

Coberturas vegetais e doses de nitrogênio em trigo sob sistema plantio direto¹

Mariana Moreira Melero², Douglas de Castilho Gitti², Orivaldo Arf², Ricardo Antônio Ferreira Rodrigues²

ABSTRACT

Cover crops and nitrogen doses in wheat under no-tillage system

The application of conservation practices in production systems is essential to the sustainability of the agricultural production capacity. The use of different cover crops can reduce the need of topdressing nitrogen fertilizers in wheat crops. This study aimed at evaluating the influence of cover crops residues (millet, sunn hemp, pigeon pea, millet + sunn hemp, millet + pigeon pea and fallow ground), grown previously to the summer crop (rice), and topdressing nitrogen doses (0 kg ha⁻¹, 25 kg ha⁻¹, 50 kg ha⁻¹, 75 kg ha⁻¹, 100 kg ha⁻¹ and 125 kg ha⁻¹), in the development and yield of wheat under no-tillage system. The experiment was carried out in Selvíria, Mato Grosso do Sul State, Brazil, in a Red Oxisol, in 2009/2010 and 2010/2011. The experimental design was randomized blocks, in a 6x6 factorial scheme. The cover crops developed during August/October (2009/2010) and September/November (2010/2011), previously to the summer crop, with the chemical desiccation performed respectively at 73 and 55 days after sowing. The wheat (winter) was sown in May, in both periods, and harvested at 113 (2009/2010) and 106 (2010/2011) days after emergence. The cover crops residues of pigeon pea, sunn hemp and millet + sunn hemp, preceding wheat, provided higher wheat yields, relatively to the fallow ground. The wheat yield showed a quadratic response to the increase in the nitrogen availability, reaching higher yields with the nitrogen doses estimated in 113 kg ha⁻¹ (2010) and 98 kg ha⁻¹ (2011).

KEY-WORDS: *Cajanus Cajan*; *Crotalaria juncea*; *Pennisetum americanum*; *Triticum aestivum*.

RESUMO

O uso de práticas conservacionistas em sistemas de produção é fundamental para a sustentabilidade da capacidade produtiva agrícola. A utilização de diferentes coberturas vegetais pode reduzir a necessidade de fertilizantes nitrogenados em cobertura, na cultura do trigo. Este trabalho objetivou avaliar a influência de resíduos de coberturas vegetais (milheto, crotalária, guandu, milheto + crotalária, milheto + guandu e área em pousio), cultivadas anteriormente à cultura de verão (arroz), e doses de nitrogênio em cobertura (0 kg ha⁻¹, 25 kg ha⁻¹, 50 kg ha⁻¹, 75 kg ha⁻¹, 100 kg ha⁻¹ e 125 kg ha⁻¹), no desenvolvimento e produtividade de trigo em sistema plantio direto. O estudo foi realizado em Selvíria (MS), em 2009/2010 e 2010/2011, em Latossolo Vermelho. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, em esquema fatorial 6x6. As coberturas vegetais desenvolveram-se durante agosto/outubro (2009/2010) e setembro/novembro (2010/2011), anteriormente à cultura de verão, sendo a dessecação química realizada aos 73 e 55 dias após a semeadura, respectivamente. O trigo (inverno) foi semeado em maio, em ambos os períodos, e colhido aos 113 (2009/2010) e 106 (2010/2011) dias após a emergência. Os resíduos vegetais de guandu, crotalária e milheto + crotalária, antecedendo o trigo, proporcionaram maiores produtividades do trigo, em relação à área em pousio. A produtividade do trigo apresentou resposta quadrática, em relação ao aumento da disponibilidade de nitrogênio, obtendo-se maiores produtividades com as doses de nitrogênio estimadas em 113 kg ha⁻¹ (2010) e 98 kg ha⁻¹ (2011).

PALAVRAS-CHAVE: *Cajanus Cajan*; *Crotalaria juncea*; *Pennisetum americanum*; *Triticum aestivum*.

INTRODUÇÃO

A expansão da cultura do trigo para a região do Cerrado brasileiro pode contribuir para o aumento na produção deste importante cereal. Informações sobre o desenvolvimento e produtividade de grãos de trigo, em rotação com culturas, e a utilização de

fertilizantes, principalmente o nitrogênio, são fundamentais para a cultura do trigo, tendo-se em vista o alto potencial tecnológico utilizado nesta região.

A melhoria na qualidade química, física e biológica do solo, pela utilização do sistema plantio direto (D'Andréa et al. 2002), está associada ao aumento do teor de C no solo (Hickmann & Costa

1. Trabalho recebido em fev./2013 e aceito para publicação em out./2013 (nº registro: PAT 22481).

2. Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Engenharia, Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Socioeconomia, Ilha Solteira, SP, Brasil. E-mails: marianamelero@hotmail.com, gittidouglas@hotmail.com, arf@agr.feis.unesp.br, ricardo@agr.feis.unesp.br.

2012) e, conseqüentemente, ao seu teor de matéria orgânica. Estes benefícios aumentam a produtividade das culturas inseridas no sistema de produção e, também, podem contribuir para a redução nos custos de produção, principalmente na aquisição de fertilizantes, garantindo maior lucratividade e sustentabilidade da agricultura brasileira.

Com relação ao nitrogênio, muitos estudos são realizados com o intuito de maximizar a sua absorção pelas plantas. Tecnologias como a utilização de fertilizantes de liberação lenta de nitrogênio (Teixeira Filho et al. 2009, 2010, 2011), inoculação de bactérias fixadoras de nitrogênio atmosférico em gramíneas (Sala et al. 2008) e rotação de culturas com espécies fixadoras de nitrogênio (leguminosas) podem contribuir para melhorar a utilização do nitrogênio e para o aumento da produtividade.

O manejo correto do nitrogênio, pela avaliação de doses (Teixeira Filho et al. 2009, 2010, 2011) e modos de aplicação (Silva et al. 2008), também é importante e exclusivo para determinados manejos do solo e cultivares utilizadas, evitando doses exageradas que possam aumentar a incidência de doenças (Tanaka et al. 2008) e o acamamento de plantas (Espindula et al. 2011).

A resposta da produtividade de grãos de trigo ao nitrogênio está diretamente relacionada à influência do nitrogênio sobre o índice de área foliar da planta, que, por sua vez, afeta a eficiência de uso da radiação solar e a produção de biomassa, as quais se correlacionam, positivamente, com a produção (Heinemann et al. 2006).

A variação na eficiência de utilização do nitrogênio pela planta é regulada por fatores de solo e climáticos, tipo de cultura e de fertilizante e suas

práticas de manejo (Cabezas & Couto 2007). Os processos de volatilização, lixiviação, nitrificação, denitrificação e imobilização influenciam na dinâmica deste nutriente no solo e particularizam o seu manejo, nos diferentes sistemas de produção.

