

Resposta do milho à adubação nitrogenada quando cultivado em sucessão a plantas de cobertura de inverno, no sistema plantio direto

Carla Maria Pandolfo¹, Milton da Veiga² e
Angelo Mendes Massignam³

Resumo – O milho é uma cultura exigente em nitrogênio (N), e a espécie de planta de cobertura cultivada anteriormente pode afetar a resposta desta cultura à adubação nitrogenada. O objetivo deste trabalho foi avaliar o rendimento de grãos de milho cultivado em sucessão à aveia-preta, ao centeio, à ervilhaca comum e ao nabo forrageiro em sistema plantio direto, em resposta à adubação nitrogenada, bem como estabelecer as doses de N para a máxima eficiência técnica (MET) e econômica (MEE). Foram conduzidos quatro experimentos nos quais se testaram doses de N na semeadura (zero, 20, 40 e 80kg/ha) combinadas com doses de N em cobertura (zero, 20, 40 e 80kg/ha). O milho respondeu em termos de rendimento de grãos à dose total de N aplicado, independentemente da cultura antecedente. Para aveia-preta, centeio, ervilhaca comum e nabo forrageiro, as doses de N para a MET foram de 138, 128, 131 e 161kg/ha, respectivamente, e para a MEE foram de 117, 108, 97 e 120kg/ha de N.

Termos para indexação: aveia-preta, centeio, nabo forrageiro, ervilhaca comum, nitrogênio, milho.

Corn yield response to nitrogen fertilizer following winter cover crops in no-till system

Abstract – Corn is highly responsive in yield to nitrogen (N) supply, but winter cover crops cultivated before could affect this response. The objectives of this study were to evaluate the corn response to N fertilization, when cultivated after black oat (*Avena strigosa*), rye (*Secale cereale*), common vetch (*Vicia sativa*) and oilseed radish (*Rhaphanus sativus*) in recently implanted no-till system, and to determine the N doses to the maximum technical efficiency (MTE) and maximum economical efficiency (MEE). A combination of N doses at sowing (zero, 20, 40 and 80kg/ha) and top-dressing (zero, 20, 40 and 80kg/ha) was applied. Corn grain yield was related to the total N applied independently of the winter cover crop. The maximum technical efficiency was at 138, 128, 131 and 161kg/ha of N, and the maximum economical efficiency was at the 117, 108, 97 and 120kg/ha of N, respectively, to black oat, rye, common vetch and oilseed radish.

Index terms: black oat, rye, oilseed radish, common vetch, nitrogen, corn.

Introdução

O milho é uma das culturas de maior importância econômica em Santa Catarina em função da área plantada (874.434ha), da produção (4.323.696t) e da sua participação na formação do valor bruto da produção do subsetor lavouras temporárias (27,3%), de acordo com a Síntese Anual da Agricultura de

Santa Catarina 2002-2003 (Síntese..., 2003). É uma cultura exigente em N, necessitando de 14 a 20kg para cada tonelada de grãos produzida, sendo que os estádios de maior demanda de N são na alongação dos entrenós e no florescimento (Sá, 1998). A dose de N recomendada para o milho depende do teor de matéria orgânica do solo, da cultura de inverno

antecedente e da expectativa de rendimento de grãos (CQFS-NRS, 2004).

A utilização de plantas de cobertura de inverno é expressiva na região, destacando-se a aveia-preta, a ervilhaca comum e o azevém (Veiga & Trombetta, 1997). A sucessão aveia e/ou azevém/milho é também bastante utilizada pelos agricultores que têm atividade

Aceito para publicação em 6/6/06.

¹Eng. agr., Dr., Epagri/Estação Experimental de Campos Novos, C.P. 116, 89620-000 Campos Novos, SC, fone/fax: (49) 3541-0748, e-mail: pandolfo@epagri.rct-sc.br.

²Eng. agr., Dr., Epagri/Estação Experimental de Campos Novos, e-mail: milveiga@epagri.rct-sc.br.

