

Rendimento de grãos de trigo influenciado por sistemas de manejo de solo e de rotação de culturas



**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Trigo
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**

**BOLETIM DE PESQUISA
E DESENVOLVIMENTO
90**

**Rendimento de grãos de trigo influenciado por
sistemas de manejo de solo e de rotação de culturas**

*Henrique Pereira dos Santos
Renato Serena Fontaneli
Genei Antonio Dalmago
Ricardo Lima de Castro
Anderson Santi
Alfredo do Nascimento Junior
Taynara Possebom
Erick Maciel de Araújo*

**Embrapa Trigo
Passo Fundo, RS
2018**

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Trigo
Rodovia BR 285, Km 294
Caixa Postal 3081
Telefone: (54) 3316-5800
Fax: (54) 3316-5802
99050-970 Passo Fundo, RS
<https://www.embrapa.br/fale-conosco>

Comitê Local de Publicações
da Unidade Responsável

Presidente
Leila Maria Costamilan

Membros
Alberto Luiz Marsaro Júnior, Alfredo do Nascimento Junior, Anderson Santi, Genei Antonio Dalmago, Sandra Maria Mansur Scagliusi, Tammy Aparecida Manabe Kiihl, Vladirene Macedo Vieira

Normalização bibliográfica
Maria Regina Martins

Tratamento das ilustrações
Fátima Maria De Marchi

Projeto gráfico da coleção
Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Editoração eletrônica
Fátima Maria De Marchi

Foto da capa
Henrique Pereira dos Santos

1ª edição
versão on-line (2018)

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Trigo

Rendimento de grãos de trigo influenciado por sistemas de manejo de solo e de rotação de culturas. / Henrique Pereira dos Santos... [et al.] – Passo Fundo : Embrapa Trigo, 2018.
28 p. – (Boletim de pesquisa e desenvolvimento online / Embrapa Trigo, ISSN 1677-8901 ; 90).

1. Trigo – Manejo de solo. 2. Trigo – Rotação de cultura. 3. Trigo – Plantio direto. I. Santos, Henrique Pereira dos. II. Série.

CDD: 633.114

© Embrapa, 2018

Sumário

Resumo	5
Abstract	7
Introdução.....	8
Material e Métodos	9
Resultados e Discussão	13
Conclusões.....	26
Referências	26

Rendimento de grãos de trigo influenciado por sistemas de manejo de solo e de rotação de culturas

Henrique Pereira dos Santos¹

Renato Serena Fontaneli²

Genei Antonio Dalmago³

Ricardo Lima de Castro⁴

Anderson Santi⁵

Alfredo do Nascimento Júnior⁶

Taynara Possebom⁷

Erick Maciel de Araújo⁷

Resumo – A adoção de práticas conservacionistas pode afetar as propriedades do solo e, sobretudo, o rendimento das culturas. A rotação de culturas tem sido de suma importância para manter e elevar o rendimento dos cereais de inverno. O objetivo deste documento foi avaliar o efeito de sistemas de manejo de solo e de rotação de culturas em características agrônômicas e no rendimento de grãos de trigo. O experimento foi conduzido em Passo Fundo, RS, de 2011 a 2017, com quatro manejos de solo: sistema plantio direto, cultivo mínimo, preparo convencional de solo com arado de discos e preparo convencional de solo com arado de aiveca, e em três sistemas de rotação de culturas: (I) trigo/soja (monocultura); (II) trigo/soja e ervilhaca/sorgo; e (III) trigo/soja, ervilhaca/sorgo e aveia branca. Rendimento de grãos de trigo cultivado em sistema plantio direto foi superior aos obtidos nos demais sistemas de manejo de solo. Trigo cultivado por dois anos em rotação de culturas obteve maiores peso de 1.000 grãos e rendimento de grãos. Menor

¹ Engenheiro-agrônomo, Dr. em Agronomia/Fitotecnia, pesquisador da Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS.

² Engenheiro-agrônomo, Ph.D. em Agronomia, pesquisador da Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS.

³ Engenheiro-agrônomo, Dr. em Fitotecnia/Agrometeorologia, pesquisador da Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS.

⁴ Engenheiro-agrônomo, Dr. em Genética e Melhoramento, pesquisador da Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS.

⁵ Engenheiro-agrônomo, M.Sc. em Agronomia, pesquisador da Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS.

⁶ Engenheiro-agrônomo, Dr. em Agronomia/Produção Vegetal, pesquisador da Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS.

⁷ Acadêmico(a) de Agronomia da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária/Universidade de Passo Fundo, estagiário(a) da Embrapa Trigo, bolsista PIBIC Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS.

severidade de doenças do sistema radicular ocorreu em trigo no sistema plantio direto e após dois anos de rotação de culturas.

Termos para indexação: plantio direto, preparo convencional do solo, *Triticum aestivum*.

Yield of wheat grains influenced by soil management and crop rotation systems

Abstract – The adoption of soil conservation practices can affect soil properties and crop yield. Crop rotation has been of great importance to maintain and to increase yield of winter cereals. The objective of this paper was to evaluate the effect of soil management systems and crop rotation on agronomic traits and on grain yield of wheat. The experiment was conducted in Passo Fundo, RS, Brazil, from 2011 to 2017, with four soil management systems: no-tillage, minimum tillage, conventional tillage with disc plowing and conventional tillage with a plow, and with three crop rotation systems: (I) wheat/soybean (monoculture); (II) wheat/soybean and vetch/sorghum; and (III) wheat/soybean, vetch/sorghum and white oat. Grain yield of wheat grown in no-tillage system were higher than those obtained in the others soil management systems. Wheat cultivated for two years in crop rotation obtained greater mass of 1,000 grains and higher grain yield. Lower severity of root diseases of wheat occurred in the no-tillage system and after two years of crop rotation.

Index terms: no-tillage, soil convencional tillage, *Triticum aestivum*.

Introdução

Os tipos de manejo de solo e as espécies de cobertura vegetal têm influência significativa na estrutura do solo e nos fluxos de água e ar (Cunha et al., 2011). O preparo convencional normalmente degrada o solo pela redução da cobertura, do estoque de matéria orgânica e da estabilidade de agregados; promove a compactação, a erosão e, assim, a queda do rendimento de grãos de espécies tanto de inverno como de verão. O sistema plantio direto, por outro lado, pela redução do tráfego de máquinas e do revolvimento do solo, associado ao uso de plantas de cobertura, pode preservar e, até mesmo, recuperar a estrutura do solo, mantendo, dessa forma, o sistema agrícola mais produtivo (Santos et al., 2012; Spera et al., 2014).

A distribuição inadequada das espécies de plantas em uma área pode, ao longo do tempo, afetar o rendimento de grãos e de matéria seca das culturas utilizadas (Cardoso et al., 2009). A rotação de culturas, associada à cobertura de solo permanente e ao mínimo revolvimento do solo, compõem os princípios básicos do sistema plantio direto (Franchini et al., 2011). A ausência dessa prática acarreta o surgimento de alterações de ordem química, física e biológica no solo, que podem comprometer a estabilidade do sistema produtivo. Dentre as alterações observadas, destacam-se: diminuição do teor de matéria orgânica do solo, degradação da estrutura do solo, intensificação dos processos erosivos, redução da atividade e diversidade biológica, aumento da incidência e severidade de pragas e de doenças e aumento da infestação de plantas daninhas

De modo geral, para que as lavouras cultivadas com espécies de inverno, visando à colheita de grãos, sejam viáveis economicamente, fazem-se necessárias a redução de perdas, causadas por doenças, e a redução de custos com aplicação de fungicidas. A rotação de culturas, a resistência genética das cultivares às doenças e a sanidade de sementes são as principais medidas de controle que devem ser adotadas, especialmente em sistema plantio direto.