Este estudo objetivou avaliar a influência dos resíduos de diferentes coberturas vegetais, cultivadas anteriormente à cultura de verão (arroz), e da aplicação de doses crescentes de nitrogênio em cobertura, sobre o desenvolvimento e a produtividade de grãos de trigo, em sistema plantio direto.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido durante os anos 2009/2010 e 2010/2011, em Selvíria (MS), em área experimental da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da Universidade Estadual Paulista (20°20'53"S, 51°24'02"W e 340 m de altitude).

O clima da região, segundo classificação de Köppen, é do tipo Aw, com precipitação pluvial média anual de 1.330 mm, temperatura média anual de 25°C e umidade relativa do ar média anual de 66%. Os valores diários de precipitação pluvial e temperatura do ar (máxima e mínima) foram registrados durante os períodos de desenvolvimento das coberturas vegetais, em 2009 e 2010 (Figura 1), e da cultura do trigo, em 2010 e 2011 (Figura 2).

O solo é classificado como Latossolo Vermelho distrófico álico, de textura argilosa (Embrapa 2006), cujas características químicas, na camada de 0-0,20 m, foram: P (resina) = 13 mg dm⁻³; MO = 17 g dm⁻³; pH(CaCl₂)=4,8; K=2,9 mmol_c dm⁻³; Ca=24 mmol_c dm⁻³; Mg = 13 mmol_c dm⁻³; H+Al = 46 mmol_c dm⁻³; Al = 1,0 mmol_c dm⁻³; CTC = 86 mmol_c dm⁻³; e V(%) = 46.

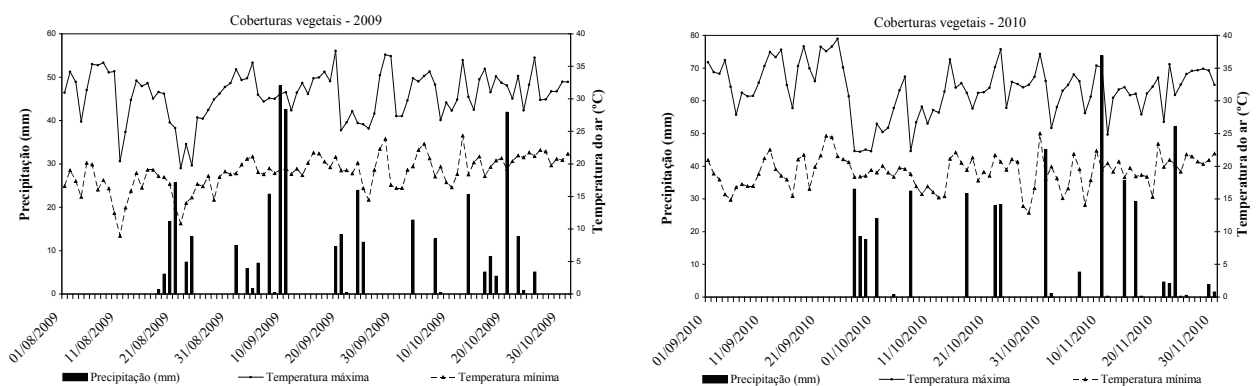


Figura 1. Variação diária da precipitação pluvial e da temperatura máxima e mínima do ar, durante o desenvolvimento das coberturas vegetais (Selvíria, MS, 2009 e 2010).

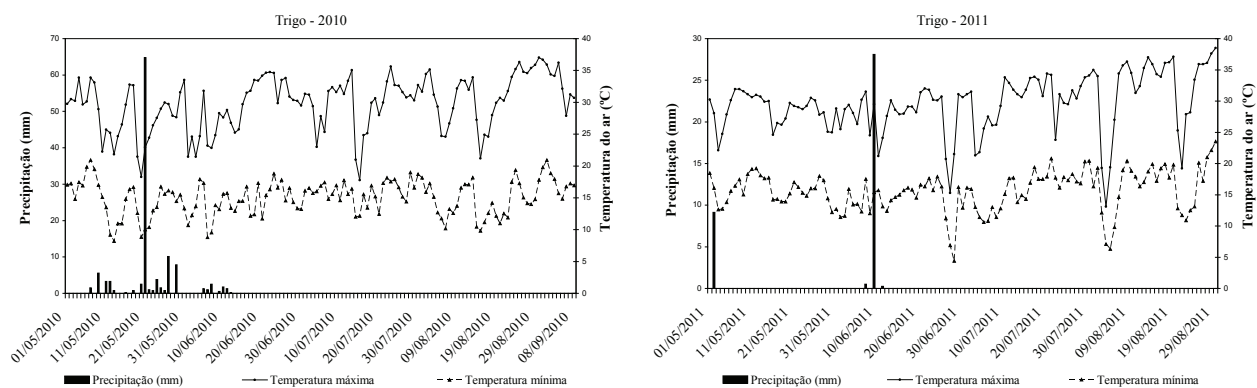


Figura 2. Variação diária da precipitação pluvial e da temperatura máxima e mínima do ar, durante o cultivo do trigo (Selvíria, MS, 2010 e 2011).

A área tem sido manejada em sistema plantio direto desde o ano agrícola 1997/1998.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com os tratamentos arrançados em esquema fatorial 6x6, totalizando 36 tratamentos, com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos por seis diferentes resíduos de coberturas vegetais, em cultivos solteiros de milho (*Pennisetum americanum*), crotalária (*Crotalaria juncea*) e guandu (*Cajanus Cajan*) e pelos consórcios de milho + guandu e milho + crotalária, além de uma parcela denominada pousio, sendo as coberturas vegetais cultivadas anteriormente à cultura de verão (arroz), e por seis doses de nitrogênio (0 kg ha⁻¹, 25 kg ha⁻¹, 50 kg ha⁻¹, 75 kg ha⁻¹, 100 kg ha⁻¹ e 125 kg ha⁻¹), aplicado em cobertura à cultura do trigo, tendo, como fonte, a ureia. As parcelas foram constituídas por 13 linhas, com 6,0 m de comprimento. Foram utilizadas, para a coleta dos dados, cinco linhas centrais de cada parcela, desprezando-se 0,50 m nas extremidades.

A semeadura das coberturas vegetais foi realizada nos dias 17/08/2009 e 17/09/2010. Utilizou-se semeadora tratorizada, com espaçamento de 0,45 m, para marcar as linhas, e a semeadura das coberturas vegetais foi realizada manualmente, utilizando-se matracas. As densidades de semeadura foram de 70, 110 e 22 sementes m⁻¹, respectivamente para a crotalária, milho e guandu. Para os consórcios milho + guandu e milho + crotalária, o espaçamento entre as linhas e a densidade de sementes foram iguais aos dos cultivos solteiros, sendo as coberturas vegetais alternadas entre as linhas. Durante o desenvolvimento do experimento, quando necessário, foi realizada irrigação suplementar por aspersão, para possibili-

tar condições hídricas adequadas ao crescimento e desenvolvimento das culturas.