³Eng. agr., Ph.D., Epagri/Estação Experimental de Campos Novos, e-mail: massigna@epagri.rct-sc.br.

pecuária na sua propriedade. As leguminosas se destacam, entre as espécies utilizadas como culturas de cobertura/adubo verde, em função da sua capacidade de fixar simbioticamente o N atmosférico e incorporá-lo à fitomassa, como é o caso da ervilhaca, que pode reduzir a dose de N em relação à aveia-preta em 40% a 60% (Sá, 1997). Por outro lado, as gramíneas são importantes para a formação de cobertura morta persistente sobre a superfície do solo, requisito básico para a implantação e manutenção do sistema plantio direto (SPD). Nesta condição, porém, pode ocorrer imobilização temporária do N pelos microrganismos decompositores em razão da elevada relação C/N do material, causando competição por N com o milho na fase inicial de crescimento da cultura.

O presente trabalho teve por objetivo avaliar o rendimento de grãos de milho cultivado em sucessão a plantas de cobertura de inverno em sistema de plantio direto, em resposta à adubação nitrogenada, bem como estabelecer as doses de N para a máxima eficiência técnica e econômica para as condições edafoclimáticas em que se realizou o estudo.

Material e métodos

Quatro experimentos foram conduzidos na Epagri/Estação Experimental de Campos Novos e em áreas arrendadas de agricultores, localizadas no município de Campos Novos, SC. Os experimentos foram conduzidos em SPD, com milho cultivado em sucessão à aveia-preta (*Avena strigosa*), ao centeio (*Secale cereale*), à ervilhaca comum (*Vicia sativa*) e ao nabo forrageiro (*Rhaphanus sativus*). Cada espécie de cobertura do solo constituiu um experimento. Os experimentos foram conduzidos por duas safras, em anos não necessariamente consecutivos e/ou simultâneos entre as culturas de cobertura, no período de 1996 a 2001. Em cada safra os experimentos foram instalados em locais diferentes para viabilizar a rotação de culturas de inverno e de verão. O tempo de adoção do SPD nas áreas utilizadas para condução dos

experimentos variou de dois a quatro anos e os teores de matéria orgânica do solo variaram de 3% a 4% e foram classificados como médios (Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2004).

Os tratamentos constaram da aplicação de doses de N no plantio (Np) (zero, 20, 40 e 80kg/ha) combinadas com doses em cobertura (Nc) (zero, 20, 40 e 80kg/ha). O delineamento experimental foi o de blocos casualizados com três repetições, no esquema fatorial 4 x 4 (quatro doses de Np e quatro de Nc). A fonte de adubo nitrogenado utilizada foi a uréia. A aplicação de N na semeadura foi feita em sulco adjacente à linha do milho, com o fechamento do sulco após a colocação do adubo. A aplicação das doses de Nc foi efetuada na linha de semeadura, sem incorporação, preferencialmente em solo úmido, quando o milho apresentava de quatro a oito folhas expandidas, salvo nos anos em que houve atraso em função de períodos de déficit hídrico. A adubação com fósforo e potássio seguiu a recomendação oficial, baseada na análise de solo, e foi aplicada na linha durante a semeadura. A área total da parcela foi de 36m², com uma área útil de 14,4m². O manejo das plantas de cobertura foi realizado por ocasião do florescimento pleno, utilizando-se um dessecante com o princípio ativo glifosato. Para a estimativa da produção de massa seca (MS) das plantas de cobertura foram coletados cinco pontos de 0,5m² cada um, dentro da área total de cada experimento, com secagem da massa verde a 65°C até o peso constante. Em pelo menos um dos anos avaliados foi determinado o teor de N no tecido de cada cultura de cobertura, bem como estabelecida a relação C/N do material coletado. A semeadura do milho foi efetuada, aproximadamente, 15 dias após o manejo das plantas de cobertura, em linhas espaçadas em 0,9m, com uma população final de aproximadamente 55 mil plantas por hectare. As cultivares de milho utilizadas foram híbridos de ciclo precoce recomendados para a região.