Para rotação de culturas, salientam-se os trabalhos de Ruedell (1955) e Santos et al. (1996; 1998). De acordo com esses autores, a rotação de culturas permite produzir e estabilizar o rendimento de grãos de trigo pela diversificação de espécies.

Ledinghan (1961), no Canada, verificou, em monocultura de trigo, valores mais elevados de severidade de podridão-comum, em comparação a um ano, a dois anos, a três anos e a cinco anos de rotação sem este cereal. Slope et al. (1973), na Inglaterra, observaram diferentes valores de severidade do mal-do-pé entre monocultura de trigo e dois anos de rotação para trigo. Santos et al. (1996), em Guarapuava, PR, constataram que o menor rendimento de grãos e os valores mais elevados de severidade das doenças do sistema radicular ocorreram na monocultura de trigo, em sistema plantio direto, quando comparados a um ano, a dois anos ou a três anos de rotação de culturas sem trigo.

Desta análise, depreende-se que os sistemas conservacionistas de manejo de solo podem produzir mais do que os sistemas de preparo convencionais de solo, bem como a rotação de culturas por um ano ou dois anos para o trigo é mais produtiva do que a monocultura de trigo.

Ao se cultivar cereais de inverno na região Sul do Brasil, deve-se observar as indicações da pesquisa para cada espécie, principalmente aquelas produtoras de grãos, como trigo, cevada, aveia branca e triticale. Dentre as práticas que compõem estas indicações de cultivo, destaca-se a rotação de culturas envolvendo cereais de inverno e outras espécies, que têm sido alvo de pesquisa na Embrapa Trigo desde a década de 1980 (Santos et al., 2012).

O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito de tipos de manejo de solo e de rotação de culturas em características agrônômicas e no rendimento de grãos de trigo em um período de sete anos.

Material e Métodos

O ensaio está instalado no município de Passo Fundo, RS (28° 15' S, 52° 24' W e 684 m de altitude) desde 1985, em solo classificado como Latossolo Vermelho Distrófico típico (Streck et al., 2008), de textura muito argilosa com relevo suave ondulado, e com teores médios de argila de 72%, de silte, 13% e de areia, 15%. O clima da região é do tipo Cfa, com temperatura média anual de 17,5 °C e precipitação anual de 1.750 mm bem distribuída durante o ano, sem estação seca (Brasil, 1973).

Os resultados apresentados nesse trabalho referem-se aos anos de 2011 a 2017. A adubação de manutenção foi realizada de acordo com a indicação para cada cultura (aveia branca, soja, sorgo ou trigo), baseada nos resultados da análise de solo (Manual..., 2016). As cultivares de trigo usadas foram BRS 296 (2011 e 2012), BRS Parrudo (de 2013 a 2016) e BRS Marcante (2017). A semeadura, o controle de plantas daninhas e os tratamentos fitossanitários foram realizados conforme indicação para as culturas de soja, trigo e milho (Reunião... 2014a; 2014b; 2017) .

Foi usado delineamento experimental de blocos ao acaso, com parcelas subdivididas e três repetições. A parcela principal foi constituída pelos sistemas de manejo de solo, e as subparcelas, pelos sistemas de rotação de culturas. A área da parcela principal foi de 360 m² (4 m de largura por 90 m de comprimento), e da subparcela, 40 m² (4 m de largura por 10 m de comprimento). Os tratamentos das parcelas principais foram constituídos por quatro sistemas de manejo de solo: 1) sistema plantio direto, 2) cultivo mínimo com escarificador de hastes, 3) preparo convencional de solo com arado de discos e grade de discos; e 4) preparo convencional de solo com arado de aiveca e grade de discos. Nas subparcelas, foram alocados três sistemas de rotação de culturas de inverno/verão: sistema I (trigo/soja, sem rotação para trigo), sistema II (trigo/soja e ervilhaca/sorgo, considerando um ano de rotação para trigo) e sistema III (trigo/soja, ervilhaca/sorgo e aveia branca/soja, considerando dois anos de rotação para trigo). Na Figura 1, pode ser observada uma vista parcial do experimento. O esquema dos tratamentos é apresentado na Tabela 1.

No estágio de grão em massa e antes da colheita, foram coletadas 100 plantas e 20 espigas ao acaso, para determinação da severidade de doenças do sistema radicular e de componentes do rendimento, respectivamente. Posteriormente, foi contado o número de espigas/m² e medida a estatura de plantas.

A avaliação da severidade de doenças do sistema radicular (mal do pé, causado por *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici*, e podridão-comum, causada por *Bipolaris sorokiniana*) foi realizada pelo método de Reis et al. (1985). Os dados originais foram transformados em arco seno \sqrt{x} . A colheita de grãos foi efetuada com colhedora para parcelas experimentais. Além destas, foram efetuadas as seguintes avaliações: população inicial de plantas, número de

espigas em dois metros de linha espaçadas de 0,17 m por parcela (0,68 m²), peso do hectolitro, rendimento de grãos (com umidade corrigida para 13%) e peso de 1.000 grãos. O rendimento de grãos de trigo foi quantificado a partir da colheita de 6 linhas, espaçadas de 0,17 m por 10 m de comprimento (10,2 m²) da parcela. A quantidade de palha na superfície do solo foi avaliada pela coleta de 0,50 m² de resíduo remanescente, após a colheita das culturas de verão.

Foi efetuada análise de variância do rendimento de grãos, de algumas características agronômicas e da severidade de doenças do sistema radicular de trigo (dentro de cada ano e na média conjunta dos anos de 2011 a 2017). Considerou-se o efeito dos tratamentos (diferentes tipos de manejos de solo e de sistemas de rotação de culturas) como fixo, e o efeito do ano, como aleatório. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey a nível de 5% de probabilidade de erro, utilizando o programa estatístico SAS (SAS Institute, 2014).



Foto: Henrique Pereira dos Santos

Figura 1. Vista parcial da área do experimento de sistemas de manejo de solo e de rotação de culturas. Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS.

Tabela 1. Sistemas de manejo de solo e de rotação de culturas.

Sistema de produção	Manejo do solo				Rotação de cultura/Ano											
	2011/2012	2012/2013	2013/2014	2014/2015	2015/2016	2016/2017	2017/2018	2011/2012	2012/2013	2013/2014	2014/2015	2015/2016	2016/2017	2017/2018		
Sistema I	PD	PCD	PCA	PM	T/S	T/S	T/S	T/S	T/S	T/S	T/S	T/S	T/S	T/S	T/S	
	PCD				T/S	T/S	T/S	T/S	T/S	T/S	T/S	T/S	T/S	T/S	T/S	
	PCA				T/S	T/S	T/S	T/S	T/S	T/S	T/S	T/S	T/S	T/S	T/S	
	PM				T/S	T/S	T/S	T/S	T/S	T/S	T/S	T/S	T/S	T/S	T/S	
Sistema II	PD	PCD	PCA	PM	E/So	T/S	E/So	T/S	E/So	T/S	E/So	T/S	E/So	T/S	E/So	
	PD	PCD	PCA	PM	T/S	E/So	T/S	E/So	T/S	E/So	T/S	E/So	T/S	E/So	T/S	
Sistema III	PD	PCD	PCA	PM	E/So	Ab/S	T/S	E/So	Ab/S	T/S	E/So	Ab/S	T/S	E/So	E/So	
	PD	PCD	PCA	PM	Ab/S	T/S	E/So	Ab/S	T/S	E/So	Ab/S	T/S	E/So	Ab/S	Ab/S	
	PD	PCD	PCA	PM	T/S	E/So	Ab/S	T/S	E/So	Ab/S	T/S	E/So	Ab/S	T/S	T/S	

PD: plantio direto; PCD: preparo convencional de solo com arado de discos; PCA: preparo convencional de solo com arado de aivecas; PM: cultivo mínimo.
 Ab: aveia branca, Ap: aveia preta, E: ervilhaca, M: milho, S: soja, So: sorgo, T: trigo.

