

CAPÍTULO 7

Sistemas de produção de lavouras extensivas em Plantio Direto: cereais de inverno

Dr. João Leonardo Fernandes Pires e Dr. Gilberto Rocca da Cunha

O Sistema Plantio Direto (SPD) tem como um dos principais pressupostos, o não revolvimento prévio do solo, a redução do intervalo entre a colheita e a semeadura da cultura subsequente e a diversificação de espécies, de benefício econômico ou ambiental, utilizadas no arranjo de sucessão/rotação/consociação de culturas. Entre essas espécies, visando a diversificação de culturas e a intensificação dos cultivos, merece destaque o potencial de uso de cereais de inverno, como aveias, centeio, cevada, trigo e triticale. Apesar de caracterizadas como cereais de clima temperado, essas culturas podem ser cultivadas em diversas regiões, desde o Sul até o centro do País (com algumas experiências em andamento no Nordeste). O uso dos cereais de inverno para a produção de grãos, forragem ou duplo propósito (forragem e grãos) permite diversidade e flexibilidade de funções de uso dessas espécies no Sistema Plantio Direto. O nível de conhecimento, materializado em tecnologias disponíveis para uso, possibilita a obtenção de rendimento elevados de grãos e de forragem (para pastejo ou uso na forma conservada) com competitividade e sustentabilidade. Entretanto, é fundamental que as tecnologias de produção (genética e práticas de manejo) sejam adequadamente escolhidas, com adaptações para cada região produtora/sistema de produção. Atualmente, estão disponíveis, de forma consolidada, indicações técnicas para suporte ao manejo das culturas da aveia, da cevada, do trigo e do triticale (Reunião..., 2014; Reunião..., 2019; Reunião..., 2020). Essas culturas possuem Comissões (nacionais ou regionais) formadas por instituições/empresas de pesquisa, ensino e assistência técnica que discutem (anualmente ou bienalmente) os resultados de pesquisa gerados

no País e validam tecnologias para uso nas lavouras. Além do manejo das lavouras de cada cultura individualmente, há estudos e conhecimento aplicado sobre a interação dos cereais de inverno com outras culturas/animais em sistemas integrados de produção (lavoura e pecuária, lavoura e floresta e lavoura, pecuária e floresta). Algumas culturas possuem maior potencial de utilização (sistemas de produção e/ou modelos de negócio) do que outras. O trigo, por exemplo, possui diversas possibilidades de uso, relacionadas aos sistemas de produção regionais ou às oportunidades de mercado. Na sequência estão listadas algumas possibilidades de uso do trigo nos sistemas de produção agrícola brasileiro.

Integração Lavoura-Pecuária:

- Trigo para silagem;
- Trigo para pastojo; e
- Trigo duplo propósito (forragem e colheita de grãos).

Produção de grãos:

- Trigo Melhorador;
- Trigo Pão;
- Trigo branqueador (especialmente Pão);
- Trigo para produção de biscoito;
- Trigo padrão exportação (África/Ásia); e
- Trigo para uso raçao.

No caso da cevada, o cultivo, atualmente, está associado a regiões com aptidão e com estrutura de fomento e recebimento de cevada cervejeira. Isso, por um lado, pode qualificar a produção pela especialização de produtores, por outro, pode limitar a expansão de área cultivada. O rápido desenvolvimento inicial das plantas de cevada está proporcionando seu uso também para silagem de planta inteira. Os grãos de cevada podem ser utilizados como fonte de energia e proteína para a alimentação animal.

O triticale, espécie que, em tempos relativamente recentes, mereceu a expectativa de ser o “milho de inverno”, tem o seu cultivo realizado em área aquém do potencial de uso. Seja na composição de ração para suínos e aves, na produção de etanol amiláceo ou, até mesmo, em produtos específicos para consumo humanos (massas para biscoito e pizza, por exemplo), há espaço para aumento na produção e utilização de triticale.

As aveias apresentam potencial para amplo uso e ocupação de área cultivada. A aveia branca está associada, predominantemente, com o fornecimento de grãos para a alimentação animal e a indústria de alimentação humana. Recentemente, a área de aveia (*Avena sativa*) para uso forrageiro (pastojo, silagem e feno) e cobertura de solo está aumentando, inclusive substituindo áreas tradicionais com aveia-preta. A aveia preta é tradicional componente do SPD, com uso para produção de palha e cobertura de solo, servindo, ainda, como opção importante para a rotação de culturas voltada à redução de doenças de outros cereais de inverno, com destaque para as podridões radiculares.