Nos dias 29/10/2009 e 11/11/2010, aos 73 (milho e crotalária, no florescimento, e guandu, em desenvolvimento vegetativo) e 55 (milho, crotalária e guandu, em desenvolvimento vegetativo) dias após a semeadura (DAS) das coberturas vegetais, respectivamente, foi realizada aplicação dos herbicidas 2,4 D (1.209 g ha⁻¹) e glifosato (1.440 g ha⁻¹), para dessecação das plantas existentes na área experimental, e, nos dias 03/11/2009 e 14/11/2010, a área foi manejada com desintegrador mecânico (Triton®), para facilitar a implantação da cultura e demarcação das parcelas experimentais. Não foram realizados quaisquer tipos de adubação mineral ou tratamentos fitossanitários nas coberturas vegetais.

Em ambos os períodos de avaliação (2009/2010 e 2010/2011), após o manejo com desintegrador mecânico das coberturas vegetais, a área experimental foi cultivada com arroz (verão) e, na sequência, com trigo (inverno), sendo a colheita do arroz realizada nos dias 25/02/2010 e 11/04/2011, aos 95 e 92 dias após a emergência (DAE), permanecendo a área em pousio com os resíduos das coberturas vegetais até a semeadura do trigo (cv. IAC 370), nos dias 11/05/2010 e 04/05/2011.

Quinze dias antes da semeadura mecanizada do trigo, as plantas daninhas presentes na área foram dessecadas com glifosato (1.440 g ha⁻¹) e, antes da semeadura, foi utilizado o desintegrador mecânico de palha, para facilitar a implantação da cultura. Foi realizado o tratamento de sementes com o inseticida tiodicarbe (150 g para 100 kg de sementes). A adubação de semeadura foi de 250 kg ha⁻¹ da formulação

04-30-10, definida de acordo com as características químicas do solo e levando-se em consideração as recomendações de Camargo et al. (1997), nos dois períodos de cultivo. O espaçamento entre as linhas e a densidade de semeadura foram, respectivamente, de 0,17 m e 350 sementes viáveis por m².

A emergência das plântulas de trigo ocorreu nos dias 17/05/2010 e 10/05/2011, aos 6 DAS. A adubação nitrogenada em cobertura foi realizada aos 38 DAE (2010) e 28 DAE (2011), utilizando-se, como fonte nitrogenada, a ureia. Após a aplicação do fertilizante, a área foi irrigada com uma lâmina de, aproximadamente, 10 mm, para incorporação, em ambos os anos. O controle de plantas daninhas, em 2010, não foi necessário, devido à boa cobertura do solo pela palha da cultura anterior (arroz). Porém, em 2011, foi realizado com o herbicida pós-emergente metsulfurom metil (3,0 g ha⁻¹), aos 40 DAE. A colheita manual do trigo foi realizada nos dias 07/09/2010 e 24/08/2011, aos 113 e 106 DAE, respectivamente. Não houve necessidade do controle de pragas e doenças, na cultura do trigo.

Foram realizadas as seguintes avaliações:

- *Massa de matéria seca das coberturas vegetais*: após o manejo da palha com o desintegrador mecânico, e antes da semeadura da cultura de verão, coletou-se a cobertura vegetal, com o auxílio de um quadrado de 0,5 m de lado e área de 0,25 m², em dois pontos por parcela, sendo levada para secagem em estufa de ventilação forçada, à temperatura de 65°C, até ponto de equilíbrio constante, extrapolado em kg ha⁻¹;

- *Massa de matéria seca de plantas de trigo*: no florescimento pleno, foram coletadas plantas ao acaso, em 0,30 m de linha, em dois pontos, na área útil das parcelas, sendo levadas para secagem em estufa de ventilação forçada, à temperatura de 65°C, até atingirem peso constante, extrapolado em g m⁻²;

- *Teor de nitrogênio foliar do trigo*: no florescimento pleno, foram coletados os limbos foliares de 30 “folhas-bandeiras” por parcela, que, após secagem, foram moídos em moinho tipo Willey e submetidos à digestão sulfúrica (Malavolta et al. 1997);

- *Altura de plantas*: determinada na maturação, como sendo a distância (m) do nível do solo ao ápice da espiga, excluindo-se as aristas e levando-se em consideração a média de cinco pontos, em cada parcela;

- *Acamamento de plantas*: observações visuais na maturação, utilizando-se a seguinte escala de no-

tas: 0 - sem acamamento; 1 - até 5% de plantas acamadas; 2 - 5% a 25% de plantas acamadas; 3 - 25% a 50% de plantas acamadas; 4 - 50% a 75% de plantas acamadas; e 5 - 75% a 100% de plantas acamadas;

- *Número de espigas por m²*: contagem do número de espigas em 1,0 m de fileira de plantas, no momento da colheita, expressando-se os valores por m²;

- *Número de grãos por espiga*: contagem do número de grãos em 15 espigas coletadas no momento da colheita, calculando-se a média por espiga;

- *Massa hectolétrica*: determinada em balança especial para massa hectolétrica, corrigindo-se para 13% de umidade (base úmida - b.u.);

- *Massa de mil grãos*: pesagem de duas amostras de mil grãos de cada parcela, corrigindo-se para 13% de umidade (b.u.);

- *Produtividade*: plantas de três linhas com 3,0 m de comprimento, da área útil de cada parcela, foram colhidas manualmente e trilhadas mecanicamente. Em seguida, foi determinada a massa dos grãos e os dados transformados em kg ha⁻¹, corrigindo-se para 13% de umidade (b.u.).

Os resultados foram submetidos à análise de variância e, quando constatado resultado significativo pelo teste F ($p < 0,01$ e $p < 0,05$), foi realizada a comparação de médias pelo teste Tukey ($p < 0,05$), para as coberturas vegetais, e regressão polinomial, para as doses de nitrogênio em cobertura. A análise estatística foi realizada com o auxílio do *software* Sisvar (Ferreira 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Avaliando-se a produção de massa de matéria seca das coberturas vegetais, antes da semeadura da cultura de verão (arroz), o maior valor da massa de matéria seca das coberturas vegetais foi obtido com crotalária e milho + crotalária e o menor valor na área em pousio, em 2009/2010. Em 2010/2011, houve diferença significativa (Tabela 1) entre a crotalária (10.369 kg ha⁻¹) e o milho + guandu (6.016 kg ha⁻¹), apresentando o maior e menor valor da massa de matéria seca, respectivamente (Figura 3). As demais coberturas vegetais produziram valores semelhantes de massa de matéria seca, em relação à crotalária e ao milho + guandu.

O cultivo das coberturas vegetais, entre agosto e novembro, e a obtenção de produções acima de 6.000 kg ha⁻¹ da massa de matéria seca, em ambos

Tabela 1. Resultados da análise de variância (Valores de F) da massa de matéria seca das coberturas vegetais (MC), massa de matéria seca de plantas de trigo (MT), teor de nitrogênio foliar de trigo (TN), altura de plantas (AL), acamamento de plantas (AC), número de espigas (NE), grãos por espiga (GE), massa hectolétrica (MH), massa de mil grãos (MG) e produtividade (PR) de trigo (Selvíria, MS, 2010 e 2011).