Resultados e Discussão

A análise conjunta dos anos da população inicial de plantas, da população final de plantas, da massa de 1.000 grãos, da massa hectolétrica, da severidade de doenças do sistema radicular de plantas e do rendimento de grãos de trigo, apresentou significância para o fator ano ($p > 0,01$), indicando que essas características foram afetadas pelas variações meteorológicas ocorridas entre os anos. No período de avaliação, a população inicial de plantas, a população final de plantas, a massa de 1.000 grãos, a massa hectolétrica, a severidade de doenças do sistema radicular de plantas e o rendimento de grãos de trigo, em alguns anos e na média desses anos, mostraram diferenças significativas entre os tipos de manejos de solo e de rotação de culturas.

No período de avaliação, a população inicial de plantas, o número de espiguetas por espigas, o peso de 1.000 grãos, o peso do hectolitro, a severidade de doenças de plantas e o rendimento de grãos de trigo, em alguns anos e na média desses anos, mostraram diferenças significativas entre os tipos de manejos de solo e de rotação de culturas. Não houve efeito para a interação sistemas de manejo de solo x sistemas de rotação de culturas e nem para interação tripla ano x sistemas de manejo de solo x rotação de culturas. Resultados similares para ano, para sistemas de manejo de solo e para sistemas de rotação de culturas foram relatados por Langdale et al. (1990).

Sistemas de manejo de solo

População inicial de plantas - Na avaliação anual, houve diferenças entre as médias da população inicial de plantas, em dois anos: em 2011, a população inicial de plantas foi maior no trigo cultivado após preparo convencional de solo com arado de aivecas (413 plantas/m²) em relação ao trigo semeado no cultivo mínimo (356 plantas/m²); em 2016, houve maior número de plantas no trigo cultivado no sistema plantio direto (224 plantas/m²) em comparação ao trigo cultivado no preparo convencional de solo com arado de discos (170 plantas/m²) e no cultivo mínimo (177 plantas/m²). Provavelmente em 2016, o sistema plantio direto conseguiu conservar mais umidade que os sistemas onde houve movimentação do solo. Na média conjunta dos anos, o trigo cultivado em preparo convencional de solo com arado de discos apresentou maior população inicial de plantas em comparação ao trigo cultivado no culti-

vo mínimo, não se diferenciando dos sistemas preparo convencional de solo com arado de aiveca e sistema plantio direto (Figura 2). A maior população inicial de plantas de trigo para sistemas de manejo de solo foi observada no ano de 2013 (389 plantas/m²), seguido de 2014 (356 plantas/m²).

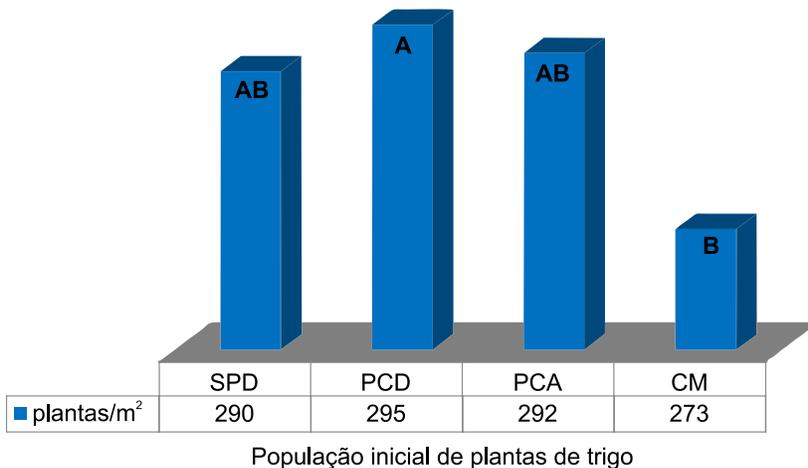


Figura 2. População inicial de plantas de trigo em diferentes sistemas de preparo do solo, de 2011 a 2017. Médias seguidas da mesma letra maiúscula, não apresentam diferenças pelo teste de Tukey, a nível de 5% de probabilidade.

SPD: sistema plantio direto, PCD: preparo convencional de solo com arado de discos, PCA: preparo convencional de solo com arado de aiveca, e CM: cultivo mínimo com escarificador de hastes.

Número de espigas/m² - Entre os anos estudados, não houve diferenças significativas para o número de espigas de trigo de acordo com os tipos de manejo de solo. Porém, na média conjunta dos anos, o trigo cultivado no sistema plantio direto apresentou maior número de espigas do que o trigo cultivado no cultivo mínimo (Figura 3).

Peso de 1.000 grãos - Na avaliação anual, houve diferenças entre as médias do peso de 1.000 grãos somente em 2015, sendo mais elevado no trigo produzido no cultivo mínimo (34 g) em relação ao trigo cultivado no preparo convencional de solo com arado de discos (31 g). Na média conjunta dos anos, as parcelas de trigo cultivado no sistema plantio direto e no cultivo mínimo mostraram maior peso de 1.000 grãos, não se diferenciaram dos preparos convencionais de solo com arado de discos e com arado de aiveca (Figura 4).

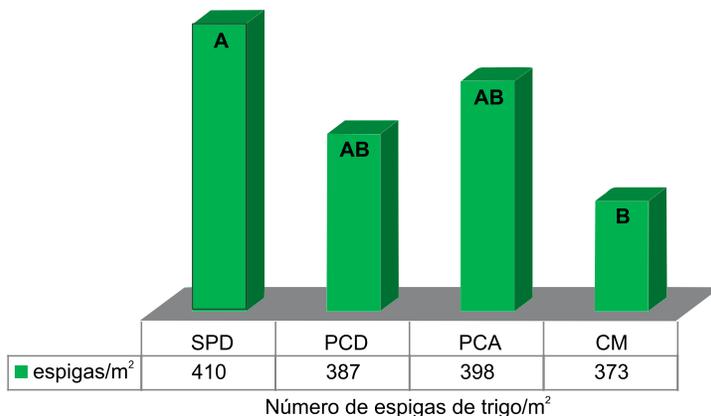


Figura 3. Número de espigas de trigo/m² em diferentes sistemas de preparo do solo, de 2011 a 2017. Médias seguidas da mesma letra maiúscula, não apresentam diferenças pelo teste de Tukey, a nível de 5% de probabilidade.

SPD: sistema plantio direto, PCD: preparo convencional de solo com arado de discos, PCA: preparo convencional de solo com arado de aiveca e CM: cultivo mínimo com escarificador de hastes.