O centeio, atualmente, tem área de cultivo bastante diminuta no Brasil. Tem potencial de uso na produção de grãos para fabricação de farinha usada na produção de pães e, pela produção de grande quantidade de palha, como cultura que qualifica o SPD.

Dentre os cereais de inverno, a maior área cultivada no País é de trigo, com mais de dois milhões de hectares, seguido de aveia branca com cerca de 400 mil ha e de cevada com aproximadamente 100 mil ha (Tabela 1). O rendimento médio de grãos no Brasil, tomando-se como base a safra 2020/2021, é maior na cultura da cevada, seguido de trigo e triticale. A combinação de área e rendimento de grãos proporciona a produção de cerca de seis milhões de toneladas de trigo, cerca de 800 mil toneladas

de aveia branca e 374 mil toneladas de cevada, como destaques. Apesar da produção, especialmente de trigo, os indicadores demonstram que nenhuma dessas culturas atinge, atualmente, a quantidade necessária para atender a demanda nacional. Tal situação é configurada por um conjunto de fatores e pode ser analisada para cada cultura. Entretanto, não estão relacionadas, na maioria das vezes, com a disponibilidade de área que é utilizada para agricultura e/ou falta de tecnologia de produção. Cabe salientar que, na maior parte da área onde os cereais de inverno são cultivados no Brasil o Sistema Plantio Direto ou, no mínimo, a semeadura direta, são adotados (Figura 1).

Tabela 1. Área, rendimento de grãos e produção brasileira dos principais cereais de inverno utilizados em Sistema Plantio Direto no Brasil, safra 2020/2021.

Cultura	Área (1.000 ha)	Rendimento de grãos (kg/ha)	Produção (1.000 t/ha)
Aveia	425,7	1.987	845,7
Centeio	4,7	2.213	10,4
Cevada	103,4	3.621	374,4
Trigo	2.341,5	2.663	6.234,6
Triticale	15,6	2.628	41,0

Fonte: adaptado de Conab (2021).

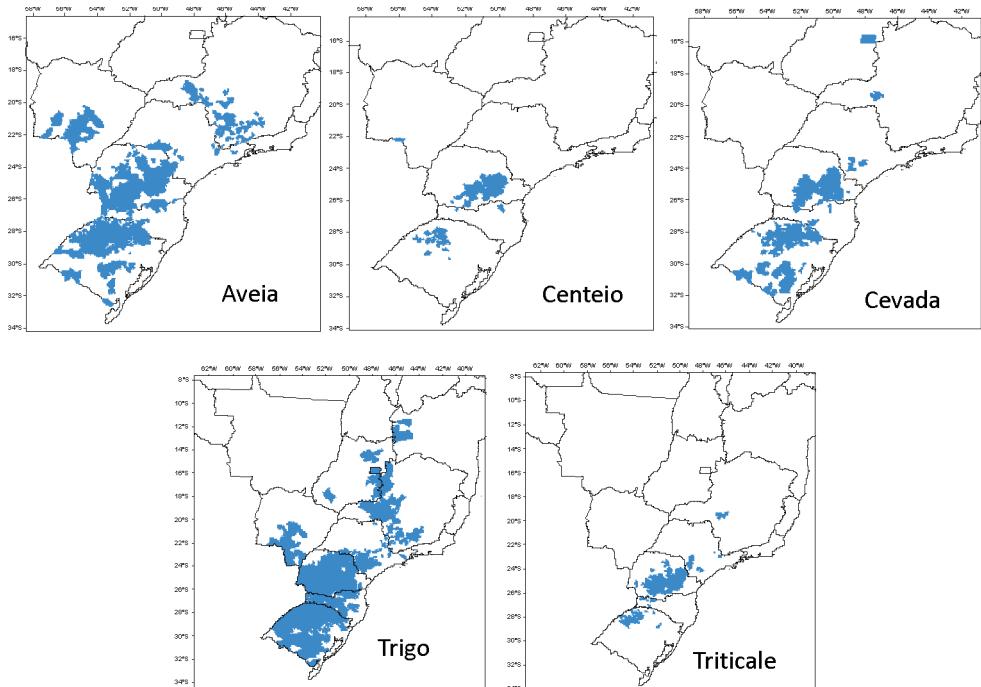


Figura 1. Regiões onde são cultivados cereais de inverno Brasil (pelo menos registro de cultivo em um ano nos últimos cinco anos). Fonte: adaptado de IBGE (2021).

