

Rendimento relativo de grãos em cultivos sequenciais com diferentes modalidades de intensificação de sistemas de produção em pivô central¹

José Paulo Costa Ferreira²; Álvaro Vilela de Resende³; Eduardo de Paula Simão⁴; Emerson Borghi³; Antônio Carlos de Oliveira³

¹ Trabalho financiado pelo CNPq/Fundação Agrisus. ² Estudante de Engenharia Agrônoma, Universidade Federal de São João del-Rei, Campus Sete Lagoas-MG. Bolsista de Iniciação Científica CNPq-PIBIC. E-mail: zepaulo_prados@hotmail.com. ³ Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo. E-mail: alvaro.resende@embrapa.br, emerson.borghi@embrapa.br, antoniocarlos.oliveira@embrapa.br. ⁴ Doutorando em Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa. E-mail: eduardosimao.agro@yahoo.com.br.

Introdução

Sistemas de produção intensificados, como o plantio direto com cultivos em consórcio e rotação de culturas, têm por objetivo o melhor aproveitamento do solo e outros recursos disponíveis nos agrossistemas. Tais sistemas contabilizam diversos benefícios para a sustentabilidade da produção, principalmente em relação à imprevisibilidade climática, típica da atividade agrícola (Ceccon et al., 2013). O plantio direto promove a manutenção e até mesmo a elevação da produção, com o uso mais racional dos insumos empregados (Santos et al., 2008). A possibilidade de aumento da matéria orgânica interfere diretamente na qualidade do solo promovendo a agregação, favorecendo a infiltração e diminuindo o escoamento superficial (Conceição et al., 2005).

A deficiência hídrica é um dos fatores que mais interferem na produtividade agrícola. Culturas como o milho e a soja são afetadas negativamente com a falta de chuva em determinados períodos do ciclo, principalmente durante as fases de diferenciação celular e de enchimento de grãos (Taiz; Zeiger, 2004). Por esses motivos, a agricultura praticada em sequeiro se torna de alto risco, em razão da instabilidade climática observada hoje em dia. Para otimizar a produtividade sem a preocupação com a falta de chuvas, a utilização de pivôs centrais é uma das estratégias usadas em sistemas intensificados de produção.

No entanto, a irrigação não é a única tecnologia que afeta a produtividade de grãos em pivô central, já que o manejo da fertilidade do solo e a rotação culturas também são fatores de grande relevância para a produtividade do sistema e nem sempre são devidamente considerados. Nesse contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o rendimento relativo de grãos, num sistema de produção de milho em pivô central, intensificado pela rotação com soja, inclusão de braquiária e níveis de investimento em adubação, no período compreendido entre os anos agrícolas 2014/2015 e 2017/2018.

Material e Métodos

O experimento sobre sistemas intensificados de produção de grãos em pivô central foi estabelecido na área experimental da Embrapa Milho e Sorgo, em Sete Lagoas-MG. O solo da área é um Latossolo Vermelho distroférico argiloso. O clima, segundo a classificação de Köppen (1948) é do tipo Cwa (com inverno seco e verão quente). Em outubro de 2014, foram realizadas práticas de subsolagem, incorporação de corretivos da acidez (4 t ha⁻¹ de calcário dolomítico e 3 t ha⁻¹ de gesso agrícola) e de adubos (1.000 kg ha⁻¹ de superfosfato simples, 390 kg ha⁻¹ de cloreto de potássio e 93 kg ha⁻¹ de FTE BR12) para a construção da fertilidade no perfil do solo e condicionamento de toda a área experimental. Essas operações foram feitas antecedendo a safra 2014/2015, para então se iniciar o manejo em plantio direto.

A área total do experimento possui cerca de 3,5 hectares, divididos em cinco minitalhões ou tratamentos, com dez repetições representadas por pontos fixos previamente georreferenciados aleatoriamente em cada tratamento, onde foram realizadas as avaliações de produtividade das culturas em três linhas de três metros de comprimento. Os tratamentos foram constituídos de modalidades de cultivo envolvendo milho em rotação com soja, com ou sem inserção de braquiária em consórcio com o milho, combinadas com dois níveis de investimento em adubação. Os cultivos de soja foram conduzidos com espaçamento de 0,5 m entre linhas e, os de milho, com espaçamento de 0,7 m.