Nos quatro experimentos foi avaliado o rendimento de grãos de milho, cujos resultados foram

inicialmente submetidos à análise de variância, individualmente para cada experimento. Foram elaboradas, também, superfícies de respostas em função das doses de Np e Nc. Adicionalmente, equações de regressão foram ajustadas para as doses totais de N aplicadas, somando-se o Np e o Nc dentro de cada combinação de fatores. As doses de máxima eficiência técnica (MET) e máxima eficiência econômica (MEE) foram obtidas através da derivada de primeira ordem das equações de regressão quadrática entre as doses de N totais aplicadas e o rendimento de milho, igualando-se a zero (MET) ou à relação de custo unitário do fertilizante nitrogenado pelo preço do produto (MEE) (Ferreira et al., 2003; Silva et al., 2005). Neste caso, considerou-se o preço da série histórica do N, tendo como fonte a uréia, e do milho no período de julho de 1994 a junho de 2003, com dados fornecidos pela Epagri/Centro de Estudos de Safras e Mercado – Cepa – (informação pessoal), que resultou na relação 5,4:1. A este valor se acrescentaram 20%, que correspondem ao risco atribuído aos anos com déficit hídrico, quando a resposta ao Nc é menor.

Resultados e discussão

Na análise de variância dos experimentos se observou que a resposta ao Np ou ao Nc foi significativa em todos os experimentos, porém a interação Np x Nc somente foi significativa para o milho cultivado após a aveia-preta (Tabela 1). Como os ajustes das equações para doses de Np e de Nc, tomadas individualmente, não permitiram a determinação da dose de MET devido à resposta linear na faixa estudada, a determinação desta dose foi obtida através de equações de regressão quadrática considerando-se a dose total de N por tratamento (Np + Nc).

A resposta do milho em termos de rendimento de grãos às doses de Np e Nc é apresentada na Figura 1. Observa-se que várias combinações entre Np e Nc propiciaram um rendimento de grãos de milho acima de 6.000kg/ha. De modo geral, o milho respondeu em maior magnitude ao Nc, principalmente

Tabela 1. Teste F para a variável rendimento de grãos, em quatro experimentos com a cultura do milho cultivada em sucessão a culturas de inverno para cobertura de solo, de acordo com a causa de variação considerada

Causa da variação	Plantas de cobertura de inverno			
	Aveia-preta	Centeio	Ervilhaca comum	Nabo forrageiro
Anos	ns	*	*	*
N no plantio (Np)	*	*	*	*
N em cobertura (Nc)	*	*	*	*
Interação Np x Nc	*	ns	ns	ns
CV (%)	11,6	15,8	10,0	12,7

*Significância estatística a 5% de probabilidade.
 Notas: ns = não significativo, CV = coeficiente de variação.

quando cultivado após a aveia-preta. A aplicação de 80kg/ha de Np não afetou negativamente o rendimento de grãos de milho, provavelmente em função de ter sido aplicado em sulco separado do sulco de semeadura, não afetando o “stand” final da cultura (dados não mostrados). Por outro lado, Motter et al. (2005) verificaram que a adição de altas doses de N-uréia prejudicou a germinação e o desenvolvimento

inicial do milho em quatro dos cinco solos estudados, atribuindo à volatilização da amônia, principalmente quando o pH é elevado. Em feijão, Valério et al. (2003) não constataram injúria às sementes e prejuízo à emergência das plântulas, quando aplicadas doses de N de até 120kg/ha. Entretanto, além da dificuldade operacional de aplicação, altas doses de Np acarretam maiores riscos de perdas de N por

lixiviação e volatilização quando as condições edafoclimáticas forem favoráveis às perdas.

Equações de regressão quadráticas foram ajustadas entre o N total aplicado e o rendimento de grãos de milho cultivado após aveia-preta, centeio, ervilhaca comum e nabo forrageiro (Figura 2). O ajuste de todas as equações foi significativo a 5% de probabilidade de erro. Observa-se que em termos de rendimento de grãos houve resposta do milho ao N total aplicado, com a MET sendo obtida nas doses de 138, 128, 131 e 161kg/ha de N para aveia-preta, centeio, ervilhaca comum e nabo forrageiro, respectivamente. Nesta mesma ordem, as doses de MEE foram de 117, 108, 97 e 120kg/ha de N. Estas doses de MEE estão relativamente próximas às doses de N recomendadas pela Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (2004), que são, neste caso, de 115kg/ha para a aveia-preta, 100kg/ha para o centeio e 95kg/ha para a ervilhaca comum e o nabo forrageiro. Nesta recomendação, considerou-se como média a produção de massa seca da aveia-preta e do nabo forrageiro e alta para centeio e ervilhaca comum. Considerou-se, ainda, como 7.000kg/ha a expectativa de rendimento de grãos de milho cultivado sobre ervilhaca comum, aveia-preta e nabo forrageiro e de 6.000kg/ha para milho cultivado sobre centeio (baseado nos dados médios dos experimentos).