Teste F	MC	MT	TN	AL	AC	NE	GE	MH	MG	PR
2010										
Cobertura vegetal (C)	1,3	2,6*	1,2	3,3	0,5	4,7**	1,6	1,3	0,5	4,6**
Dose (D)	-	88,5**	22,4**	153,7**	26,6**	182,4**	9,6**	1,3	2,4*	18,4**
C*D	-	1,1	1,3	0,3	0,7	3,8	1,1	1,3	0,8	0,9
DMS - C	-	30	-	-	-	18	-	-	-	444
CV (%)	20	11	11	3	22	6	11	2	4	16
2011										
Cobertura vegetal (C)	3,3*	2,3*	1,0	0,4	2,0	6,6**	1,5	0,5	2,6*	0,3
Dose (D)	-	38,1**	11,5**	59,9**	6,2**	246,5**	7,9**	12,5**	8,9**	8,9**
C*D	-	1,2	1,4	1,0	0,9	1,4	0,8	0,9	1,5	1,5
DMS - C	3.981	89	-	-	-	16	-	-	1,3	-
CV (%)	22	17	12	3	30	6	9	3	3	17

** e *: significativo a 1% e 5%, respectivamente, pelo teste F.

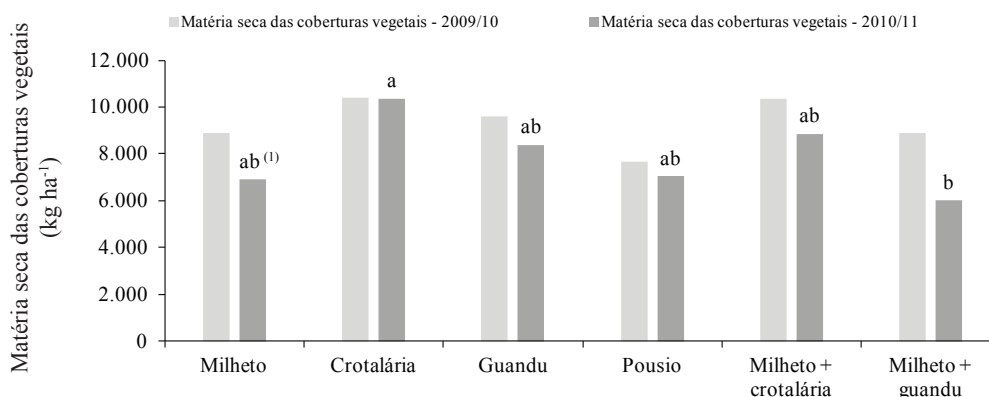


Figura 3. Avaliação da produção da massa de matéria seca das coberturas vegetais cultivadas anteriormente à cultura de verão (Selvíria, MS, 2009/2010 e 2010/2011). ⁽¹⁾ Letras iguais não diferem entre si, pelo teste Tukey, a 5%.

os períodos, foram possíveis devido à utilização do sistema de irrigação por aspersão, principalmente para a suplementação de água após a semeadura, uma vez que a instalação das coberturas vegetais foi realizada em meses (agosto de 2009 e setembro de 2010) em que a precipitação pluvial é muito baixa. Com semeadura em novembro, mês que, normalmente, apresenta maior precipitação pluvial, em relação a agosto e setembro, Teodoro et al. (2011) obtiveram produção da massa de matéria seca de crotalária e de milho + crotalária acima de 10.000 kg ha⁻¹ e 8.000 kg ha⁻¹, respectivamente, em região de Cerrado (Turmalina - MG).

A semeadura das coberturas vegetais em agosto ou setembro (antecipação), em áreas que possuem sistemas de irrigação, possibilita o cultivo de culturas de importância econômica nas safras de verão e

inverno, além de aumentar a produção de palha nas áreas manejadas com o sistema plantio direto.

As coberturas vegetais, em 2009/2010 e 2010/2011, foram dessecadas aos 73 DAS e 55 DAS, respectivamente, com o intuito de produzir palha para o sistema plantio direto. Neste caso, não houve possibilidade de retorno econômico para o produtor, pela colheita de grãos ou sementes para a comercialização. No entanto, outros benefícios podem ser atribuídos ao cultivo das coberturas vegetais, como a redução da adubação nitrogenada em cobertura no trigo, sendo uma estratégia para reduzir seus custos de produção, principalmente em sucessão a coberturas vegetais leguminosas (Gitti et al. 2012).

O número de espigas por m² obteve maior valor com o cultivo do trigo em sucessão aos resíduos

vegetais do guandu e da área em pousio, em relação à crotalária e ao milheto + crotalária, em 2010. Em 2011, o menor valor para número de espigas por m² foi obtido em sucessão aos resíduos do milheto + guandu, em relação às demais coberturas vegetais (Figura 4). Embora os resíduos das coberturas vegetais influenciassem no número de espigas por m², não houve interação com as doses de nitrogênio em cobertura, em ambos os anos. Vale lembrar que, entre a semeadura do trigo e das coberturas vegetais, houve cultivo de arroz, nos dois anos de avaliação. Nunes et al. (2011), semeando trigo (maio) logo

após a dessecação de diferentes coberturas vegetais, obtiveram influência das coberturas vegetais sobre o número de espigas por m² (perifilhos produtivos), além da interação entre coberturas vegetais e doses de nitrogênio, na produtividade de grãos.

O aumento nas doses de nitrogênio proporcionou incrementos na massa da matéria seca de plantas, teor de nitrogênio foliar, altura e acamamento de plantas, em ambos os anos de avaliação (Figuras 5 e 6). A aplicação do fertilizante nitrogenado (ureia) em cobertura, aos 38 e 28 DAE, nos anos 2010 e 2011, respectivamente, foi eficiente e aumentou a dispo-