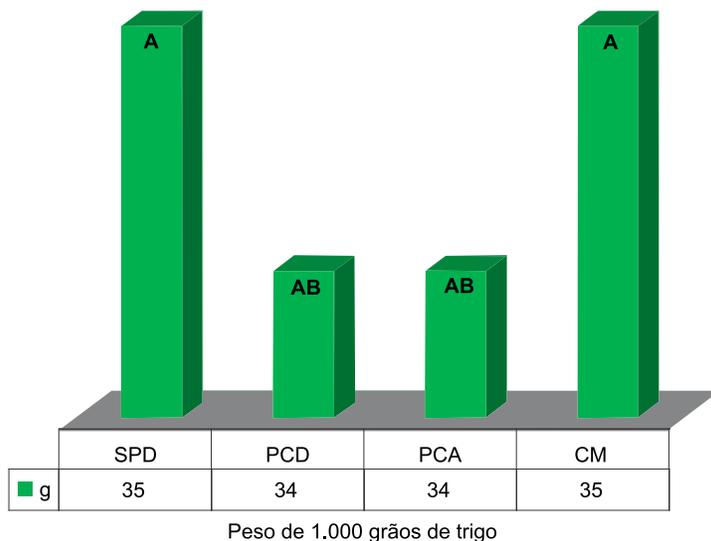


Figura 4. Peso de 1.000 grãos de trigo em diferentes sistemas de preparo do solo, de 2011 a 2017. Médias seguidas da mesma letra maiúscula, não apresentam diferenças pelo teste de Tukey, a nível de 5% de probabilidade.

SPD: sistema plantio direto, PCD: preparo convencional de solo com arado de discos, PCA: preparo convencional de solo com arado de aiveca e CM: cultivo mínimo com escarificador de hastes.

Peso do hectolitro - Considerando a avaliação anual, houve diferença entre as médias do peso do hectolitro nos anos de 2012 e de 2016. Em 2012, o trigo cultivado no preparo de solo com arado de discos apresentou maior peso do hectolitro do que o cultivado no sistema plantio direto, enquanto que, em 2016, ocorreu o inverso. Na média conjunta dos anos, os trigos cultivados no sistema plantio direto e nos preparos convencionais de solo com arados de discos e com arado de aiveca apresentaram maiores pesos do hectolitro, em comparação ao trigo cultivado no cultivo mínimo (Figura 5). O maior peso do hectolitro para tipos de manejo de solo foi verificado no ano de 2013 (80 kg hL⁻¹). Em 2017 também ocorreu peso do hectolitro dentro do padrão aceitável para comercialização do trigo (78 kg hL⁻¹).

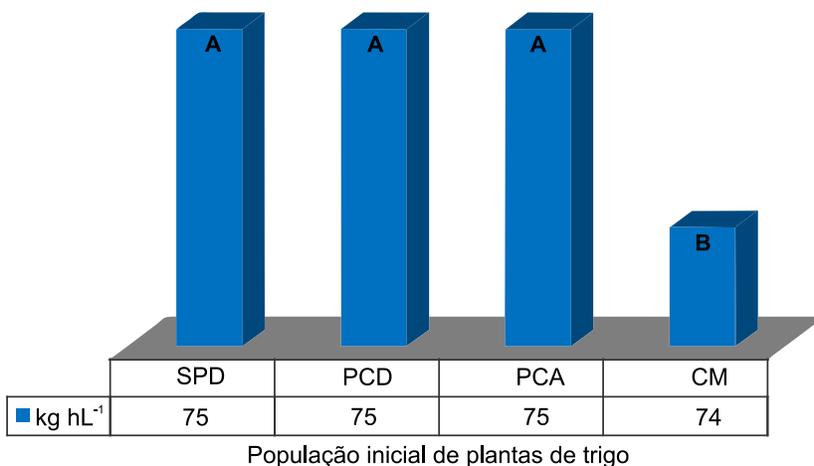
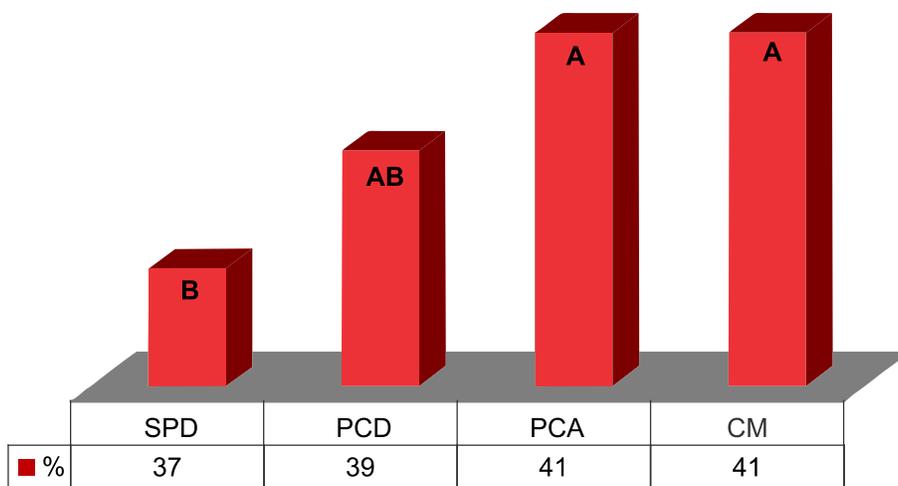


Figura 5. Peso do hectolitro de trigo em diferentes sistemas de preparo do solo, de 2011 a 2017. Médias seguidas da mesma letra maiúscula, não apresentam diferenças pelo teste de Tukey, a nível de 5% de probabilidade.

SPD: sistema plantio direto, PCD: preparo convencional de solo com arado de discos, PCA: preparo convencional de solo com arado de aiveca e CM: cultivo mínimo com escarificador de hastes.

Severidade de doenças do sistema radicular - Na avaliação anual, houve diferenças entre as médias da severidade de mal do pé e de podridão-comum em 2015, sendo menor no trigo cultivado no sistema plantio direto (40%) em relação ao trigo cultivado no preparo convencional de solo com arado de discos (53%). Essa tendência repetiu-se no sistema plantio direto, na média conjunta dos anos, em comparação ao sistema de preparo

convencional de solo com arado de discos e ao cultivo mínimo, porém sendo igual ao preparo convencional de solo com arado de discos (Figura 6). Os resultados obtidos anteriormente por Santos et al. (2000; 2006), nos períodos de 1988 a 1997 e de 1998 a 2002, também mostraram valores menores de severidade no sistema plantio direto em relação aos sistemas de preparo do solo (com arado de discos e com arado de aivecas), sendo atribuídos a condições climáticas distintas.



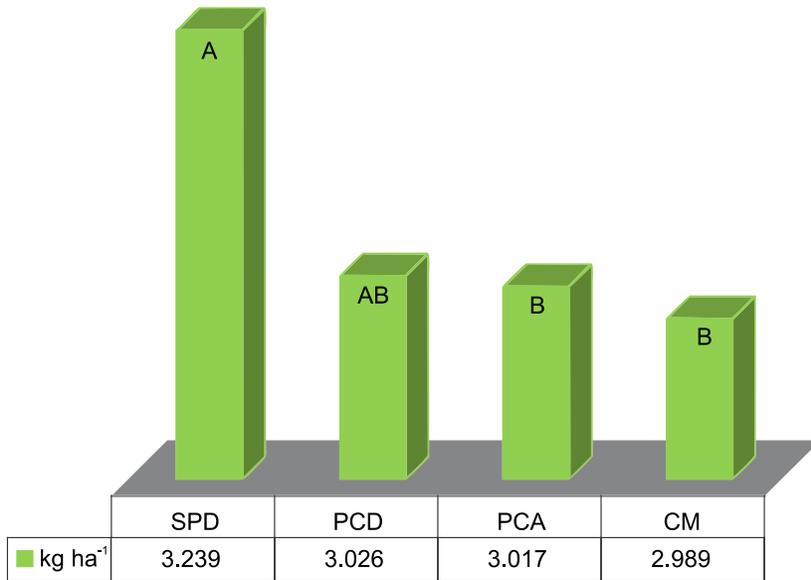
Severidade de doenças no sistema radicular de trigo

Figura 6. Severidade média de doenças (mal do pé e podridão comum) do sistema radicular de trigo em diferentes sistemas de preparo do solo, de 2011 a 2017. Médias seguidas da mesma letra maiúscula, não apresentam diferenças pelo teste de Tukey, a nível de 5% de probabilidade.