Não há dúvida sobre a possibilidade da expansão do uso dessas culturas em todas as regiões aptas do País. Entretanto, algumas limitações ainda existem. Em algumas situações são de ordem técnica (como a necessidade de maior resistência a brusone e seca, na zona tropical, e à giberela na região temperada, por exemplo) e, em outras, de disponibilidade de insumos (como sementes de cultivares adaptadas em quantidade e qualidade para dar suporte ao aumento de área, especialmente na zona tropical) e ainda da conjuntura de mercado (exigências de qualidade tecnológica, preços praticados e políticas públicas, por exemplo).

Mesmo nas regiões tradicionais de cultivo (sul do Brasil) existe área disponível para expansão do cultivo de cereais de inverno. Avaliando-se dados da Conab (2021) para RS, SC e PR, isso fica evidente, pois, somente 16,2% da área cultivada com culturas de verão (feijão, milho, soja e sorgo na safra 2019/2020) foi utilizada no inverno (aveia, canola, centeio, cevada, trigo e triticale na safra 2020) em áreas agricultáveis. No Brasil-Central (Bioma Cerrado), segundo Pasinato et al. (2018), avaliando a cultura de trigo em sistema sequeiro, acima de 800 m de altitude, 2,7 milhões de hectares foram classificados como favoráveis para a melhor combinação de fatores para a cultura, ou seja, semeadura em 5 de fevereiro, Capacidade de Água Disponível (CAD) de 75 mm, ciclo de 105 dias, nível de risco de 20%, e impactos baixo e moderado. Somente nessa região, e para áreas já agricultáveis, o País tem capacidade de quase dobrar a área atualmente cultivada com trigo (sendo essas mesmas áreas, muitas vezes, compatíveis com o cultivo de outros cereais de inverno). Algumas experiências ocorrem atualmente no Nordeste com a cultura do trigo (Ceará e Bahia, entre outros), com potencial de área utilizável ainda não definido e carecendo de melhor configuração e validação de tecnologia de produção.

Os cereais de inverno têm potencial para beneficiar o SPD por serem alternativas para a apregoadas necessidade de diversificação de espécies. São componentes importantes para a conservação do solo, auxiliam no controle de plantas daninhas, pragas e doenças nos sistemas de rotação/sucessão de cultivos e contribuem para a diluição de riscos e custos. Indiscutivelmente, melhoraram a eficiência de uso de insumos, máquinas e mão de obra, com geração de renda, empregos e receita para municípios, estados e União.

Um exemplo da importância dos cereais de inverno em SPD são os efeitos sobre a principal cultura econômica produtora de grãos utilizada no País, a soja. Balbinot Junior et al. (2020), demonstram que a aveia-preta ou o trigo foram capazes de aumentar o rendimento de grãos da soja, na sucessão, em relação ao pousio, devido ao ganho agronômico proporcionado pela combinação de raízes e palha de aveia-preta ou trigo.

Uma das principais contribuições dos cereais de inverno associadas ao SPD é a produção de elevada quantidade de palha. Uma palhada que se sobressai pelas características de durabilidade e proteção do solo, superiores a outras espécies (Ziech et al., 2015), especialmente Leguminosas e Crucíferas. Em compilação do potencial de produção de matéria seca (MS) de espécies forrageiras para cultivo no sul do Brasil, Panisson et al. (2020) indicam quantidades que variam de 6 a 10,8 t/ha de MS, dependendo da espécie utilizada, quando em cultivo solteiro e chegando a 15 t/ha quando consorciadas. Gazzoni e Floss (2007), avaliando o rendimento de matéria seca de várias espécies/cultivares (na maioria cereais de inverno) em Passo Fundo/RS, obtiveram média de 6.095 kg/ha com amplitude de variação de 3.504 kg/ha (nabo forrageiro) a 10.917 kg/ha (aveia preta cultivar IAPAR 61). Portanto, o potencial de contribuição de cada espécie/cultivar pode ser diferente e essas informações devem ser buscadas ou geradas localmente para melhor utilização das opções disponíveis.