Os tratamentos são caracterizados da seguinte forma: 1- monocultura de milho sob médio investimento em adubação; 2- rotação milho/soja em médio investimento; 3- rotação milho/soja em médio investimento, com inclusão de braquiária em consórcio com o milho; 4 - rotação milho/soja em alto investimento; e 5 - rotação milho/soja em alto investimento, com inclusão de braquiária em consórcio com o milho. A semeadura da braquiária (*Urochloa ruziziensis*) foi feita misturando-se as sementes do capim junto ao adubo distribuído no sulco de semeadura do milho. As sequências dos cultivos realizados em cada tratamento estão apresentadas na Tabela 1 e as quantidades de fertilizantes aplicadas nos dois níveis de investimento em adubação constam na Tabela 2.

Tabela 1. Cultivos realizados conforme os tratamentos, no período entre os anos agrícolas 2014/2015 a 2017/2018.

Tratamento	Cultivo							Nível investimento adubação
	2014/15	2015	2015/16	2016	2016/17	2017	2017/18*	
1	S	M	-	M	-	M	M	Médio
2	S	M	S	M	S	M	M	
3	S	M + B	S	M + B	S	M + B	M + B	
4	S	M	S	M	S	M	M	Alto
5	S	M + B	S	M + B	S	M + B	M + B	

S = Cultivo de soja. M = Cultivo de milho. M + B = Consórcio de milho e braquiária.

* Por necessidade de ajuste no cronograma operacional, foi cultivado milho ao invés de soja em 2017/2018.

As avaliações de produtividade foram realizadas em cada ponto georreferenciado, totalizando dez repetições dentro de cada um dos tratamentos dispostos como mini talhões no campo. Os grãos foram pesados e a umidade foi corrigida para 13%. Os dados foram relativizados, tomando-se como referências (100%) as produtividades dos tratamentos de monocultura de milho e de rotação soja/milho em médio investimento, para comparar as respostas obtidas nos cultivos de milho e de soja, respectivamente.

Tabela 2. Data de semeadura, cultivar e quantidades de fertilizantes aplicadas aos tratamentos nos níveis médio e alto de investimento em adubação, no período entre os anos agrícolas 2014/2015 a 2017/2018.

Cultivo	Data semeadura	Cultivar	Nível de adubação	
			Médio	Alto
2014/15	21/11/2014	BRS 7380 RR	307 kg ha ⁻¹ de NPK 02-20-20+B e Zn.	450 kg ha ⁻¹ de NPK 02-20-20+B e Zn. Duas aplicações foliares com 2,5 kg ha ⁻¹ de MAP + 1,5 kg ha ⁻¹ de nitrato de cálcio.
2015	12/06/2015	DKB 390 PRO	443 kg ha ⁻¹ de NPK 04-14-08+Zn. Adubação de cobertura com 200 kg ha ⁻¹ de ureia.	664 kg ha ⁻¹ de NPK 04-14-08+Zn. Adubação de cobertura com 300 kg ha ⁻¹ de ureia. Uma aplicação foliar com micronutrientes.
2015/16	03/12/2015	BRS 7780 IPRO	257 kg ha ⁻¹ de NPK 02-20-20+B e Zn. Uma aplicação foliar com micronutrientes.	322 kg ha ⁻¹ de NPK 02-20-20+B e Zn. Uma aplicação foliar com micronutrientes.
2016	15/04/2016	Agroeste 1581 PRO	293 kg ha ⁻¹ de NPK 08-28-16+B. Adubação de cobertura com 229 kg ha ⁻¹ de ureia.	460 kg ha ⁻¹ de NPK 08-28-16+B. Adubação de cobertura com 229 kg ha ⁻¹ de ureia. Adubação de cobertura com 248 kg ha ⁻¹ de NPK 20-00-20. Uma aplicação foliar com micronutrientes.
2016/17	25/10/2016	RK 6813 RR	257 kg ha ⁻¹ de NPK 04-30-16+Zn. Uma aplicação foliar com micronutrientes.	429 kg ha ⁻¹ de NPK 04-30-16+B e Zn. 190 kg ha ⁻¹ de cloreto de potássio. Duas aplicações foliares com micronutrientes.
2017	09/03/2017	AG 8088 PRO2	320 kg ha ⁻¹ de NPK 08-28-16+B. Adubação de cobertura com 175 kg ha ⁻¹ de ureia. Adubação de cobertura com 180 kg ha ⁻¹ de NPK 20-00-20.	490 kg ha ⁻¹ de NPK 08-28-16+B. Adubação de cobertura com 175 kg ha ⁻¹ de ureia. Adubação de cobertura com 490 kg ha ⁻¹ de NPK 20-00-20.
2017/18	14/12/2017	AG 8088 PRO2	140 kg ha ⁻¹ de NPK 08-28-16+B. Adubação de cobertura com 161 kg ha ⁻¹ de ureia.	140 kg ha ⁻¹ de NPK 08-28-16+B. Duas adubações de cobertura com 161 + 240 kg ha ⁻¹ de ureia.
Total de N-P ₂ O ₅ -K ₂ O aplicado no período (kg ha ⁻¹)			464-463-346	769-681-712