Quando não foi aplicado N, o rendimento de grãos foi de 5.441, 4.596, 6.154, e 4.402kg/ha, o que correspondeu a 64%, 63%, 79% e 70% do rendimento de grãos obtidos na dose de MET em sucessão ao cultivo de aveia preta, centeio, ervilhaca comum e nabo forrageiro, respectivamente (Figura 2). A maior produção de milho cultivado em sucessão à ervilhaca está associada ao maior aporte de N através da fitomassa desta espécie (fixação simbiótica), bem como à menor relação C:N encontrada nesta (Tabela 2). O rendimento de grãos de milho cultivado após a ervilhaca comum foi alto, mesmo sem aplicação de N mineral, provavelmente devido ao maior aporte de N oriundo do sistema, compreendido como o solo e a fitomassa das plantas de cobertura. Neste ▶

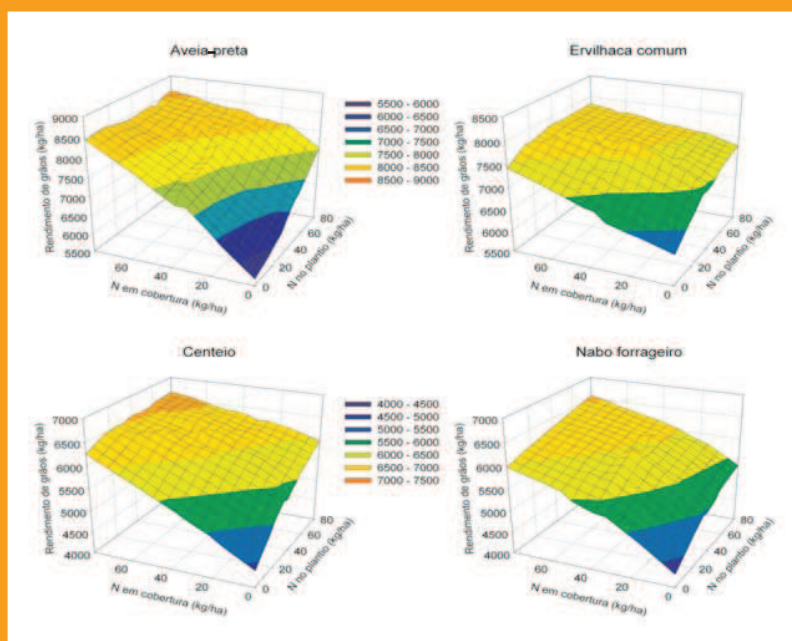


Figura 1. Rendimento de grãos de milho cultivado após aveia-preta, ervilhaca comum, centeio e nabo forrageiro, em resposta às doses de N aplicadas no plantio e em cobertura