Os cereais de inverno, salvo algumas especificidades, se inserem muito bem nos sistemas de sucessão/rotação de culturas utilizados nas diferentes regiões do Brasil (Tabela 2). Atualmente, estão disponíveis cultivares com ciclos compatíveis com as estações de crescimento do ambiente de produção, levando-se em consideração culturas antecedentes ou em sucessão. Dependendo da região, os recursos de ambiente impõem cuidados e/ou restrições ao cultivo. Cabe destacar a ocorrência de geadas no sul do País e deficiência hídrica e calor no Brasil Central. Esses eventos fazem com que seja necessário ajustar época de semeadura, escolha de cultivares ou, até mesmo, fazer o cultivo em sistemas irrigados para minimizar os efeitos adversos.

Tabela 2. Exemplos de inserção de cereais de inverno nos diferentes sistemas de produção utilizados e regiões brasileiras. Épocas de semeadura e ciclos variam de acordo com a região e estão disponíveis no aplicativo ZARC Plantio Certo (Embrapa, 2019). Outras culturas, cultivo intercalar ou consórcios também são utilizados, dependendo da região/sistema de produção.

Sul do Brasil (sequeiro)

Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Chuva o ano todo											
Soja ou milho ou sorgo ou feijão ou pastagem				Trigo ou aveias ou cevada ou triticale ou centeio ou canola ou nabo ou pastagem				Soja ou milho ou sorgo ou feijão ou pastagem			

Região Tropical/biomas Cerrado e Mata Atlântica (Sequeiro)

Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Chuva				Pouca ou nenhuma chuva				Chuva			
Soja ou milho	Trigo ou milho ou sorgo ou girassol ou pastagem			Pastagem/ cobertura do solo			Soja ou milho				

Região Tropical/ biomas Cerrado e Mata Atlântica (Irrigado)

Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Chuva				Irrigação				Chuva			
Soja ou milho			Trigo ou cevada ou batata ou cenoura ou cebola				Soja ou milho				

Na avaliação de quais as espécies cultivadas antecedem a soja nas diferentes regiões brasileiras, Pessôa et al. (2019) encontraram que as principais opções utilizadas, atualmente, pelos agricultores, com as variações regionais e as oportunidades de crescimento, são: na Região 1 (RS, SC até Centro-Sul do PR), predomina cobertura de trigo (44%), seguida pela aveia (26%) e milho (12%); na Região 2 (Norte do PR, Centro-Sul do MS e Sul de SP) predomina o milho (69%) seguido pelo trigo (13%) e pela aveia (7%); na Região 3 (Norte do MS, Norte de SP, parte do Oeste de MG, Sul de GO e MT) o milho (67%) se destaca seguida pelo milheto (13%) e pelo algodão (5%); e na Região 4 (parte do Oeste de MG, Norte de GO, DF, TO, Oeste da BA, parte do Oeste do Piauí, sul do Maranhão e parte do Leste do Pará) novamente o milho (36%) predomina seguida

pelo milheto (39%) e pela braquiária (7%). Dados que indicam variabilidade intrarregionais e oportunidade de expansão de cultivo para os cereais de inverno.

Nas diferentes regiões do Brasil, os cereais de inverno são parceiros de determinadas culturas e recebem ajustes na escolha de cultivares e época de semeadura para permitir a configuração de sistemas de rotação/sucessão de cultivos. Na Tabela 3 estão alguns exemplos dessas alternativas de uso de cereais de inverno com variações de inserção nos sistemas de produção.

Como sistemas de rotação de período curto para o trigo, com maior rendimento de grãos, menor intensidade de doenças do sistema radicular (Santos et al., 1996, 1998), melhor desempenho energético (Santos et al., 2000b, 2001, 2005, 2010), econômico e de menor risco (Ambrosi et al., 2001; Fontaneli et al., 2000; Santos et al., 2000a, 2002, 2003, 2004), salientaram-se as seguintes sequências de culturas:

- 1) trigo/soja e ervilhaca/milho ou sorgo;
- 2) trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/milho;
- 3) trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca + azevém/milho;
- 4) trigo/soja e aveia branca/soja;
- 5) trigo/soja, pastagem de aveia preta + ervilhaca/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/milho; e
- 6) trigo/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho ou sorgo.

Na maioria dos trabalhos desenvolvidos com estas sequências de culturas, os sistemas de rotações com um e dois invernos sem trigo mostraram maior rendimento de grãos e menor intensidade de doenças do sistema radicular, em comparação com a monocultura trigo/soja. Além disso, os sistemas trigo/soja e ervilhaca/milho ou sorgo e trigo/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho ou sorgo foram mais eficientes no aproveitamento de energia e no retorno econômico e de menor risco para serem utilizados pelos agricultores (Santos et al., 2019).

