

Recomendação de adubação de aveia em Latossolo Vermelho-Amarelo em dois sistemas de plantio

Ana Cândida Primavesi¹
Odo Primavesi^{1,3}
Heitor Cantarella^{2,3}
Rodolfo Godoy¹

Foto: Jorge Novi dos Anjos



A aveia é uma forrageira de inverno que apresenta grande potencial para utilização na alimentação animal no Estado de São Paulo, podendo se tornar importante componente em sistemas de produção agrícolas, contribuindo para melhorar a sustentabilidade desses sistemas, pois possibilita a integração lavoura-pecuária, em semeadura direta.

No Estado de São Paulo, a expansão da prática do plantio direto na palha tem gerado demanda de informações sobre a comparação desse sistema de plantio com o sistema convencional. O recobrimento do solo com resíduos de cultura é um dos aspectos importantes do plantio direto, pois provoca modificação do microclima para as plantas cultivadas. Com cobertura morta pode-se diminuir a frequência de irrigações no cultivo de aveia, o que possibilita reduzir os custos de produção, pois a cobertura morta conserva a umidade e reduz a

temperatura do solo, além de proporcionar outros efeitos na biologia do solo e na disponibilidade de nutrientes. Portanto, sua presença torna os primeiros centímetros do solo um ambiente mais adequado para o desenvolvimento de raízes superficiais e para mudanças na resposta das plantas à adubação (Kochhann & Denardin, 1997).

A linhagem de aveia UPF 87111, que é de ciclo longo e se caracteriza por alta produtividade de forragem, será lançada brevemente pela Embrapa Pecuária Sudeste como nova cultivar para o Estado de São Paulo. Por isso, este trabalho teve por finalidade determinar as doses de N, P e K que possibilitem obter a máxima produção econômica de forragem de qualidade para essa linhagem, nos sistemas de semeadura convencional ou de recobrimento do solo com cobertura morta, simulando condições que ocorrem em plantio direto, para oferecer ao produtor opções de adubação

¹ Pesquisadores da Embrapa Pecuária Sudeste, Caixa Postal, 339, 13560-970, São Carlos, SP. Endereço eletrônico: anacan@cppse.embrapa.br; odo@cppse.embrapa.br; godoy@cppse.embrapa.br

² Pesquisador do Instituto Agrônomo de Campinas, CP 28, CEP 13011-970 Campinas, SP. Endereço eletrônico: hcantare@barao.iac.br

³ Bolsista do CNPq.

para aveia conforme o sistema de plantio que ele venha a adotar.

Os experimentos foram conduzidos em Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico (LVAd), de textura média, na Embrapa Pecuária Sudeste em São Carlos, SP, na altitude de 836 m, sob clima tropical de altitude. Na região há deficit hídrico no período de outono-inverno. As áreas dos experimentos foram irrigadas com base no balanço entre a demanda climática e as condições edáficas do local (Rassini, 2001). O delineamento experimental foi um fatorial fracionado do tipo $(1/2)^4$, com dois blocos ao acaso, num total de 32 parcelas, sem repetição.

Os tratamentos envolveram quatro doses de N e de K_2O (0, 70, 140 e 210 kg/ha), na forma de uréia e de cloreto de potássio, e quatro doses de P (0, 60, 120, 180 kg/ha de P_2O_5), como superfosfato triplo. As doses de P foram aplicadas no plantio (15/05/01) e as de N e de K_2O (70, 140 e 210 kg/ha) foram parceladas respectivamente no plantio em 15/05/01 (10, 20 e 30 kg/ha), no perfilhamento em 13/06/01 (15, 30 e 45 kg/ha), após o primeiro corte em 04/07/01 (15, 30 e 45 kg/ha) e após os cortes de rebrota em 08/08/01 e 12/09/01 (15, 30 e 45 kg/ha).