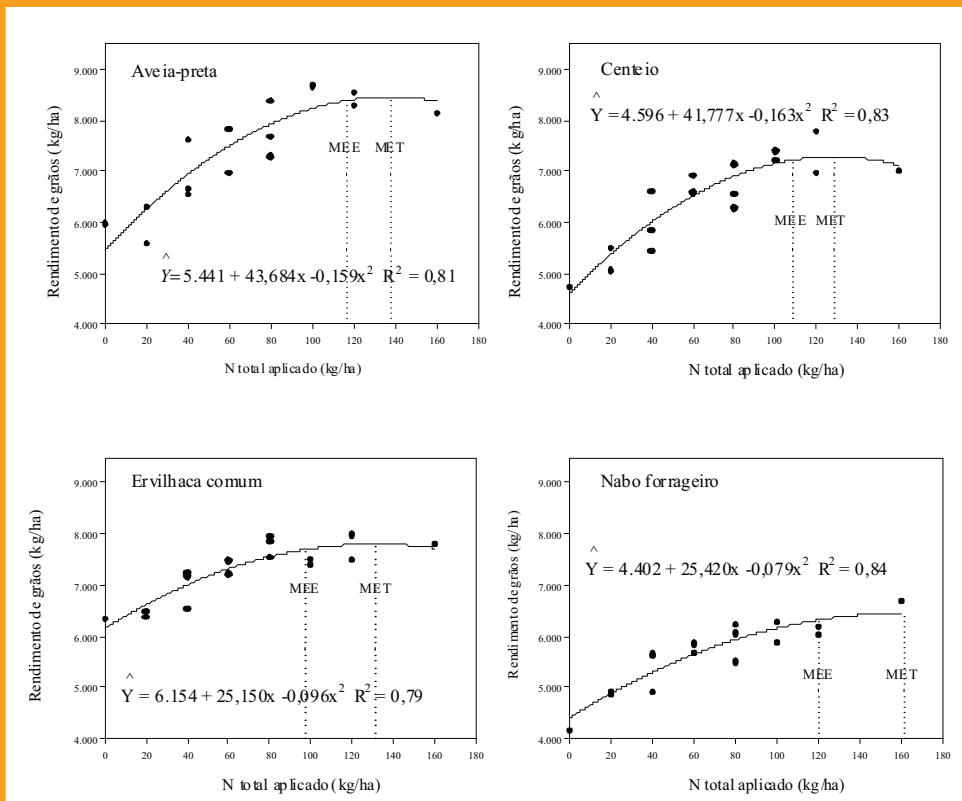


Figura 2. Rendimento de grãos (\hat{y}) em resposta ao N total aplicado (x) e indicação das doses de máxima eficiência técnica (MET) e máxima eficiência econômica (MEE) para o milho cultivado após plantas de cobertura do solo

Tabela 2. Massa seca, N no tecido, relação C/N e N total na fitomassa das plantas de cobertura de inverno

Planta de cobertura	Massa seca kg/ha	N no tecido %	C/N	N na fitomassa kg/ha
Aveia-preta	3.641	1,3 ⁽¹⁾	38,4 ⁽²⁾	46
Centeio	5.355	1,6 ⁽²⁾	28,9 ⁽¹⁾	87
Ervilhaca comum	3.413	4,1 ⁽¹⁾	9,8 ⁽²⁾	140
Nabo forrageiro	3.974	2,3 ⁽²⁾	23,9 ⁽¹⁾	90

⁽¹⁾ Resultado de um ano.

⁽²⁾ Média de dois anos.

sentido, Aita (1997) afirma que as plantas de cobertura da família das leguminosas, com alta produção de fitomassa, poderão fornecer N ao milho para atingir níveis de produtividade em torno de 5t/ha de grãos. Sá (1997), por outro lado, expõe que o cultivo do milho após espécies com elevada e/ou baixa relação C/N apresenta respostas diferenciadas quanto à utilização de N, e o fluxo de liberação de N ao

sistema será sensivelmente influenciado por esta relação. Além disto, Sá (1996) verificou que, em sistemas de rotação onde o milho sucedeu a uma leguminosa, houve economia de 50% da dose de N. A menor relação C/N da ervilhaca comum em relação às demais espécies também pode ter contribuído para o alto rendimento de grãos do milho na ausência de adubação nitrogenada. Embora a

expectativa seja de que a necessidade de N para a cultura do milho em sucessão à aveia-preta seja superior à sucessão com leguminosa (Sá, 1996), verifica-se que as doses de MET praticamente não se diferenciaram entre a ervilhaca comum (131kg/ha) e as gramíneas (138kg/ha para a aveia-preta e 128kg/ha para o centeio).

Com relação ao rendimento de grãos e à dose para a MET do milho cultivado sobre o nabo forrageiro (161kg/ha), verifica-se que estes são diferentes daqueles obtidos com a ervilhaca comum, o que pode ter sido influenciado pelos anos e locais. Neste caso, em

uma das safras, a adubação de cobertura do milho cultivado após o nabo atrasou em função de um período de estiagem. O nabo forrageiro pode ser comparado a uma leguminosa de média produção de fitomassa para solos com teores de matéria orgânica acima de 3% (Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2004) e, portanto, era esperado que o milho cultivado após o nabo forrageiro respondesse de maneira semelhante àquele cultivado após a ervilhaca comum. A produção média de massa seca da ervilhaca comum foi de 3.413kg/ha e a do nabo forrageiro, de 3.974kg/ha, mas o teor de N no tecido do nabo foi menor do que o da ervilhaca comum, além da relação C/N desta ser menor (Tabela 2). Giacomini et al. (2004) concluíram que o cultivo de ervilhaca comum e de nabo forrageiro consorciados com aveia-preta ou como culturas solteiras, proporcionou maior produtividade de milho em sucessão, comparativamente ao pousio e à aveia solteira.