Um dos principais desafios é fazer uso do outono com culturas produtoras de grãos e/ou que possibilitem melhor cobertura do solo para evitar erosão. Com a busca de precocidade nas culturas de soja e milho (principais culturas utilizadas no verão) e, para algumas regiões, a antecipação de semeadura das culturas de verão, abre-se um período sem cultivos no campo entre a colheita da soja ou milho e a semeadura das culturas de inverno, que tem sua data de semeadura definida pelo regime de geadas em grande parte da região produtora do sul do País. Esse problema é mais grave, principalmente, no período após soja, pela baixa capacidade dessa cultura cobrir o solo e manter palhada sem decomposição. Como opções para minimizar esse problema, podem ser utilizados os próprios cereais de inverno ou outras culturas de ciclo curto, mas que, economicamente e agronomicamente, possam contribuir com o sistema de produção. Um exemplo é o uso de cultivares de trigo de ciclo tardio-precoce semeadas antecipadamente em relação à época de trigos precoces/médios. Pelo ciclo ser longo até o espigamento, é possível utilizar as áreas para pastejo e/ou cobertura do solo, com espigamento ocorrendo somente após a época de maior risco de geadas e, ainda, permitindo a colheita de grãos. Outra opção importante para intensificação de uso do inverno, com fechamento da “janela de pousio” entre a cultura de verão e a de inverno, é o uso de nabo forrageiro intercalar antes do trigo, quando o período entre a semeadura de nabo e trigo é cerca de 90 dias (Reunião, 2004) ou menos, dependendo da cultivar de nabo e região. Avaliando uma série de culturas após soja no Norte do RS, Floss (2008) obteve maior rendimento de grãos de trigo e maior quantidade de palha aportada ao SPD com o uso de nabo e trigo. Tanto a quantidade de grãos, quanto de palha são beneficiadas pela introdução do nabo, que atua na cobertura do solo, reciclagem de nutrientes, melhoria de aspectos físicos do solo, entre outros efeitos benéficos. Essa

Tabela 3. Exemplo de esquema de rotação/sucessão de culturas incluindo cereais de inverno para uma propriedade na região Sul (A) e para uma região de transição entre o clima subtropical e tropical (norte e oeste do Paraná, sudoeste de São Paulo e sul do Mato Grosso do Sul)(B). Soja P = soja ciclo precoce; Soja M = soja ciclo médio.

A) Região Sul do Brasil

Área	Ano					
	1		2		3	
	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno
1	Soja	Aveia preta	Soja	Nabo ou Ervilhaca + Aveia preta	Milho	Nabo/Trigo ou nabo/cevada ou nabo/aveia branca
	Soja	Nabo ou Ervilhaca + Aveia preta	Milho	Nabo/Trigo ou nabo/cevada ou nabo/aveia branca	Soja	Aveia preta
	Milho	Nabo/Trigo ou nabo/cevada ou nabo/aveia branca	Soja	Aveia preta	Soja	Nabo ou Ervilhaca + Aveia preta

Fonte: adaptado de Floss (2021).

B) Região de transição entre clima subtropical e tropical do Brasil

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1º	Milho		Nabo		Trigo/Cevada					Soja P		
2º	Soja P			Milho 2ª safra						Soja P		
3º	Soja P			Milho 2ª safra + braquiária			braquiária			Soja M		
4º	Soja M				Aveia preta + Nabo					Milho		

1) Soja P = soja ciclo precoce; Soja M = soja ciclo médio. Fonte: adaptado de Debiasi et al. (2020).

é uma opção interessante que, como várias outras ora em uso nas diferentes regiões do Brasil, deve ser utilizada e adaptada com critérios, levando-se em consideração o período de crescimento do nabo, a sanidade da semente utilizada (evitando fazer a introdução de *Sclerotinia sclerotiorum*) e o momento adequado para o manejo (dessecação ou rolagem) do nabo para semeadura do trigo. Efeitos indiretos são verificados, por exemplo, na economia de nitrogênio. Se o nabo forrageiro produzir mais de 3 t/ha de matéria seca, devido a ciclagem de N do solo pelo nabo, a dose de N a ser aplicada para o trigo pode ser a mesma indicada para trigo após soja (Reunião..., 2004).