As áreas dos experimentos para o plantio convencional e para o plantio direto eram contíguas. Foi feita amostragem de solo em 24/11/00. Não houve necessidade de aplicar calcário. A área do experimento destinada ao plantio convencional foi mantida em pousio por um ano, sendo então roçada e rastelada. Nova coleta de terra da área foi feita em 10/04/01 (análise na Tabela 1), seguida por uma gradagem. Em 15/05/01, o terreno foi novamente revolvido com enxada rotativa e o experimento instalado. Na área destinada à aveia em plantio direto, a cultura anterior foi de milho cultivado sem adubação, com a finalidade de obter a cobertura morta. Em 11/04/01, foi coletada amostra de terra, foram colhidas as espigas de milho e a área

foi roçada. Em seguida, os restos culturais foram pesados (9.115 kg/ha de matéria seca), picados e redistribuídos uniformemente na área, que não recebeu qualquer revolvimento mecânico além da abertura dos sulcos para o plantio da aveia, que foi feito em 15/05/01.

As parcelas eram constituídas de cinco linhas de 6 m, espaçadas de 20 cm, e área útil de 3 m². A semeadura foi manual, com 70 sementes viáveis por metro linear, em sulcos com 3 cm de profundidade. Foi usada a linhagem de aveia UPF 87111. Os cortes das plantas foram manuais, feitos a 10 cm da superfície do solo. Usou-se o manejo de cortes estabelecido por Primavesi et al. (2001a), que possibilita a maior produção e melhores características nutritivas da forragem de aveia. O primeiro corte foi efetuado quando 10% das plantas iniciaram o alongamento do colmo e os três cortes de rebrotas, em intervalos de 35 dias.

A matéria fresca da parcela foi pesada e uma amostra de 500 g foi secada em estufa com circulação forçada de ar a 60°C até peso constante, para determinar o teor de água e calcular a produção de matéria seca.

Os dados foram analisados por meio de regressão e de variância da regressão, usando, respectivamente, os procedimentos REG e GLM do pacote estatístico SAS. Para as produções de cada experimento, por meio do modelo polinomial quadrático, ajustaram-se funções da superfície de resposta do tipo $Y = b_0 + b_1N + b_2N^2 + b_3P + b_4P^2 + b_5K + b_6K^2 + b_7NP + b_8NK + b_9PK$, em que Y é a produção de matéria seca de forragem (t/ha), b_i são os coeficientes de regressão e N, P e K são as doses de N, P_2O_5 e K_2O , em kg/ha, respectivamente.

As doses e as combinações de nutrientes para máxima produção foram obtidas por meio do cálculo diferencial $\partial Y/\partial N = 0$, $\partial Y/\partial P = 0$ e $\partial Y/\partial K = 0$, e o lucro máximo foi

calculado por $\partial Y/\partial N = V/C_N$, $\partial Y/\partial P = V/C_P$ e $\partial Y/\partial K = V/C_K$, em que V é o preço de 1 kg de matéria seca de forragem, e C_N , C_P e C_K representam o preço de 1 kg de N, P_2O_5 e K_2O , respectivamente. Para os cálculos do retorno econômico foram considerados os seguintes preços: feno de aveia = R\$ 0,22/kg ; N = R\$ 1,07/kg; P_2O_5 = R\$ 1,38/kg e K_2O = R\$ 0,82/kg.

A análise de variância indicou resposta ao nitrogênio e ao fósforo nos dois sistemas de plantio e ao K apenas no sistema de plantio convencional. Foi observada interação N x P positiva significativa, nos dois sistemas de plantio. Nos dois sistemas de plantio, a resposta às doses de P em produção de matéria seca aumentou com o acréscimo das doses de N, mas foi maior no sistema de plantio direto com palhada de milho (Tabela 4).