Resultados e Discussão

Nas Figuras 1, 2 e 3 são apresentadas as repostas expressas em termos de rendimento relativo dos cultivos de soja, de milho e a produção acumulada do período 2014/2015 a 2017/2018,

respectivamente, conforme tratamentos com diferentes níveis de intensificação do sistema de produção. Em primeira análise, não se percebe vantagem dos tratamentos com maior nível de investimento em adubação ou impacto positivo da inclusão de braquiária no sistema.

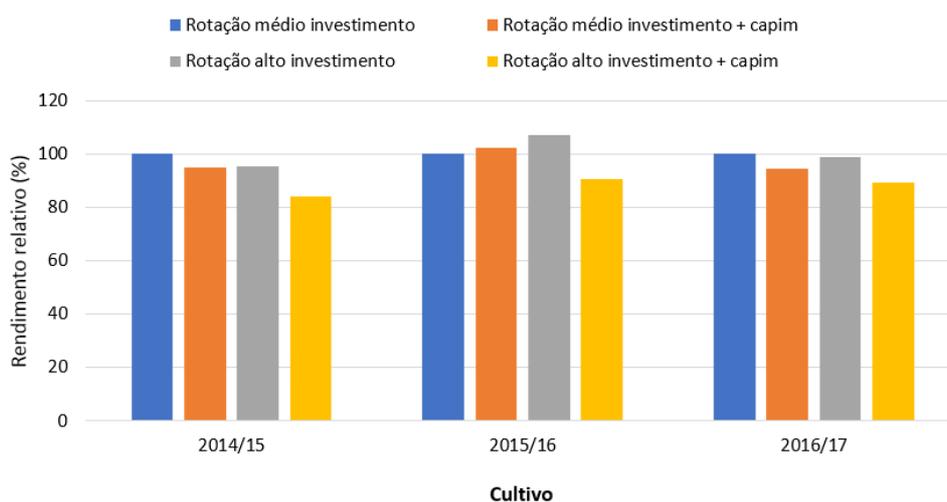


Figura 1. Rendimento relativo de grãos de soja ao longo de três cultivos na safra verão, em função de tratamentos com diferentes níveis de intensificação em plantio direto sob pivô central, na região de Sete Lagoas-MG. O tratamento de rotação soja/milho com médio investimento em adubação foi tomado como referência (100%) em cada cultivo.