Conclusões

O milho responde com maior rendimento de grãos à dose total de N aplicado (base mais cobertura), independentemente da planta de cobertura antecedente. Porém, a magnitude desta resposta depende da espécie da planta de cobertura utilizada.

As doses de N para a máxima eficiência técnica da produção de grãos de milho cultivado após aveia-preta, centeio, ervilhaca comum e nabo forrageiro são, respectivamente, de 138, 128, 131 e 161kg/ha de N.

As doses de N para a máxima eficiência econômica são, para o milho cultivado após aveia-preta, centeio, ervilhaca comum e nabo forrageiro, de 117, 108, 97 e 120kg/ha.

Literatura citada

1. AITA, C. Dinâmica do nitrogênio no solo durante a decomposição de plantas de cobertura: Efeito sobre a disponibilidade de nitrogênio para a cultura em sucessão. In: FRIES, M.R.; e DALMOLIN, R.S.D. (Coord.). *Atualização e recomendação de adubação e calagem: Ênfase em plantio direto*. Santa Maria: UFSM; Editora Palotti, 1997. p.76-111.
2. FERREIRA, M.M.M.; FERREIRA, G.B.; FONTES, P.C.R. et al. Produção de tomateiro em função de doses de nitrogênio e da adubação orgânica em duas épocas de cultivo. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v.21, n.3, p.468-473, 2003.
3. GIACOMINI, S.J.; AITA, C.; CHIAPINOTTO, I.C. et al. Consorciação de plantas de cobertura antecedendo o milho em plantio direto. II - Nitrogênio acumulado pelo milho e produtividade de grãos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.28, n.4, p.751-762, 2004.
4. MOTTER, F.; SANGOI, L.; ERNANI, P.R. et al. Redução na emergência do milho em função de doses e fontes de N usadas na semeadura. In: REUNIÃO TÉCNICA CATARINENSE DE MILHO E FEIJÃO, 5., 2005, Chapecó, SC. *Resumos expandidos...* Chapecó, SC: Epagri/Cepaf, 2005. p.159-163.
5. SÁ, J.C. de M. Estratégia de adubação das culturas em sistemas de produção sob plantio direto. In: CURSO SOBRE ASPECTOS BÁSICOS DE FERTILIDADE E MICROBIOLOGIA DO SOLO NO SISTEMA PLANTIO DIRETO, 2., Passo Fundo, RS. *Resumos...* Passo Fundo: Aldeia Norte Editora, 1998. p.26-65.
6. SÁ, J.C. de M. *Manejo de nitrogênio na cultura do milho no sistema plantio direto*. Passo Fundo, RS: Aldeia Norte Editora, 1996. 24p.
7. SÁ, J.C. de M. Parâmetros para a recomendação de calagem e adubação no sistema plantio direto. In: CONFERÊNCIA ANUAL DE PLANTIO DIRETO, 2., 1997, Pato Branco, PR. *Resumos de palestras...* Passo Fundo, RS: Aldeia Norte Editora, 1997. p.63-82.
8. SILVA, E.C.; BUZETTI, S.; GUIMARÃES, G.L. et al. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio na cultura do milho em plantio direto sobre Latossolo Vermelho. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.29, n.3, p.353-362, 2005.
9. SÍNTESE ANUAL DA AGRICULTURA DE SANTA CATARINA 2002 - 2003. Florianópolis: Icepta, 2003. 285p.
10. SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. *Manual de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina*. 10.ed. Porto Alegre: SBSC/ Núcleo Regional Sul; Comissão de Química e Fertilidade do Solo - RS/SC, 2004. 394P.
11. VALÉRIO, C.R.; ANDRADE, M.J.B. de; FERREIRA, D.F. et al. Resposta do feijoeiro comum a doses de nitrogênio no plantio e em cobertura. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, Edição Especial, p.1.560-1.568, 2003.
12. VEIGA, M. da; TROMBETTA, O.L. Adoção de práticas de conservação do solo em microbacias do Meio Oeste Catarinense. *Agropecuária Catarinense*, Florianópolis, v.10, n.3, p.16-19, 1997. ■



Rede Laboratorial da Epagri

Nutrição animal



• Estação Experimental de Lages