A Tabela 2 apresenta a produção de forragem, referente à soma dos quatro cortes, nos dois sistemas de plantio. A

Tabela 3 traz os dados de produção de forragem de aveia por corte e a produção total, nos dois sistemas de plantio. Em ambos os sistemas, a produção de forragem nas doses máximas utilizadas de N sugere proximidade ao ponto de máxima produção (Tabela 3). A análise de variância indicou resposta quadrática para esse nutriente. No sistema convencional de plantio, verificou-se decréscimo de produção de forragem com os cortes. Já no plantio com cobertura isto só ocorreu nos tratamentos com dose zero dos nutrientes, havendo aumento da produção de forragem no quarto corte para as outras doses. O nitrogênio foi o fator mais limitante na produção de forragem, principalmente para o plantio com cobertura (Tabela 3).

A análise da terra na área dos dois experimentos (Tabela 1) indicou teores baixos de fósforo. A análise de variância (Tabela 2) mostra que ocorreu resposta à aplicação desse nutriente nos dois sistemas de plantio.

Tabela 1. Resultados das análises químicas em três profundidades e textural do solo, anterior à instalação dos experimentos.

Profundidade cm	pH CaCl ₂	MO g/dm ³	P ---mg/dm ³ ---	N-NO ₃ -----mmol _c /dm ³ -----	K	Ca	Mg	H+Al	Al	CTC	V %
Plantio convencional											
0-20	5,4	17	7	16	0,5	15	12	20	0	47	57
20-40	5,2	12	1	17	0,4	11	9	22	0	42	49
40-60	4,7	9	0	17	0,1	7	5	26	1	39	32
Plantio com cobertura morta											
0-20	5,4	17	4	20	0,6	16	12	21	0	49	58
20-40	4,7	12	0	16	0,4	9	6	29	2	44	35
40-60	4,5	11	0	18	0,2	8	5	29	3	43	32
Características físicas											
Profundidade cm	Areia -----g/kg-----		Argila		Silte						
0-20	636		324		40						

Tabela 2. Produção de matéria seca total dos quatro cortes nos dois sistemas de plantio.

N	P	K	Produção de aveia nos sistemas	
			Plantio convencional	Plantio com cobertura
kg/ha			-----	kg/ha -----
0	0	0	3.483	3.130
0	60	70	3.659	2.971
0	120	140	3.571	2.632
0	180	210	4.016	3.224
70	0	70	4.998	5.481
70	60	0	4.940	4.996
70	120	210	6.098	5.507
70	180	140	6.053	5.654
140	0	140	4.831	6.662
140	60	210	5.850	7.266
140	120	0	4.437	7.200
140	180	70	6.394	7.181
210	0	210	4.975	6.974
210	60	140	5.942	7.871
210	120	70	6.939	8.116
210	180	0	5.330	7.627
0	0	210	3.868	2.983
0	60	140	2.992	3.622
0	120	70	3.904	3.711
0	180	0	3.270	3.551
70	0	140	5.622	5.460
70	120	0	4.918	5.424
70	60	210	5.881	5.152
70	180	70	5.743	5.773
140	0	70	5.794	6.302
140	60	0	4.180	8.057
140	120	210	7.042	8.112
140	180	140	7.303	8.059
210	0	0	4.346	6.649
210	60	70	5.556	6.981
210	120	140	5.956	9.239
210	180	210	7.171	8.181
média			5.158	5.930
teste F			N _L ^{**} N _Q [*] , P _L ^{**} P _Q [*] , K _L ^{**} K _Q [*] , N x P ^{**}	N _L ^{**} N _Q [*] , P _L [*] N x P ^{**}
CV, %			8,7	6,6

Em teste F são indicados somente os coeficientes significativos ao nível de 5 (*) e 1% (**).
 NL, NQ = componente linear e quadrático para N; NxP = interação NxP.

Tabela 3. Produção média estimada de matéria seca de forragem de aveia por corte e total, nos dois sistemas de plantio.