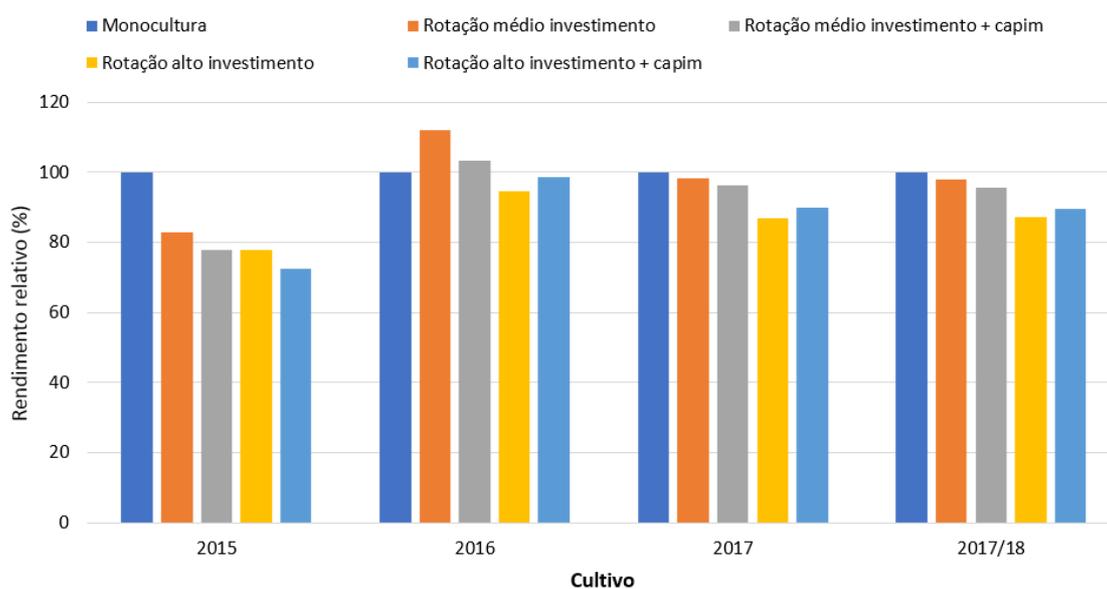


Figura 2. Rendimento relativo de grãos de milho ao longo de quatro cultivos, em função de tratamentos com diferentes níveis de intensificação em plantio direto sob pivô central, na região de Sete Lagoas-MG. O tratamento de monocultura com médio investimento em adubação foi tomado como referência (100%) em cada cultivo.

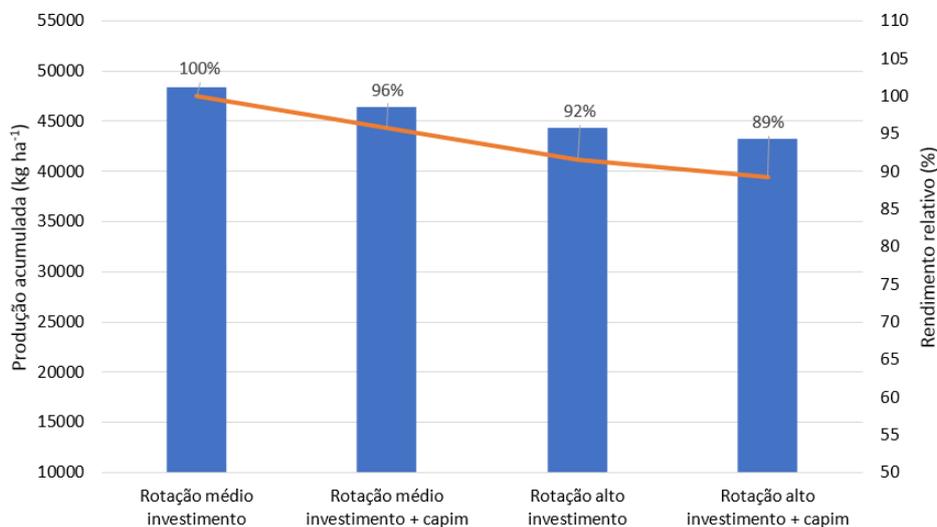


Figura 3. Produção acumulada de grãos de sete cultivos sequenciais envolvendo soja e milho, em função de tratamentos com diferentes níveis de intensificação em plantio direto sob pivô central, na região de Sete Lagoas-MG. O tratamento de rotação soja/milho com médio investimento em adubação foi tomado como referência (100%) para determinação do rendimento relativo.

Algumas hipóteses podem ser apontadas como possíveis explicações para o desempenho observado. A primeira delas diz respeito ao fato de toda a área experimental ter sido inicialmente condicionada com operações de subsolagem, calagem, gessagem e adubações corretivas, para nivelamento das condições de fertilidade e minimização de eventuais impedimentos de ordem física, a fim de eliminar as variabilidades decorrentes do uso progressivo. Desse modo, os cultivos iniciados a partir da safra 2014/2015, com a utilização de plantio direto, se deram em condições edáficas que podem ser consideradas bastante satisfatórias, de modo que as diferenças nas adubações de manutenção não tiveram maior impacto na produtividade. A garantia de bom suprimento de água pela irrigação é outro fator capaz de amenizar as diferenças de disponibilidade de nutrientes entre os tratamentos.

Uma hipótese que pode ter tido efeito aditivo às anteriores decorre do fato de a soja nem sempre responder com ganhos de produtividade quando cultivada em ambientes de elevada fertilidade do solo e com condições climáticas favoráveis a um maior desenvolvimento vegetativo (por exemplo, tratamento com alto investimento em adubação e sob irrigação). O vigor excessivo dessa cultura pode criar um microclima propício à maior incidência de doenças do estrato inferior do

dossel (por exemplo, mofo branco), além de tornar as plantas mais suscetíveis ao acamamento em fases mais adiantadas do ciclo. Esses aspectos foram constatados visualmente em alguns dos cultivos/tratamentos e podem acarretar restrição do potencial produtivo, mascarando as diferenças esperadas por causa das práticas de intensificação (Figura 1).