SPD: sistema plantio direto, PCD: preparo convencional de solo com arado de discos, PCA: preparo convencional de solo com arado de aiveca e CM: cultivo mínimo com escarificador de hastes.

Rendimento de grãos - Na avaliação anual, houve diferenças entre as médias do rendimento de grãos somente em 2015, quando o trigo cultivado no sistema plantio direto apresentou maior rendimento de grãos (2.475 kg ha⁻¹) do que o trigo cultivado no sistema de cultivo mínimo (1.861 kg ha⁻¹). Na média conjunta dos anos, o trigo cultivado no sistema plantio direto destacou-se para rendimento de grãos em relação ao trigo cultivado no preparo convencional de solo com arado de aivecas e no cultivo mínimo (Figura 7), sendo semelhante ao trigo cultivado em preparo convencional de solo com

arado de discos. O maior rendimento de grãos de trigo cultivado no sistema plantio direto pode ser explicado, em parte, pelo maior número de espigas, pelo maior peso de 1.000 grãos e pela menor severidade de doenças do sistema radicular.



Rendimento de grãos de trigo

Figura 7. Rendimento de grãos de trigo em diferentes sistemas de manejo de solo, de 2011 a 2017. Médias seguidas da mesma letra maiúscula, não apresentam diferenças pelo teste de Tukey, a nível de 5% de probabilidade.

SPD: sistema plantio direto, PCD: preparo convencional de solo com arado de discos, PCA: preparo convencional de solo com arado de aiveca, CM: cultivo mínimo com escarificador de hastes

Resultados semelhantes foram encontrados por Ruedell (1995), ao destacar que o rendimento de trigo foi o mais influenciado pelos tipos de manejo do solo em oito anos dentre nove estudados, em sistema plantio direto, sendo superior ao do preparo de solo com grade pesada de discos. Além disso, o autor concluiu que tanto no sistema plantio direto quanto no preparo convencional de solo com grade pesada de discos, o de trigo foi dependente da rotação de culturas.

O maior rendimento de grãos de trigo, para todos os tipos de manejo de solo, foi observado no ano de 2016 (4.508 kg ha⁻¹), enquanto que os menores

rendimentos de grãos ocorreram nos anos de 2012 (2.263 kg ha⁻¹) e de 2015 (2.166 kg ha⁻¹). Destaca-se que as condições meteorológicas em 2016 foram adequadas para o crescimento, o desenvolvimento e a produção dos cereais de inverno.

Deve-se considerar que as espécies, de maneira geral, possuem um estágio de desenvolvimento no qual a deficiência hídrica causa maior redução no rendimento de grãos. No caso do trigo, ocorre do estágio de folha bandeira ao estágio de antese, que, nas condições da região sul-brasileira, na maioria das vezes manifesta-se no fim de agosto (Rodrigues et al., 1998). A quantidade de precipitação pluvial requerida para a cultura de trigo completar seu ciclo é de, aproximadamente, 322 mm (Matzenauer, 1992). Entretanto, na região de Passo Fundo, RS, a precipitação pluvial normal para o período é de 822 mm (Brasil, 1992). A maior capacidade de armazenamento de água nos períodos críticos pode explicar, em parte, a diferença em rendimento de grãos entre sistemas conservacionistas e sistemas convencionais de preparo de solo.

Quantidade de resíduos - Considerando os resíduos remanescentes de 2011 a 2017, diferenças entre os tipos de manejo de solo e de rotação de culturas. A quantidade média de palha sobre o solo, avaliada no fim do verão de cada ano, foi de 4,4 t ha⁻¹ no sistema plantio direto, valor superior ao preparo convencional de solo com arado de discos (3,7 ha⁻¹) e ao cultivo mínimo (3,9 ha⁻¹). O preparo convencional com arado de aiveca situou-se em uma posição intermediária para quantidade de palha remanescente (4,0 ha⁻¹).

Sistemas de rotação de culturas

População inicial de plantas - Entre os anos estudados, não houve diferença significativa para a população inicial de plantas de trigo cultivado entre os sistemas de rotação de culturas. Na média conjunta dos anos, trigo cultivado em monocultura mostrou maior população inicial de plantas de trigo em comparação ao trigo cultivado com um ano de rotação de culturas (Figura 8), sendo semelhante ao trigo cultivado no sistema de rotação trigo/soja, ervilhaca/milho e aveia branca/soja. A maior população inicial de plantas de trigo, em sistemas de rotação de culturas, foi verificada no ano de 2013 (389 plantas/m²), seguida de 2014 (356 plantas/m²).

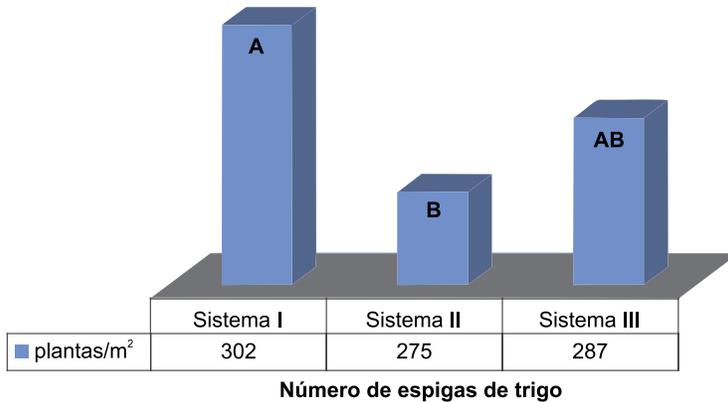


Figura 8. População inicial de plantas de trigo em diferentes sistemas de rotação de culturas, de 2011 a 2017. Médias seguidas da mesma letra maiúscula, não apresentam diferenças pelo teste de Tukey, a nível de 5% de probabilidade.

Sistema I: trigo/soja; Sistema II: trigo/soja e ervilhaca/sorgo; Sistema III: trigo/soja, ervilhaca/milho e aveia branca/soja.

Número de espigas/m² - Na avaliação anual, houve diferença entre as médias do número de espigas em 2013, no trigo cultivado em monocultura (347 plantas/m²), com número de espigas mais elevado do que no trigo cultivado por um ano (296 plantas/m²). Na média conjunta dos anos, não houve diferenças significativas entre os sistemas de rotação de culturas (Figura 9).