Doses	Produção de matéria seca nos sistemas									
	Convencional					Com cobertura				
	Cortes					Cortes				
	1	2	3	4	Total	1	2	3	4	Total
	----- kg/ha -----									
N										
0	831	1.191	1.097	475	3.595	699	990	1.076	463	3.228
70	998	1.873	1.645	1.015	5.532	913	1.654	1.555	1.309	5.431
140	1.070	1.933	1.607	1.118	5.729	1.133	2.009	1.776	2.436	7.354
210	1.169	1.997	1.573	1.039	5.777	1.270	2.103	1.819	2.513	7.705
P										
0	831	1.613	1.384	912	4.740	886	1.501	1.577	1.491	5.455
60	898	1.653	1.453	871	4.875	1.039	1.657	1.520	1.649	5.864
120	1.112	1.824	1.528	855	5.358	1.013	1.830	1.540	1.721	6.242
180	1.228	1.904	1.568	1.010	5.660	1.077	1.770	1.588	1.860	6.156
K										
0	1.019	1.559	1.281	505	4.363	967	1.651	1.660	1.552	5.829
70	1.029	1.789	1.609	946	5.373	950	1.644	1.597	1.624	5.815
140	966	1.776	1.519	1.023	5.284	1.046	1.789	1.508	1.808	6.150
210	1.055	1.870	1.514	1.174	5.613	1.053	1.674	1.460	1.738	5.925

Tabela 4. Produção estimada de matéria seca de forragem de aveia para as doses de N e de P, nos dois sistemas de plantio.

Doses de P ₂ O ₅	Produção de forragem para as doses de N, em kg/ha			
	0	70	140	210
kg/ha	----- kg/ha -----			
Plantio convencional				
0	3.675	5.310	5.312	4.660
60	3.326	5.400	5.015	5.749
120	3.737	5.508	5.730	6.448
180	3.643	5.898	6.848	6.251
Plantio com cobertura				
0	3.057	5.470	6.482	6.811
60	3.297	5.074	7.620	7.426
120	3.172	5.465	7.656	8.678
	3.387	5.714	7.620	7.904

As equações que relacionam produção de forragem e doses de N, P e K aplicadas nos dois sistemas de plantio foram:

a) para o plantio convencional:

$$Y = 3.387 + 23,80N - 0,0963N^2 - 4,071P + 0,0116P^2 + 8,241K - 0,0348K^2 + 0,0451NP + 0,0191NK + 0,0254PK; e$$

b) para o plantio com cobertura:

$$Y1 = 3.108 + 36,74N - 0,0945N^2 + 6,373P - 0,0344P^2 + 0,400K - 0,0107K^2 + 0,0316NP + 0,021NK + 0,0061PK$$

Os sistemas de plantio influenciaram os níveis médios de produtividade de matéria seca de aveia bem como as respostas aos nutrientes (Tabelas 3 e 4). A média de produtividade de matéria seca foi de cerca de 5,2 t/ha sob plantio convencional e de 5,9 t/ha sob plantio direto (Tabela 2). O aumento de produtividade devido ao N foi de aproximadamente 2,2 t/ha sob plantio convencional, mas atingiu 4,5 t/ha na área com cobertura morta (Tabela 3). Os aumentos de produção de matéria seca de aveia devidos à adição de K foram bem menores e seguiram a tendência oposta: 1,25 t/ha em plantio convencional e apenas 0,32 t/ha em plantio direto. Para o P, as respostas foram semelhantes nos dois sistemas, com incrementos de produção da ordem de 0,8 a 0,9 t/ha de aveia (Tabela 3).