Outra questão que merece destaque é a antecipação na época de semeadura da soja (respeitando as datas definidas pela Portaria nº 388, de 31 de agosto de 2021, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – Brasil, 2021), que vem ocorrendo em algumas regiões (especialmente no sul do Brasil) com a disponibilização de cultivares precoces de tipo indeterminado e justificada pela perda de potencial de rendimento de grãos da soja nas épocas “mais tardias”. Essa modificação impõe, em muitas situações, a impossibilidade de cultivo de cereais de inverno produtores de grãos pela incompatibilidade de colheita em tempo para permitir a antecipação da

semeadura da soja. Entretanto, em estudo para avaliar essa questão Almeida et al. (2016), Caraffa et al. (2016) e Pires et al. (2016) obtiveram perdas de potencial de soja cultivada após trigo somente na região homogênea de adaptação de cultivares de trigo 1 (RHACT 1), fria e úmida, de maior altitude (Figura 2). Nessa região, em função das temperaturas menores, ocorre alongamento do ciclo dos cereais de inverno e colheitas que se estendem até dezembro. Isso, de fato, penaliza o potencial de rendimento de grãos da soja. Entretanto, como o potencial de rendimento de grãos dos cereais de inverno é muito elevado, a escolha correta de cultivares de cereais de inverno e de cultivares de soja que tenham melhor desempenho em épocas mais tardias (Grupos de Maturidade Relativa 5.6 ou 6.2, conforme Almeida et al., 2016), pode permitir o melhor encaixe das culturas com maior rentabilidade do sistema em relação a opção de cultivar apenas soja durante todo o ano, mantendo o inverno sem cultivo comercial. Outras opções, como dessecação pré-colheita de trigo (Bellé et al., 2014; Calviño et al., 2002), corte-aleiramento (Guarienti et al., 2015) e cultivo intercalar trigo-soja (Faganello et al., 2013) foram avaliadas, mas todas possuem algum tipo de limitação que dificulta o uso para o propósito de antecipação da semeadura da soja, ou necessitam de adaptação de equipamentos ou processos para obtenção de resultados adequados.

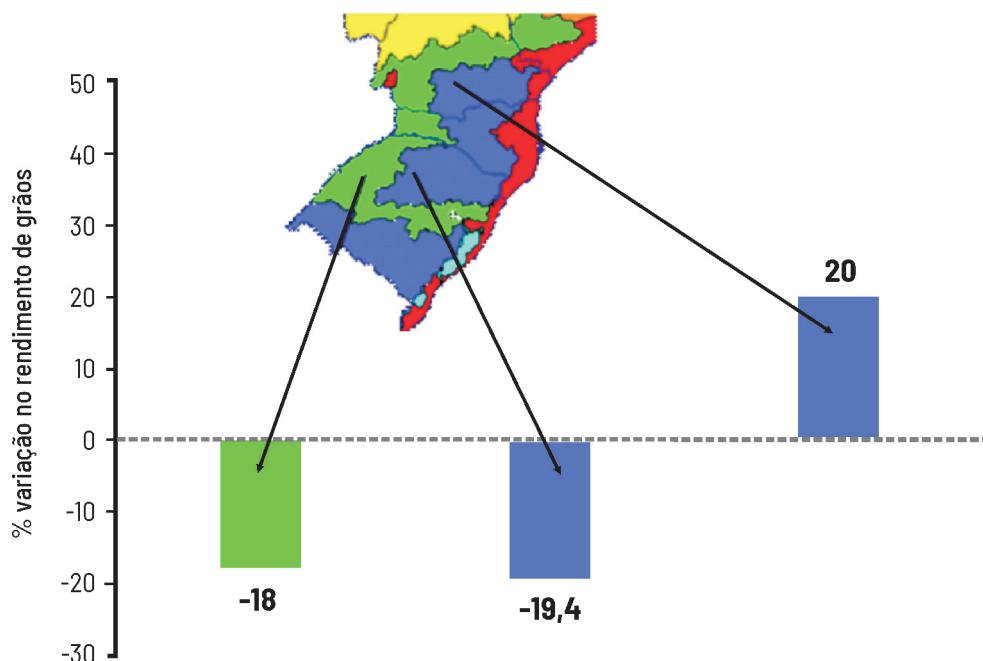


Figura 2. Variação no rendimento de grãos (%), na média de diferentes cultivares de soja, quando modificada a semeadura de após trigo para antecipada após aveia-preta. Fontes: Almeida et al. (2016), Caraffa et al. (2016) e Pires et al. (2016).