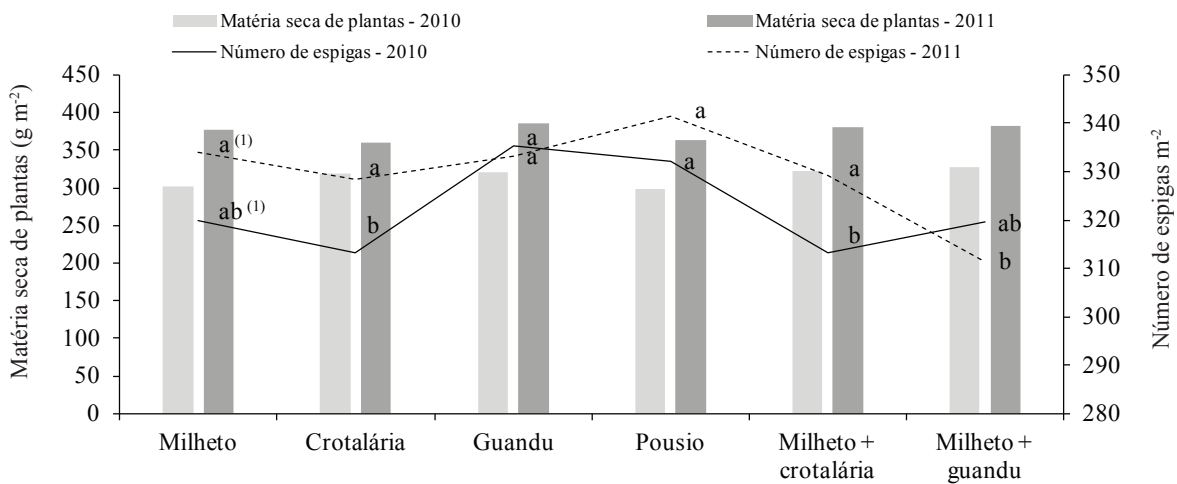


Figura 4. Massa da matéria seca de plantas e número de espigas por m² de trigo, em sucessão aos resíduos de diferentes coberturas vegetais (Selvíria, MS, 2010 e 2011). ⁽¹⁾ Letras iguais, para o número de espigas por m², não diferem entre si, pelo teste Tukey, a 5%.

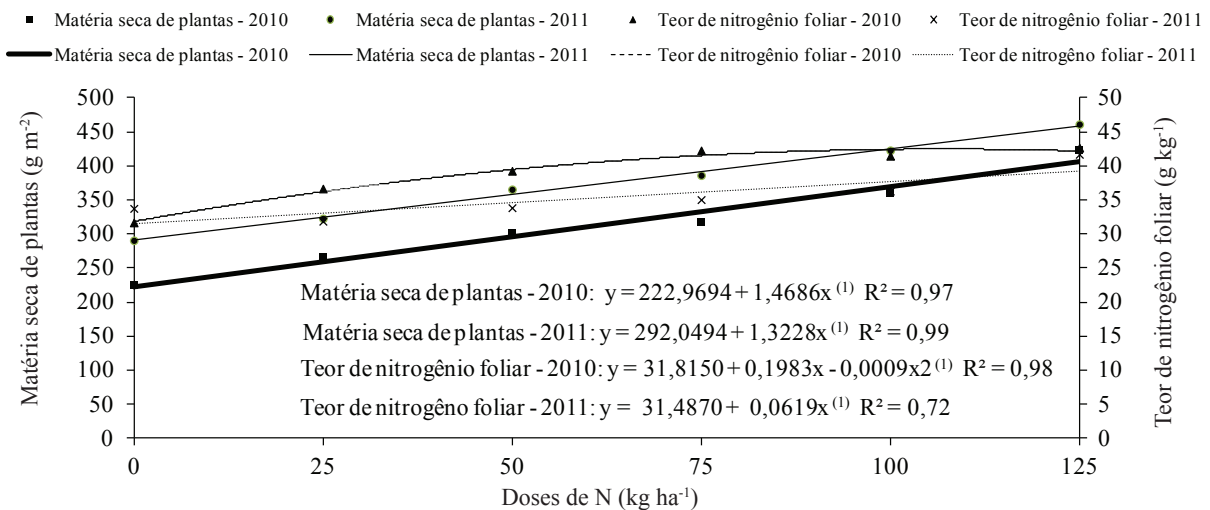


Figura 5. Massa da matéria seca de plantas e teor de nitrogênio foliar de trigo, em função das doses de nitrogênio em cobertura (Selvíria, MS, 2010 e 2011). ⁽¹⁾ Significativo a 1%.

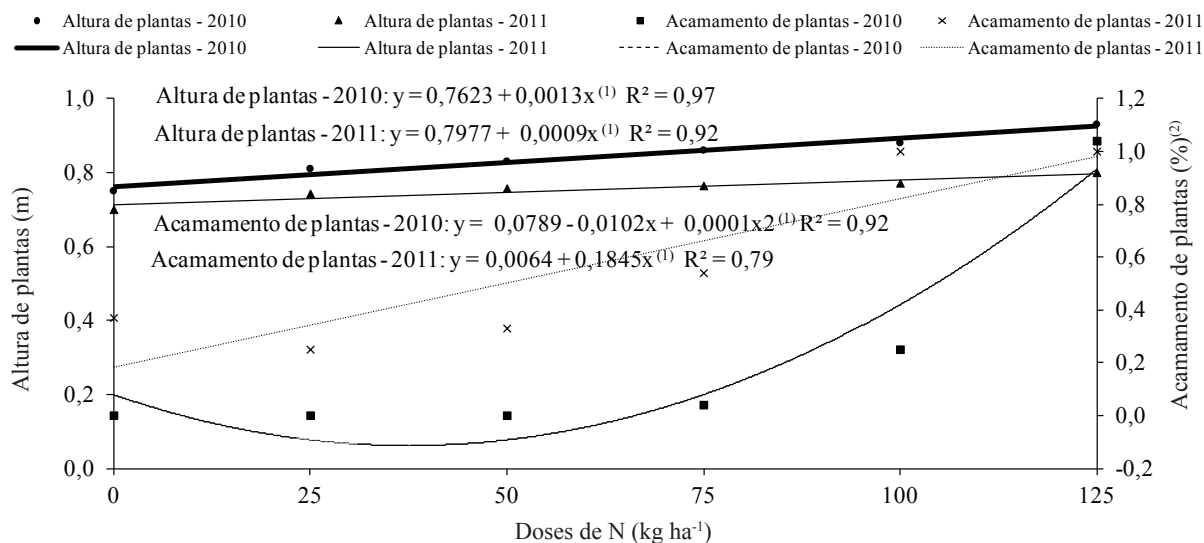


Figura 6. Altura e acamamento de plantas de trigo, em função das doses de nitrogênio em cobertura (Selvíria, MS, 2010 e 2011).
 (¹) Significativo a 1%. (²) Escala de notas: 0 - sem acamamento; 1 - até 5% de plantas acamadas; 2 - 5% a 25% de plantas acamadas; 3 - 25% a 50% de plantas acamadas; 4 - 50% a 75% de plantas acamadas; 5 - 75% a 100% de plantas acamadas.

nibilidade de nitrogênio para o trigo. O tipo de solo (argiloso) e a irrigação (10 mm), logo após a adubação de cobertura, no presente trabalho, contribuíram para reduzir as perdas de nitrogênio por volatilização (amônia), aumentando a disponibilidade deste nutriente para as plantas (Sangoi et al. 2003, Kissel et al. 2004). Além disto, autores relatam que épocas de aplicação do nitrogênio totalmente na semeadura ou em cobertura e o fracionamento na semeadura e em cobertura (Silva et al. 2008, Teixeira Filho et al. 2010), para a cultura do trigo, não influenciam na produtividade.