Os teores de N-nítrico residual presentes no solo eram semelhantes, na época do plantio da aveia, em ambos os sistemas de cultivo (Tabela 1), equivalentes a aproximadamente 100 t/ha de N até 60 cm de profundidade. A maior resposta ao N obtida no sistema que simula o plantio direto parece estar associada ao uso mais eficiente da água do que à falta de N, apesar de haver maior perda desse elemento por lixiviação ou desnitrificação em áreas de plantio direto (Thomas et al., 1973). No presente experimento, os rendimentos obtidos sem a adição de N foram semelhantes nos dois sistemas; no

entanto, nas parcelas que receberam as maiores doses de N, a produção de matéria seca de aveia foi cerca de 2 t/ha superior em plantio direto (Tabela 3), portanto, com maior eficiência aparente de utilização do N fertilizante neste último sistema. Resultados semelhantes já haviam sido relatados em antigos experimentos que comparavam plantio convencional e plantio direto em cultura de milho (Moscher & Martens, 1975).

A ausência de resposta ao K nas parcelas com plantio direto pode estar associada à reciclagem desse elemento, que normalmente é realizada pela cultura de cobertura. Os baixos teores de K mostrados na análise de solo (Tabela 1) podem não refletir todo o K disponível nas parcelas sob plantio direto, pois, na época da amostragem do solo, as plantas de milho ainda estavam de pé, no campo. Os resíduos de milho (cerca de 9 t/ha de matéria seca) poderiam conter cerca de 100 t/ha de K_2O (Hiroce et al., 1989), que retornam rapidamente ao solo em forma prontamente disponível para a cultura sucessora. Porém, no quarto corte da aveia em plantio direto, a resposta à adubação potássica era evidente (Tabela 3), indicando o esgotamento das reservas do solo e/ou do K reciclado pela cultura de cobertura.

No plantio convencional, a produção máxima foi de 7.534 kg/ha e na dose mais econômica, de 7.398 kg/ha. No plantio direto com palha de milho, a produção máxima foi de 8.646 kg/ha e na dose mais econômica de 8.111 kg/ha. As doses de fertilizantes, para máximo retorno econômico de matéria seca de aveia, produzida em quatro cortes consecutivos e com irrigação, foram de 160 kg/ha de N, 180 kg/ha de P_2O_5 e 180 kg/ha de K_2O no cultivo convencional, e de 200 kg/ha de N, 120 kg/ha de P_2O_5 e 95 kg/ha de K_2O no sistema de plantio com cobertura de solo. A máxima receita líquida foi calculada com os seguintes preços (R\$/kg): de N = 1,07; de P_2O_5 = 1,38; de K_2O = 0,82; feno de aveia (R\$/kg) = 0,22.

Esses resultados estão próximos dos obtidos em plantio convencional, em um LVAd, com a cultivar de aveia São Carlos, produzida em sistema de cortes, com irrigação (Primavesi et al., 2001b). Porém, as doses econômicas para a produção de aveia para forragem são muito superiores às recomendadas para a produção de grãos de aveia no Estado de São Paulo. As recomendações atuais indicam valores máximos de 70 kg/ha de N, 90 kg/ha de P_2O_5 e 60 kg/ha de K_2O , respectivamente, em condições de sequeiro (Camargo et al., 1996).

Quando se considera a extração de nutrientes por aproximadamente 7 t/ha de matéria seca de aveia (175 kg/ha de N, 35 kg/ha de P_2O_5 e 253 kg/ha de K_2O – valores calculados com base na média dos teores foliares de plantas de três cultivares de aveia forrageira, cortadas em intervalos de 35 dias, de 25 g/kg de N, 2,2 g/kg de P e 30 g/kg de K – Primavesi et al. 2001c), verifica-se que a dose de K recomendada para produção de forragem de aveia no sistema de plantio com cobertura morta está bem abaixo da quantidade desse nutriente extraída para essa produção de forragem, sinalizando novamente para o possível fornecimento de K pela palhada, visto que o solo apresenta teores baixos de K. Nos dois sistemas de plantio, o nitrogênio apresentou o maior retorno em produção de forragem por unidade de nutriente aplicado, com o sistema de plantio com cobertura morta apresentando o maior retorno. Em experimento realizado em ano anterior, em Latossolo Vermelho Distrófico típico, com essa mesma linhagem de aveia, verificou-se menor eficiência do N no sistema de plantio com cobertura morta, atribuída à parcial imobilização do N pela palhada (Primavesi et al., 2002). No plantio com cobertura morta, verificou-se potencial de produção 14% maior do que o do plantio convencional.

