.; CASTRO, E. da M. de; GUIMARÃES, C. M.; GOMIDE, J. de C.; BALBINO, L. C. **Sistema Barreirão: recuperação/renovação de pastagens degradadas em consórcio com culturas anuais**. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1996. 87 p. (EMBRAPA-CNPAP. Documentos, 64).

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

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.

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

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).

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

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. 55-59. (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 174).

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.

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.

### Circular Técnica, 88



Ministério da  
Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento



Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:  
**Embrapa Arroz e Feijão**  
Rodovia GO 462 Km 12 Zona Rural  
Caixa Postal 179  
75375-000 Santo Antônio de Goiás, GO  
Fone: (62) 3533 2123  
Fax: (62) 3533 2100  
E-mail: sac@cnpaf.embrapa.br

1ª edição  
versão online (2010)

### Comitê de publicações

**Presidente:** *Luís Fernando Stone*  
**Secretário-Executivo:** *Luiz Roberto R. da Silva*  
*Silvando Carlos da Silva*  
*Tarcísio Cobucci*

### Expediente

**Supervisor editorial:** *Camilla Souza de Oliveira*  
**Revisão de texto:** *Camilla Souza de Oliveira*  
**Normalização bibliográfica:** *Ana Lúcia D. de Faria*  
**Tratamento das ilustrações:** *Fabiano Severino*  
**Editoração eletrônica:** *Fabiano Severino*