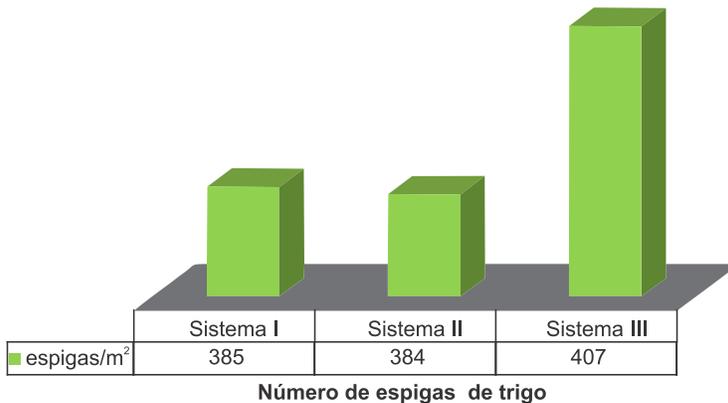


Figura 9. Número de espigas de trigo/m² em diferentes sistemas de rotação de culturas, de 2011 a 2017. Ns: não significativo pelo teste de Tukey, a nível de 5% de probabilidade.

Sistema I: trigo/soja; Sistema II: trigo/soja e ervilhaca/sorgo; Sistema III: trigo/soja, ervilhaca/milho e aveia branca/soja.

Peso de 1.000 grãos - Houve diferença entre as médias anuais do peso de 1.000 grãos de 2012 a 2015, quando o trigo cultivado com dois anos de rotação de culturas destacou-se em relação ao trigo cultivado em monocultura. Na média conjunta dos anos, o peso de 1.000 grãos de trigo após dois anos de rotação de culturas foi superior ao peso de trigo após um ano de rotação e este, superior ao peso de trigo em monocultura (Figura 10).

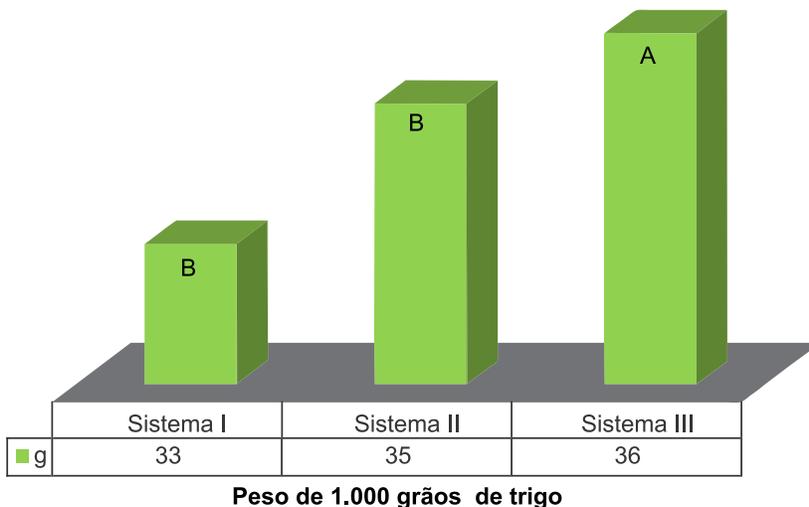


Figura 10. Peso de 1.000 grãos de trigo em diferentes sistemas de rotação de culturas, de 2011 a 2017. Médias seguidas da mesma letra maiúscula, não apresentam diferenças pelo teste de Tukey, a nível de 5% de probabilidade.

Sistema I: trigo/soja; Sistema II: trigo/soja e ervilhaca/sorgo; Sistema III: trigo/soja, ervilhaca/milho e aveia branca/soja.

Peso do hectolitro - Houve diferenças em 2013 e 2014, quando o trigo cultivado após dois anos de rotação foi superior ao trigo cultivado em monocultura. Trigo cultivado após um ano de rotação situou-se em posição intermediária. Na média conjunta dos anos, o peso do hectolitro de trigos cultivados após um ou dois anos de rotação de culturas foram semelhantes entre si e superiores ao peso do hectolitro de trigo em monocultura (Figura 11). O maior peso do hectolitro, entre todos os sistemas de rotação de culturas, ocorreu em 2013 (80 kg hL⁻¹). Em 2017, também ocorreu peso do hectolitro dentro do padrão aceitável para comercialização do trigo (78 kg hL⁻¹).

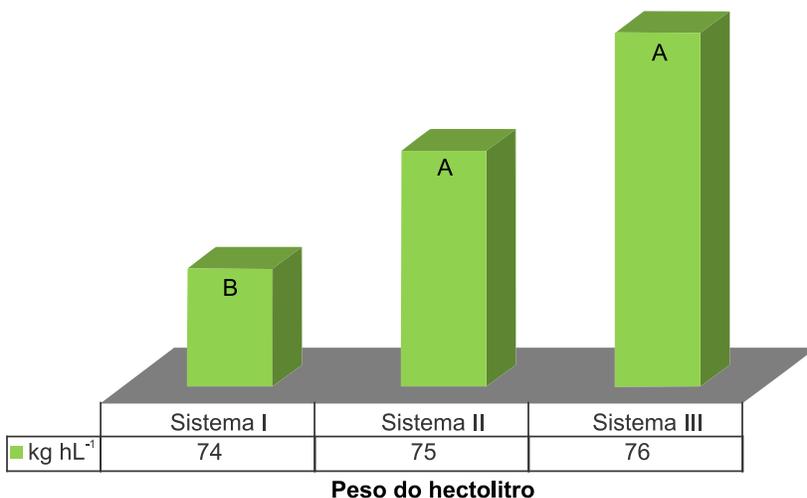
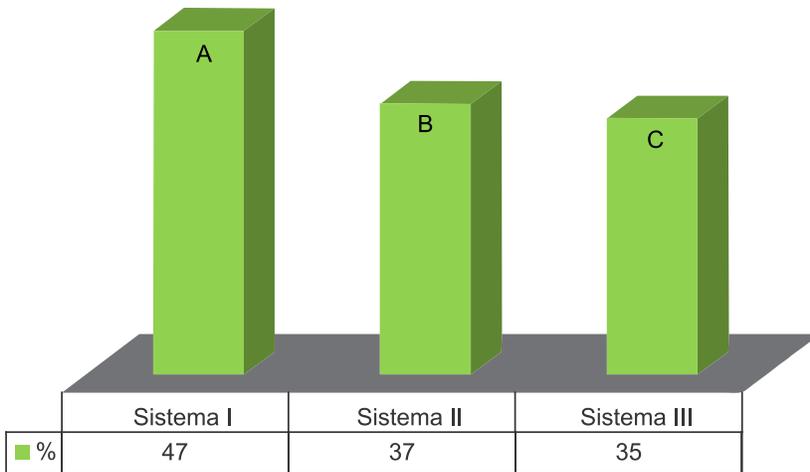


Figura 11. Peso do hectolitro de trigo em diferentes sistemas de rotação de culturas, de 2011 a 2017. Médias seguidas da mesma letra maiúscula, não apresentam diferenças pelo teste de Tukey, a nível de 5% de probabilidade.

Sistema I: trigo/soja; Sistema II: trigo/soja e ervilhaca/sorgo; Sistema III: trigo/soja, ervilhaca/milho e aveia branca/soja.

Severidade de doenças do sistema radicular - Na avaliação anual, houve diferenças entre as médias de severidade de mal do pé e de podridão-comum em dois anos (2012 e 2013), quando foi menor em trigo cultivado em monocultura, em comparação a trigo cultivado após um ou dois anos de rotação de culturas. Porém, em 2014, a maior severidade ocorreu em monocultura em relação ao trigo cultivado após dois anos de rotação de culturas. As doenças do sistema radicular do trigo têm se manifestado em valores mais elevados, principalmente, na monocultura de trigo, em anos com elevada precipitação pluvial. Na média conjunta dos anos, trigo cultivado em monocultura apresentou severidade mais elevada de doenças do sistema radicular do que trigo cultivado após um ano e este, superior ao trigo cultivado após dois anos de rotação de culturas (Figura 12). Esses valores de severidade de doenças do sistema radicular do trigo encontram-se em limiar relativamente baixo, quando comparado anteriormente por Santos et al. (2006) e podem ser atribuídos a condições climáticas distintas entre os períodos de avaliações.