Os dados nos permitem concluir que, em Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico, a produção de forragem de aveia foi maior em sistemas de plantio com cobertura morta, e **recomendar** para o máximo retorno econômico em produção de forragem, **no sistema de plantio convencional as doses de 160 kg/ha de N, 180 kg/ha de P_2O_5 e 180 kg/ha de K_2O , e no plantio direto com cobertura de palha de milho as doses de 200 kg/ha de N, 120 kg/ha de P_2O_5 e 95 kg/ha de K_2O .**

Referências Bibliográficas

- CAMARGO, C.E.O.; FREITAS, J.G.; CANTARELLA, H. Aveia e centeio. p. 52-53. In RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. (ed) **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas, Instituto Agrônomo. 1996. 285p. (Boletim Técnico, 100).
- HIROCE, R.; FURLANI, A.M.C.; LIMA, M. **Extração de nutrientes na colheita por populações e híbridos de milho**. Campinas, Instituto Agrônomo. 1989. 24p. (Boletim Científico, 17).
- KOCHHANN, R.A.; DENARDIN, J.E. Comportamento das culturas de trigo, soja e milho à adubação fosfatada nos sistemas plantio direto e preparo convencional, 1997. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DO SISTEMA PLANTIO DIRETO, 2., 1997, Passo Fundo. **Anais...** Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1997. p.243-246.
- MOSCHLER, W.W.; MARTENS, D.C. Nitrogen, phosphorus, and potassium requirement in no-tillage and conventionally tilled corn. **Soil Science Society of America Proceedings**, v.39, p.886-891, 1975.

PRIMAVESI, A.C.; PRIMAVESI, O.; CHINELLATO, A. Indicadores de determinação de cortes de cultivares de aveia forrageira. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.58, p.79-89, 2001a.

PRIMAVESI, A.C.; PRIMAVESI, O.; CANTARELLA, H. et al. Resposta da aveia cultivar São Carlos à adubação NPK, em dois tipos de solo, no Estado de São Paulo. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v.76, n.3, p.317-330, 2001b.

PRIMAVESI, A.C.; PRIMAVESI, O. Efeito de intervalos de corte e de épocas de plantio sobre os teores de minerais em cultivares de aveia. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v.76, n.1, p.3-18, 2001c.

PRIMAVESI, A.C.; Primavesi, O. Cantarella, H. Recomendação de adubação para aveia, em dois sistemas de plantio, em Latossolo Vermelho Distrófico típico. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2002. 6p.(Comunicado Técnico, 34).

RASSINI, J.B. Manejo da água na irrigação da alfafa num Latossolo Vermelho-Amarelo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.4, p.503-507, 2001.

THOMAS, G.W.; BLEVINS, R.L.; PHILLIPS, R.E. Effect of a killed sod mulch on nitrate movement and corn yield. **Agronomy Journal**, Madison, v.65, p.736-739, 1973.

Apoio:



Comunicado Técnico, 42

Ministério da Agricultura,
Pecuária e Abastecimento



Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:

Embrapa Pecuária Sudeste

Endereço: Rod. Washington Luiz, km 234

Fone: (16) 261-5611

Fax: (16) 261-5754

Endereço eletrônico: sac@cppse.embrapa.br

1ª edição

1ª impressão (2003): 100 exemplares

Comitê de publicações

Presidente: Edison Beno Pott.

Secretário-Executivo: Armando de Andrade Rodrigues.

Membros: Ana Cândida Primavesi, Carlos Roberto de Souza Paino, Sônia Borges de Alencar.

Expediente

Revisão de texto: Edison Beno Pott

Editoração eletrônica: Maria Cristina Campanelli Brito.