Outra técnica que possibilita o uso de cereais de inverno bem como de nabo forrageiro, ervilhaca e outras espécies, para intensificação de sistemas é a sobressemeadura. Manfron et al. (2019) destacam esse potencial para o SPD, tanto para uso em diversas espécies forrageiras e de duplo propósito (como o trigo) quanto trigo apenas

para produção de grãos. Essa prática, entre outros benefícios, pode auxiliar na redução ou eliminação do vazio de vegetação existente em grande parte do sul do País, no período entre a colheita da cultura de verão e a semeadura do cultivo de inverno. Essa lacuna de espécies, atualmente, é uma das vulnerabilidades do SPD que fica suscetível à erosão no caso de chuvas de elevada erosividade, além da proliferação de plantas daninhas e subutilização de áreas agricultáveis ora em uso.

Outra oportunidade, surgida em tempos mais recentes, é o uso de cereais de inverno na composição de “mix” de espécies para semeadura no outono/inverno. Essa tecnologia, disponível como produto comercial, compreende diferentes composições de espécies e proporções indicadas conforme usos (Raíx..., 2021). A iniciativa é interessante, entretanto, tem que se levar em consideração questões como a possibilidade dessas espécies serem hospedeiras de doenças e a durabilidade da palha, no tocante à escolha das melhores opções. Também, aspectos quanto a composição, estabelecimento e manejo adequados devem ser observados.

A construção de lavouras competitivas e sustentáveis de cereais de inverno em SPD depende do domínio de um conjunto de fatores. Especialmente aqueles tidos como fundamentais para a obtenção dos máximos rendimentos de grãos e rentabilidade possíveis. Conhecer a cultura que se está trabalhando, do ponto de vista do crescimento, desenvolvimento e a relação desses aspectos com o ambiente e práticas de manejo de cultivos é fundamental. Para cereais de inverno, existem muitas informações sobre esse tema. Por exemplo, em Monteiro (2009) é possível encontrar, de forma sintética, as principais informações referentes aos aspectos de ambiente e interação com o crescimento da aveia, da cevada, do trigo e do triticale.

De forma geral, é importante entender o efeito da temperatura e do fotoperíodo no desenvolvimento das plantas, modulando os períodos e subperíodos de desenvolvimento e a construção do potencial de rendimento de cada cultura. Questões como a necessidade de vernalização no trigo, por exemplo, são características de algumas cultivares disponíveis atualmente para uso em duplo propósito (pastejo e colheita de grãos), que apresentam período longo até o espigamento e permitem semeadura antecipada (Castro et al., 2017). A observação dos estádios críticos para fatores de risco como geada e chuva excessiva (especialmente no sul do Brasil) e seca (no Brasil central) e o correto posicionamento de época de semeadura e cultivares permitem o planejamento da lavoura de forma a reduzir o risco e potencializar o rendimento de grãos. Também, eventos de grande escala como El Niño e La Niña impõem regimes hídrico e térmico que definem estações de crescimento mais ou menos apropriadas para cultivo de cereais de inverno. As previsões sobre a ocorrência desses eventos são acessíveis (NOAA, 2021) e devem ser consideradas no planejamento das lavouras, apesar do nível de incerteza que acompanha previsões de médio e longo prazo. Na Figura 3 verifica-se o impacto desses eventos no potencial de rendimento de trigo. A Figura ilustra os resultados de um ensaio de dose x resposta para N com a mesma combinação de cultivar/local/solo/manejo em ano de El Niño e de La Niña. Verifica-se que a máxima eficiência técnica é bastante diferente nesses dois anos, indicando que as restrições ambientais ao rendimento do trigo são maiores nos anos de El Niño. Nesse exemplo, verifica-se a importância de considerar as previsões do fenômeno El Niño – Oscilação Sul e ajustar o manejo e desembolso para o potencial de rendimento possível conforme a fase do evento (El Niño, La Niña ou Neutro). Outra particularidade, muito importante e, não raro, deixada de lado pelo uso de “pacotes” de insumos pré-definidos, é a capacidade de mudança de manejo no decorrer da safra, caso as condições de ambiente ou mesmo comerciais sofram alterações.