Número de espigas por planta de trigo

Figura 12. Severidade de doenças do sistema radicular de trigo (mal do pé e podridão-comum) em diferentes sistemas de rotação de culturas, de 2011 a 2017. Médias seguidas da mesma letra maiúscula não apresentam diferenças pelo teste de Tukey, a nível de 5% de probabilidade.

Sistema I: trigo/soja; Sistema II: trigo/soja e ervilhaca/sorgo; Sistema III: trigo/soja, ervilhaca/milho e aveia branca/soja.

Slope et al. (1973) verificaram que monocultura (35%) e dois anos de rotação com culturas não hospedeiras (3%) diferiram para severidade do mal do pé. Santos et al. (1996), estudando efeitos do sistema plantio direto, observaram valores mais elevados de severidade de podridões de raízes de trigo em monocultura (39%) do que em trigo cultivado em rotação de um (12%), dois (9%) e três anos (11%) de rotação. Santos et al. (1998) observaram os seguintes percentuais de severidade de doenças do sistema radicular: monocultura de trigo (50%), um (13%), dois (10%), três anos (10%) de rotação, dois anos de rotação e dois com trigo (13% e 16%) e três anos de rotação e dois com trigo (12% e 19%). Esses dados significam que a rotação de culturas, por um ou dois invernos, sem trigo, é eficiente no controle das doenças do sistema radicular de trigo, na região de Passo Fundo, RS.

Rendimento de grãos - Houve diferenças nos anos de 2011, de 2014 e de 2017 para o trigo cultivado após um ou dois anos de rotação de culturas, com valores maiores de rendimentos de grãos do que com trigo cultivado em monocultura. Nos anos de 2012, de 2013, de 2015 e de 2016, o rendimento

de trigo cultivado após dois anos de rotação de culturas foi superior aos de trigo cultivado em monocultura e após um ano de rotação. Na média conjunta dos anos, trigo cultivado após dois anos de rotação de culturas teve maior rendimento de grãos que trigo cultivado após um ano de rotação e este foi superior a trigo cultivado em monocultura (Figura 13).

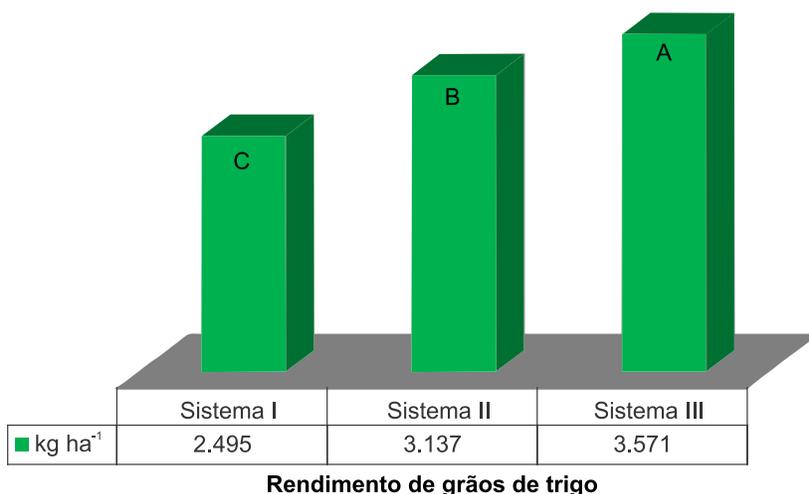


Figura 13. Rendimento de grãos de trigo em diferentes sistemas de rotação de culturas, de 2011 a 2017. Médias seguidas da mesma letra maiúscula não apresentam diferenças pelo teste de Tukey, a nível de 5% de probabilidade.

Sistema I: trigo/soja; Sistema II: trigo/soja e ervilhaca/sorgo; Sistema III: trigo/soja, ervilhaca/milho e aveia branca/soja.

Esperava-se que, no sistema com um ano de rotação, o rendimento de grãos fosse semelhante ao trigo com dois anos de rotação, conforme observado em estudos com sistemas de rotação para essa espécie desenvolvido por Santos et al. (1996) em Guarapuava, PR, e por Santos et al. (1998) em Passo Fundo, RS, nos quais foram comparados vários sistemas de rotação de culturas. Cabe salientar que o trigo foi cultivado após gramínea (sorgo), no sistema com um ano de rotação, e após leguminosa (soja), com dois anos de rotação. Assim, o efeito do sorgo na dinâmica do nitrogênio pode ter penalizado o rendimento de grãos de trigo em relação ao sistema com soja, pois a adubação nitrogenada aplicada no trigo foi a mesma nos dois sistemas. Deve ser levado em consideração que, nesse período de estudo, o trigo com dois anos de rotação de culturas apresentou maior número de espiguetas por

espiga e maior peso de grãos por planta do que o trigo com um ano de rotação, o que pode ter influenciado, também, no rendimento de grãos. Schaffner e Bregante (1984) avaliaram os efeitos residuais de girassol, de milho, de soja e de sorgo no rendimento de grãos de trigo e, com todos os resíduos, ocorreram efeitos alelopáticos sobre o rendimento, sendo que o resíduo remanescente de sorgo foi o que mais afetou negativamente a cultura de trigo.

Em vários trabalhos, constatou-se menor rendimento de grãos de trigo em monocultura, em comparação a sistemas de rotação de culturas. Slope et al. (1973) constataram que, na monocultura de trigo, houve menor rendimento (4.530 kg ha^{-1}) do que em trigo cultivado após dois anos de rotação (5.460 kg ha^{-1}). Sturz e; Bernier (1989) observaram que trigo em monocultura rendeu menos (3.179 kg ha^{-1}) do que em um ano de rotação, em alternância com colza (4.203 kg ha^{-1}) ou linho (4.076 kg ha^{-1}). Santos et al. (1996) verificaram, em sistema plantio direto, que o menor rendimento de grãos ocorreu na monocultura de trigo (3.014 kg ha^{-1}) em comparação com um (3.355 kg ha^{-1}), dois (3.494 kg ha^{-1}) ou três anos de rotação sem trigo (3.362 kg ha^{-1}). Santos et al. (1998), em áreas com preparo convencional de solo, no inverno, e semeadura direta, no verão, também verificaram menor rendimento de grãos com trigo em monocultura (2.238 kg ha^{-1}) do que após um (3.502 kg ha^{-1}), dois (3.403 kg ha^{-1}) ou três anos de rotação (3.629 kg ha^{-1}), ou dois anos de rotação e dois com trigo (3.476 kg ha^{-1} e 3.290 kg ha^{-1}) e três anos de rotação e dois anos com trigo (3.557 kg ha^{-1} e 3.528 kg ha^{-1}).

O maior rendimento de grãos de trigo cultivado com dois anos de rotação de culturas pode ser explicado, em parte, pelo maior peso de 1.000 grãos e pela menor severidade de doenças do sistema radicular. Para os demais componentes do rendimento (número de espigas, número de grãos e peso de grãos por planta de trigo), não houve diferenças entre as médias das avaliações anuais e nem na avaliação conjunta dos mesmos. O maior rendimento de grãos de trigo para os sistemas de rotação de culturas foi observado no ano de 2016 (4.508 kg ha^{-1}), enquanto que os menores rendimentos de grãos ocorreram nos anos de 2012 (2.263 kg ha^{-1}) e de 2015 (2.166 kg ha^{-1}). Provavelmente, em função de anos mais favoráveis meteorologicamente para o trigo, ou seja, houve precipitação adequada e dentro dos períodos críticos da cultura.