O maior crescimento da planta, proporcionado pelo aumento nas doses de nitrogênio, refletiu em maior acamamento de plantas. Para cultivares que apresentam este problema, a utilização de reguladores de crescimento (etil-trinexapac) pode reduzir a altura de plantas e, conseqüentemente, o acamamento, segundo Espindula et al. (2011). Estes autores mencionam que a dose de nitrogênio (todo na semeadura) de 100 kg ha⁻¹ e a aplicação de 120 g ha⁻¹ de etil-trinexapac, no início do emborrachamento do trigo (estádio 8 - escala fenológica de Feeks e Large), promoveram maior produtividade de grãos.

A maior disponibilidade de nitrogênio incrementou linearmente em, aproximadamente, 1,2 e 1,3 o número de espigas por m², a cada kg de nitrogênio aplicado, nos anos 2010 e 2011, respectivamente. Em relação ao número de grãos por espiga, em

2010, a dose estimada de 103 kg ha⁻¹ de nitrogênio proporcionou maior número de grãos por espiga (42), e, em 2011, a influência foi positivamente linear (Figura 7). A massa de mil grãos, nos anos 2010 e 2011, ajustou-se a equações quadráticas, com doses máximas distintas, estimadas em 49 kg ha⁻¹ e 100 kg ha⁻¹ de nitrogênio, porém, com estimativa de valores máximos semelhantes de massa de mil grãos (48 g). Quanto à massa hectolétrica, houve influência negativa, em razão do aumento na disponibilidade de nitrogênio, em 2010 (Figura 8).

O aumento linear no número de espigas por m², em ambos os anos, até a dose máxima de 125 kg ha⁻¹ de nitrogênio, poderia indicar que doses superiores a esta influenciariam, de maneira quadrática, no número de espigas por m². No entanto, avaliando doses de nitrogênio em cobertura, até a dose de 200 kg ha⁻¹, Teixeira Filho et al. (2010), em região de Cerrado (Selvíria - MS), obtiveram estimativa de 113 kg ha⁻¹ de nitrogênio e número de espigas por m² de 412, valor próximo ao obtido com a dose de 125 kg ha⁻¹, no presente trabalho. Segundo Sangoi et al. (2007), em experimento realizado no planalto sul de Santa Catarina (Lages - SC), em alta densidade de semeadura, este componente de produção foi o mais importante na determinação da produtividade do trigo.

Quanto ao número de grãos por espiga, embora os dados tenham se ajustado a uma equação quadrática (2010) e linear (2011), segundo o aumento

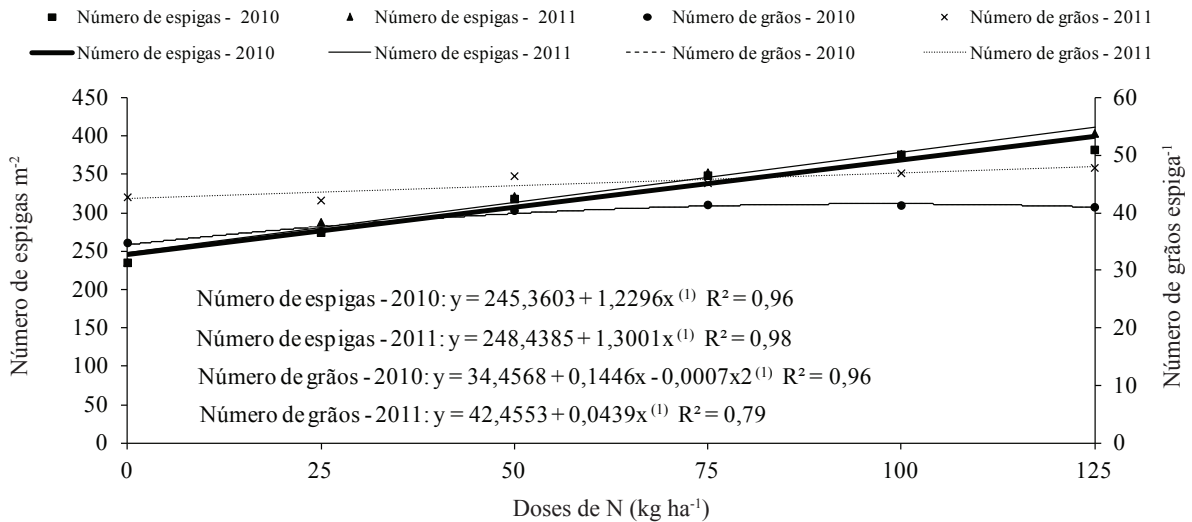


Figura 7. Número de espigas por m² e grãos por espiga de trigo, em função das doses de nitrogênio em cobertura (Selvíria, MS, 2010 e 2011). ⁽¹⁾Significativo a 1%.

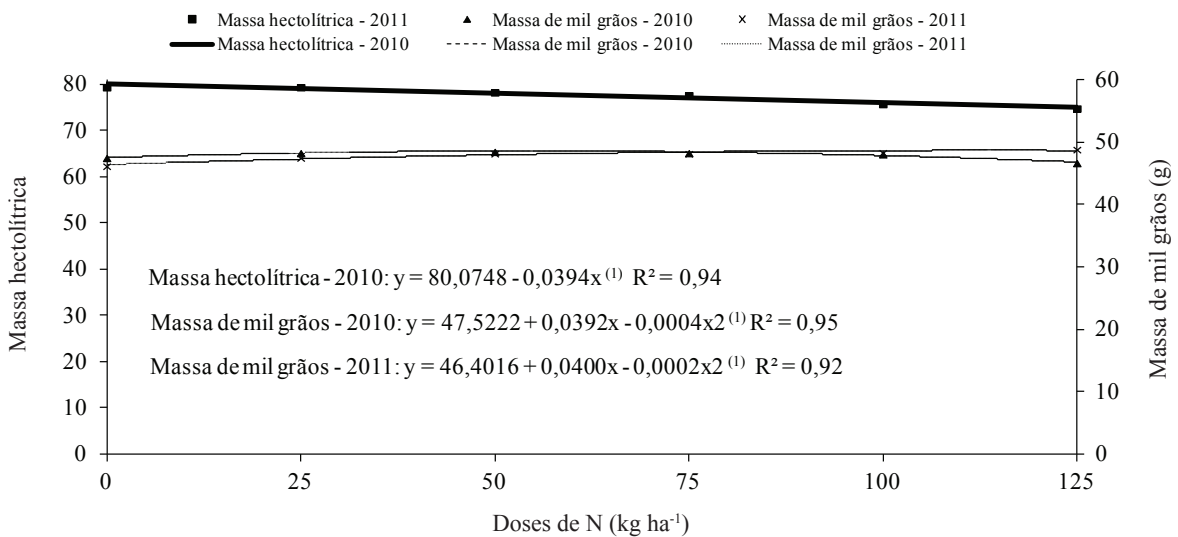


Figura 8. Massa hectolétrica e massa de mil grãos de trigo, em função das doses de nitrogênio em cobertura (Selvíria, MS, 2010 e 2011). ⁽¹⁾Significativo a 1%.

de nitrogênio, em ambos os anos, houve pequena variação no número de grãos por espiga, com relação à menor e à maior dose de nitrogênio. Teixeira Filho et al. (2008, 2010) não observaram influência das doses de nitrogênio em cobertura em cultivares de trigo (E21, IAC 24 e IAC 370), em sistema convencional de preparo do solo e plantio direto, ambos com irrigação por aspersão.