Além disso, uma outra hipótese está relacionada à possibilidade de eventuais desequilíbrios nutricionais provocados pelo maior nível de investimento em adubação. Nesse caso, as quantidades totais de N, P₂O₅ e K₂O aplicadas ao longo dos sete cultivos (Tabela 2) estariam excedendo a demanda condizente com o potencial produtivo nas condições ambientais de Sete Lagoas-MG, o que acabaria por promover perda de produtividade (Figuras 2 e 3). Nesse sentido, no último cultivo com milho em 2017/18, buscou-se reduzir a adubação com o formulado NPK na base em todos os tratamentos (Tabela 2), sem, no entanto, isso ter resultado em modificação no padrão de resposta do milho até aquele momento (Figura 2).

Não se pode desconsiderar que consórcio com a braquiária pode influenciar a produtividade de grãos, mesmo quando a competição é minimizada porque a arquitetura da planta do milho promove certa dominância sobre o capim. De acordo com Gontijo Neto et al. (2018), o milho exerce supressão sobre o capim em consórcio, possibilitando o cultivo simultâneo sem maiores prejuízos. Porém, a competição por água e nutrientes no solo vai existir e pode afetar o potencial produtivo do milho.

Segundo Muzzilli (2002), nos primeiros anos do sistema plantio direto onde há a inclusão de plantas com alta relação C/N, principalmente capins, há também grande imobilização de nutrientes. No entanto, após três a quatro anos, o sistema proporciona melhor equilíbrio da relação C/N da matéria orgânica (MOS) na camada superior do solo, iniciando um processo de liberação dos nutrientes para as culturas. No presente caso, essa premissa não se confirmou, haja vista que foi justamente no tratamento com maior adubação que a inclusão da braquiária parece ter impactado mais negativamente a produtividade do sistema (Figuras 1, 2 e 3).

Portanto, é plausível supor que uma combinação de várias causas vem resultando em respostas inesperadas em princípio. De modo geral, após sete cultivos sequenciais, nenhuma das combinações representando maior intensificação do sistema de produção evidenciou clara vantagem produtiva, quer seja pela inclusão da braquiária para incremento de palhada, pelo maior investimento em adubação, ou pela combinação de ambas as práticas de manejo. De qualquer modo, os sistemas implantados estão completando agora o quarto ano agrícola, o que é pouco tempo quando se considera o longo prazo necessário para a estabilização do plantio direto e confirmação dos benefícios esperados no processo de intensificação de sistemas de produção de grãos. Certamente, serão necessárias mais avaliações ao longo do tempo e análises mais detalhadas, buscando

correlações entre as variáveis que vêm sendo monitoradas, que possam ajudar no entendimento das relações de causa e efeito.

Conclusão

Após sete cultivos sequenciais desde a implantação do experimento, nenhuma das combinações representando maior intensificação do sistema de produção evidenciou clara vantagem na produtividade de grãos de soja e de milho, quer seja pela inclusão da braquiária para incremento de palhada, pelo maior investimento em adubação, ou pela combinação de ambas as práticas de manejo.

Agradecimentos

Ao CNPq, pelo apoio financeiro (Processo: 422538/2016-7) e concessão de bolsa PIBIC. À Fundação Agrisus (Processo: 1491/15), pelo auxílio financeiro parcial para manutenção da área experimental.

Referências

CECCON, G.; STAUT, L. A.; SAGRILO, E.; MACHADO, L. A. Z.; NUNES, D. P.; ALVES, V. B. Legumes and forage species sole or intercropped with corn in soybean-corn succession in Midwestern Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, n. 1, p. 204-212, 2013.

CONCEIÇÃO, P. C.; AMADO, T. J. C.; MIELNICZUK, J.; SPAGNOLLO, E. Qualidade do solo em sistemas de manejo avaliada pela dinâmica da matéria orgânica e atributos relacionados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, p. 777-788, 2005.

GONTIJO NETO, M. M.; BORGHI, E.; RESENDE, A. R.; ALVARENGA, R. C. Benefícios e desafios da integração lavoura-pecuária na melhoria da qualidade dos solos do Cerrado. **Informações Agronômicas**, n. 161, p. 9-21, 2018.

KÖPPEN, W. **Climatologia**: con un estudio de los climas de la tierra. Mexico: Fondo de Cultura Económica, 1948. 479 p.

MUZZILLI, O. Manejo da matéria orgânica no sistema plantio direto: a experiência no Estado do Paraná. **Informações agronômicas**, n. 100, p. 6-10, 2002.

SANTOS, G. G.; SILVEIRA, P. M.; MARCHÃO, R. L.; BECQUER, T.; BALBINO, L. C. Macrofauna edáfica associada a plantas de cobertura em plantio direto em um latossolo vermelho do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, p. 115-122, 2008.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.