Conclusões

Trigo cultivado em sistema plantio direto apresenta números superiores de espigas, de peso de 1.000 grãos e de rendimento de grãos, e menor severidade de doenças no sistema radicular.

Trigo cultivado após um ou dois anos de rotação de culturas apresenta maiores massa de 1.000 grãos e rendimento de grãos, e menor severidade de doenças do sistema radicular.

Referências

BRASIL. Ministério da Agricultura. Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária. Divisão de Pesquisa Pedológica. **Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Rio Grande do Sul**. Recife, 1973. 431 p. (Boletim Técnico, 30).

BRASIL. Ministério da Agricultura e da Reforma Agrária. Departamento Nacional de Meteorologia. **Normais climatológicas (1961-1990)**. Brasília, DF, 1992. 84 p.

CARDOSO, E. L.; SILVA, M. L. N.; MOPREIRA, F. M. S.; CURI, N. Atributos biológicos indicadores da qualidade do solo em pastagem cultivada e nativa do Pantanal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 6, p. 631-637, 2009.

CUNHA, E. Q.; STONE, L. F.; MOREIRA, J. A. A.; FERREIRA, E. P. B.; DIDONET, A. D.; LEANDRO, W. M. Sistemas de preparo do solo e culturas de cobertura na produção orgânica de feijão e milho. I – Atributos físicos do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, n. 2, p. 389-602, 2011.

FRANCHINI, J. C.; COSTA, J. M. DA; DEBIASI, H. Rotação de culturas: prática que confere maior sustentabilidade à produção agrícola no Paraná. **Informações Agrômicas**, Piracicaba, n. 134, p. 1-13, 2011.

LANGDALE, G. W.; WILSON, R. L.; BRUCE, R. R. Cropping frequencies to sustain long-term conservation tillage systems. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 54, n. 1, p. 193-198, 1990.

LEDINGHAN, R. J. Crop rotation and common root in wheat. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 41, n. 3, p. 479-486, 1961.

MANUAL de calagem e adubação para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. 11. ed. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Núcleo Regional Sul, Comissão de Química e Fertilidade do Solo - RS/SC, 2016. 376 p.

MATZENAUER, R. Evapotranspiração de plantas cultivadas e coeficientes de cultura. In: BERGAMASCHI, H.; BERLATO, M. A.; MATZENAUER, R.; FONTANA, D. C.; CUNHA, G. R.; SANTOS, M. L. V. dos; FARIAS, J. R. B.; BARNI, N. A. **Agrometeorologia aplicada à irrigação**. Porto Alegre: UFRGS, 1992. Cap. 3, p. 33-47.

REIS, E. M.; SANTOS, H. P. dos; PEREIRA, L. R. Rotação de culturas. IV. Efeito sobre o mosaico e doenças radiculares do trigo em 1983. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 10, n. 3, p. 637-642, 1985.

REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO E TRITICALE, 8., 2014, Canela. **Informações técnicas para trigo e triticale – safra 2015**. Brasília, DF: Embrapa, 2014a. 229 p.

REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL, 40., 2014, Pelotasb. **Indicações técnicas para a cultura de soja no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina, safras 2014/2015 e 2015/2016**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2014b. 124 p.

REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DO MILHO E SORGO, 62 e 45., 2017. REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DE PESQUISA DE MILHO, 62.; REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DE PESQUISA DE SORGO, 45., 2017, Sertão. **Indicações técnicas para o cultivo de milho e de sorgo no Rio Grande do Sul, safras 2017/2018 e 2018/2019**. Brasília, DF: Embrapa, 2017. 209 p.

RODRIGUES, O.; LHAMBY, J. C. B.; DIDONET, A. D.; MARCHESE, J. A.; SCIPIONI, C. Efeito da deficiência hídrica na produção de trigo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 6, p. 839-846, 1998.

RUEDELL, J. **Plantio direto na região de Cruz Alta**. Cruz Alta: Fundação Centro de Experimentação e Pesquisa (Fundacep Fecotrigo), 1995. 134 p.

SANTOS, H. P. dos; FONTANELI, R. S.; CAIERÃO, E.; DREON, G.; LAMPERT, E. A. Sistemas de manejo e rotação de culturas no rendimento de grãos e nas características agrônomicas de trigo. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 7, n. 3, p. 478-484, 2012.

SANTOS, H. P. dos; LHAMBY, J. C. B.; PRESTES, A. M.; REIS, E. M. Características agrônomicas e controle de doenças radiculares de trigo, em rotação com outras culturas de inverno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 3, p. 277-288, 1998.

SANTOS, H. P. dos; LHAMBY, J. C. B.; PRESTES, A. M.; LIMA, M. R. Efeito de sistemas de manejos de solo e de rotação de culturas de inverno no rendimento de grãos de trigo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 12, p. 2355-2361, dez. 2000.

SANTOS, H. P. dos; LHAMBY, J. C. B.; SPERA, S. T.; ÁVILA, A. Efeito de práticas culturais sobre o rendimento e outras características agrônomicas de trigo. *Bragantia*, Campinas, v. 65, n. 4, p. 667-677, 2006.

SANTOS, H. P. dos; REIS, E. M.; LHAMBY, J. C. B.; WOBETO, C. Efeito da rotação de culturas sobre o trigo, em sistema plantio direto, em Guarapuava, PR. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 4, p. 259-267, 1996.

SAS Institute. **SAS system for Microsoft Windows**: vVersion 9.4. Cary, 2014.

SCHAFFENER, E. T.; BREGANTE, C. U. **Efecto residual de rastrojos de girasol, maíz, soja e sorgo em el crecimiento y produccion de trigo**. 1984. 196 p. Dissertação (Mestrado) – Facultad de Agronomia, Montevideo.

SLOPE, D. B.; ETHERIDGE, J.; WILLIAMS, R. J. B. **Grain yield and incidence of take-all and eyespot in winter wheat grown in different crop sequences at Saxmundham**. Harpenden: Rothamsted Experimental Station, 1973. Part. 2, p.160-167. (Rothamsted Experimental Station. Report for 1972).

SPERA, S. T.; ESCOSTEGUY, P. A. V.; SANTOS, H. P. dos; KLEIN, V. A. A solução do solo de um Latossolo Vermelho distrófico submetido a três tipos de manejo de solo e de rotação. **Pesquisas Agrárias e Ambientais**. Sinop, v. 2, n. 2, p. 58-64, 2014.

STRECK, E. V.; KÄMPF, N.; DALMOLIN, R. S. D.; KLAMT, E.; NASCIMENTO, P. C. do; SCHNEIDER, P.; GIASSON, E.; PINTO, L. F. S. **Solos do Rio Grande do Sul**. 2. ed. Porto Alegre: Emater-/RS; 2008. 222 p.

STURZ, A. V.; BERNIER, C. C. Influence of crop rotations on winter growth and yield in relation to the dynamics of pathogenic crown and root rot fungal complexes. **Canadian Journal of Plant Pathology**, Guelph, v. 11, n. 1, p. 114-121, 1989.

Embrapa

Trigo

MINISTÉRIO DA
**AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO**

CGPE 14620