O aumento na altura e na massa de matéria seca das plantas de trigo, promovidos pelo nitrogênio, podem ter contribuído para o aumento no índice de área

foliar do trigo, que, por sua vez, afetou a incidência de uso da radiação solar, proporcionando incrementos nos componentes de produção do trigo (número de espiguetas por m², número de grãos por espiga e massa de mil grãos) e, conseqüentemente, na produtividade de grãos. Heinemann et al. (2006) obtiveram correlação positiva entre o índice de área foliar e a biomassa do trigo, com a produtividade de grãos, avaliando o aumento na disponibilidade de nitrogênio, em duas cultivares (Embrapa 22 e Embrapa 42), em sistema plantio direto, com irrigação por aspersão.

O cultivo do trigo, em sucessão aos resíduos de crotalária, guandu e milho + crotalária, apresentou maiores produtividades de grãos, em relação à sucessão pousio/trigo, em 2010 (Figura 9).

A massa de mil grãos do trigo foi maior na área em sucessão aos resíduos vegetais do milho + crotalária, em relação à área em pousio e ao milho + guandu, em 2011. Embora a distância entre a dessecação das coberturas vegetais (novembro) e a semeadura do trigo (maio) fosse grande, os resultados foram semelhantes aos obtidos por Nunes et al. (2011), com relação aos maiores valores de massa de mil grãos e produtividade de grãos de trigo obtidos em sucessão à crotalária, em relação à área em pousio, com dessecação das coberturas vegetais e semeadura do trigo no mesmo mês (maio), em sistema plantio direto. Porém, diferentemente do presente trabalho, houve interação entre coberturas vegetais e doses de nitrogênio.

Além da disponibilidade de nitrogênio pelas leguminosas, outros benefícios deste sistema conservacionista do solo podem favorecer as culturas em sucessão. O aumento dos resíduos vegetais na superfície do solo e o revolvimento do solo (menor aeração) apenas na linha de semeadura contribuem para o aumento no teor de C no solo (Hickmann & Costa 2012), relacionado intimamente à matéria orgânica do solo e associado a ganhos em produtividade das culturas, em função de melhorias na qualidade química, física e biológica do solo (D'Andréa et al. 2002).

Independentemente dos resíduos das coberturas vegetais, a produtividade de grãos de trigo respondeu, de maneira quadrática, ao aumento da dose de nitrogênio aplicada em cobertura, em ambos os anos (Figura 10).

A estimativa das doses de nitrogênio foi de 113 kg ha⁻¹ e 98 kg ha⁻¹, refletindo em produtividades de 3.654 kg ha⁻¹ e 4.059 kg ha⁻¹ de grãos, para 2010 e 2011, respectivamente. Como já mencionado, a influência positiva do nitrogênio na produtividade de grãos resultou, principalmente, do incremento nas variáveis que caracterizaram o desenvolvimento do trigo (massa de matéria seca de plantas, teor de nitrogênio foliar e altura de plantas), como, também, os componentes de produção desta cultura (número de espigas por m², número de grãos por espiga e massa de mil grãos), fato que pode ser atribuído, segundo Heinemann et al. (2006), à maior interceptação da radiação solar, pelo aumento no índice de área foliar.

Para Teixeira Filho et al. (2009, 2010, 2011), Espindula et al. (2010) e Nunes et al. (2011), o fornecimento crescente de nitrogênio aplicado em cobertura influenciou na produtividade de grãos de trigo de maneira quadrática, sendo a estimativa das doses obtidas pelos autores entre 82 kg ha⁻¹ e 126 kg ha⁻¹. A importância do nitrogênio para a cultura do trigo, bem como para outras gramíneas, é indiscutível. O fornecimento adequado de nitrogênio ao trigo aumenta a possibilidade de lucro ao produtor, devido à redução nos custos de produção, à melhor sanidade

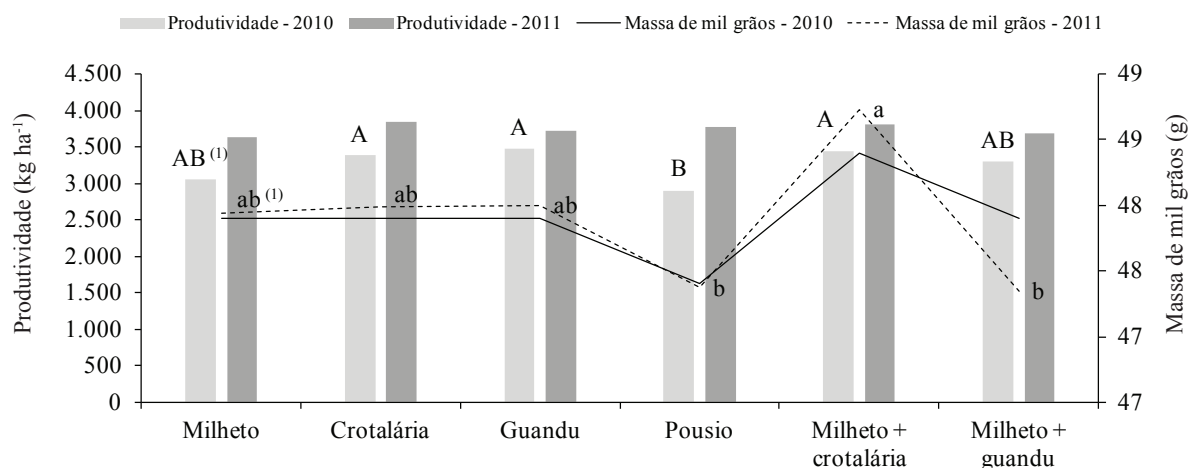


Figura 9. Produtividade e massa de mil grãos de trigo, em sucessão aos resíduos de diferentes coberturas vegetais (Selvíria, MS, 2010 e 2011). ⁽¹⁾ Letras maiúsculas e minúsculas iguais, para a produtividade e massa de mil grãos, respectivamente, não diferem entre si, pelo teste Tukey, a 5%.

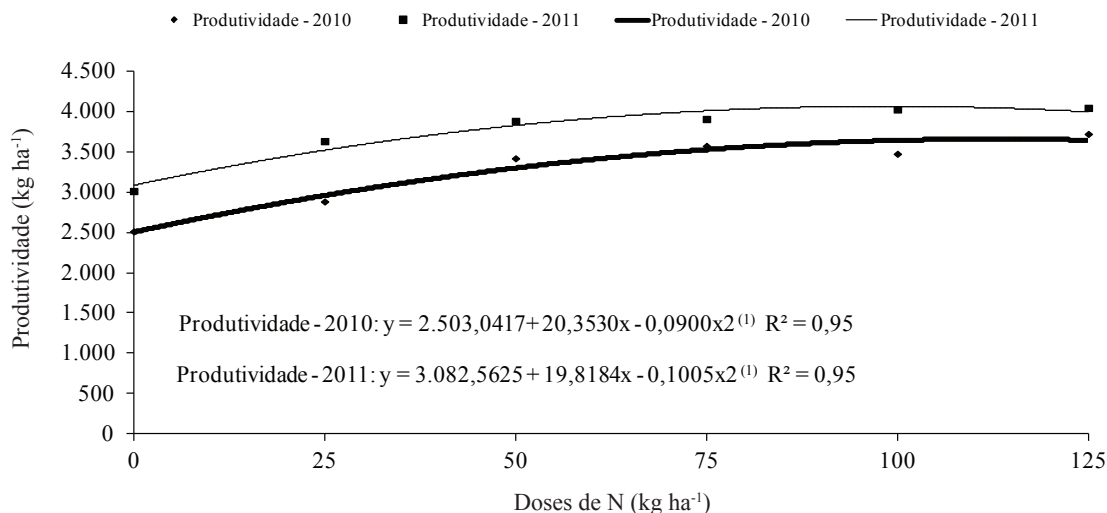


Figura 10. Produtividade do trigo, em função das doses de nitrogênio em cobertura (Selvíria, MS, 2010 e 2011). ⁽¹⁾ Significativo a 1%.

da lavoura (Tanaka et al. 2008) e à redução da contaminação de águas subterrâneas por nitrato. Algumas tecnologias, como a rotação de culturas com espécies leguminosas (Nunes et al. 2011), a inoculação com bactérias fixadoras de nitrogênio atmosférico em gramíneas (Sala et al. 2008) e as fontes de nitrogênio de liberação lenta (Teixeira Filho et al. 2009, 2010, 2011), podem contribuir para a redução nas doses deste nutriente, porém, estudos devem ser realizados para avaliar a eficiência e a viabilidade econômica destas tecnologias, uma vez que proporcionam custo adicional ao produtor.

CONCLUSÕES

1. O cultivo de trigo em sucessão aos resíduos vegetais de guandu, crotalária e milho + crotalária apresentou maior produtividade de grãos do que em sucessão ao pousio.
2. Independentemente dos resíduos vegetais, as maiores produtividades de grãos de trigo foram obtidas nas doses máximas de 113 kg ha⁻¹ e 98 kg ha⁻¹ de N, nos anos 2010 e 2011, respectivamente.

REFERÊNCIAS

CABEZAS, W. A. R. L.; COUTO, P. A. Imobilização de nitrogênio da ureia e do sulfato de amônio aplicado em pré-semeadura ou cobertura na cultura de milho, no sistema plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 31, n. 4, p. 739-752, 2007.

CAMARGO, C. E. O.; FREITAS, J. G.; CANTARELLA, H. Trigo e triticale irrigados. In: RAIJ, B. V. et al. *Recomendação de calagem para o Estado de São Paulo*. 2. ed. rev. atual. Campinas: Instituto Agrônomo, 1997. p. 70-71. (Boletim técnico, 100).

D'ANDRÉA, A. F. et al. Atributos biológicos indicadores da qualidade do solo em sistemas de manejo na região do Cerrado no sul do Estado de Goiás. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 26, n. 4, p. 913-923, 2002.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (Embrapa). *Sistema brasileiro de classificação de solos*. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa/CNPSo, 2006.

ESPINDULA, M. C. et al. Doses e formas de aplicação de nitrogênio no desenvolvimento e produção da cultura do trigo. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 34, n. 6, p. 1404-1411, 2010.

ESPINDULA, M. C. et al. Rates of nitrogen and growth retardant trinexapac-ethyl on wheat. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 41, n. 12, p. 2045-2052, 2011.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

GITTI, D. C. et al. Influence of nitrogen fertilization and green manure on the economic feasibility of no-tilled wheat in the Cerrado. *Revista Ceres*, Viçosa, v. 59, n. 2, p. 246-253, 2012.

HEINEMANN, A. B. et al. Eficiência de uso da radiação solar na produtividade do trigo decorrente da adubação nitrogenada. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 10, n. 2, p. 352-356, 2006.

- KISSEL, D. E. et al. Rainfall timing and ammonia loss from urea in a loblolly pine plantation. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v. 68, n. 5, p. 1744-1750, 2004.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. *Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações*. Piracicaba: Potafos, 1997.
- NUNES, A. S.; SOUZA, L. C. F.; MERCANTE, F. M. Adubos verdes e adubação mineral nitrogenada em cobertura na cultura do trigo em plantio direto. *Bragantia*, Campinas, v. 70, n. 2, p. 432-438, 2011.
- HICKMANN, C.; COSTA, L. M. Estoque de carbono no solo e agregados em argissolo sob diferentes manejos de longa duração. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 16, n. 10, p. 1055-1061, 2012.
- SALA, V. M. R. et al. Novas bactérias diazotróficas endofíticas na cultura do trigo em interação com a adubação nitrogenada, no campo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 32, n. 3, p. 1099-1106, 2008.
- SANGOI, L. et al. Volatilização de N-NH₃ em decorrência da forma de aplicação de ureia, manejo de resíduos e tipo de solo, em laboratório. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 33, n. 4, p. 687-692, 2003.
- SANGOI, L. et al. Características agronômicas de cultivares de trigo em resposta à época da adubação nitrogenada de cobertura. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 37, n. 6, p. 1564-1570, 2007.
- SILVA, S. A. et al. Fontes e épocas de aplicação de nitrogênio em trigo em sistema plantio direto no Cerrado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 32, n. esp., p. 2717-2722, 2008.
- TANAKA, M. A. S.; FREITAS, J. G.; MEDINA, P. F. Incidência de doenças fúngicas e sanidade de sementes de trigo sob diferentes doses de nitrogênio e aplicação de fungicida. *Summa Phytopathologica*, Botucatu, v. 34, n. 4, p. 313-317, 2008.
- TEIXEIRA FILHO, M. C. M. et al. Response of irrigated wheat cultivars to different nitrogen rates and sources. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 33, n. 5, p. 1303-1310, 2009.
- TEIXEIRA FILHO, M. C. M. et al. Doses, fontes e épocas de aplicação de nitrogênio em trigo irrigado em plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, v. 45, n. 8, p. 797-804, 2010.
- TEIXEIRA FILHO, M. C. M. et al. Application times, sources and doses of nitrogen on wheat cultivars under no-till in the Cerrado region. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 41, n. 8, p. 1375-1382, 2011.
- TEIXEIRA FILHO, M. C. M. et al. Desempenho agrônômico de cultivares de trigo em resposta à população de plantas e à adubação nitrogenada. *Científica*, Jaboticabal, v. 36, n. 2, p. 97-106, 2008.
- TEODORO, R. B. et al. Aspectos agronômicos de leguminosas para adubação verde no Cerrado do Alto Vale do Jequitinhonha. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 35, n. 2, p. 635-643, 2011.