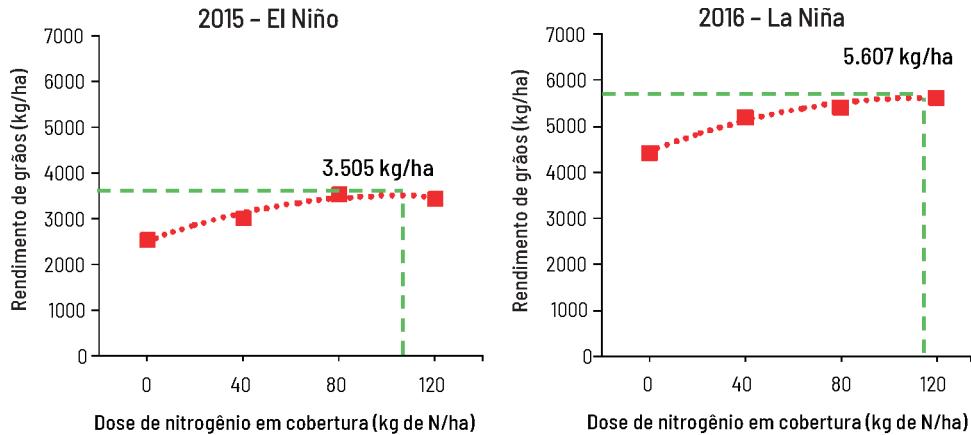


Figura 3. Rendimento de grãos de trigo em função da dose de nitrogênio em cobertura em ano de El Niño e La Niña, com indicação do rendimento de grãos na máxima eficiência técnica. Embrapa Trigo, Passo Fundo 2021. Obs. Local, genótipo e demais práticas de manejo foram as mesmas nos dois anos.

Para cereais de inverno é importante levar em consideração, na formação do potencial de rendimento de grãos, não somente a parte visível externamente nas plantas, mas as estruturas reprodutivas que estão sendo formadas, desde muito cedo, encobertas pelas folhas. Primórdios de afilhos, espigas/panículas, espiguetas e flores, por exemplo, são formadas desde estádios iniciais do ciclo de desenvolvimento das plantas e sofrem efeito das variáveis do ambiente e de manejo. Essas estruturas são componentes do rendimento de grãos e efeitos negativos em qualquer uma delas vai limitar o potencial de rendimento. Em trigo, são dois os componentes principais: o número de grãos/m² e o peso do grão (expresso por meio do peso de 1.000 grãos). O número de grãos/m² depende de um conjunto de outros componentes como número de plantas/área, número de espigas/planta, número de espiguetas/espiga e número de grãos/espigueta-espiga. Estabelecer metas para esses componentes é muito difícil, apesar de matematicamente possível. Cultivares/culturas utilizam diferentes estratégias referentes a componentes do rendimento de grãos para chegar ao mesmo resultado, por exemplo, variando o afilhamento, o tamanho da espiga o peso de 1.000 grãos. Portanto, para fins de manejo, considera-se mais importante adotar o manejo específico indicado pelo obtentor da cultivar para a região alvo, pois esse tem o potencial de indicar o melhor manejo para a maximização dos componentes e do rendimento de grãos.

Para cada cultura, o manejo pode ser dividido em dois grandes grupos: práticas promotoras e protetoras do rendimento de grãos.

No grupo das promotoras podem ser citados o conjunto de práticas que constroem um solo de elevada qualidade (química, física e biológica), a escolha da cultivar que reúne as características de melhor interação genótipo x ambiente para a região de cultivo, a escolha do período de semeadura que potencialize o rendimento de grãos com o menor risco em relação às variáveis limitantes, o uso de sementes de qualidade (poder germinativo, vigor, livre de patógenos, entre outros), a correta implantação da

cultura com arranjo de plantas adequado para cada situação (população de plantas, espaçamento entre linhas, distribuição na linha e profundidade de semeadura), o uso de inoculação de sementes com produtos que potencializem o rendimento de grãos e o uso de adubação nitrogenada em cobertura no momento correto com a dose de melhor retorno técnico/econômico, entre outras. Por sua vez, no grupo de proteção, podem ser citadas práticas como o controle de plantas daninhas (pré e pós semeadura da cultura), o tratamento de sementes, o controle químico aplicado na parte aérea para controle de insetos-praga e doenças e o uso de redutores de crescimento para evitar perdas por acamamento, entre outros.

A escolha da cultivar representa uma estratégia de manejo e, também, de modelo de negócio a ser explorado. Caierão et al. (2010) apresentam alguns aspectos importantes na escolha de cultivares de trigo, cevada, triticale e centeio. De forma geral, indicam não existir “cultivar perfeita”, mas uma gama de possibilidades que permite utilizar a mais adequada para cada sistema de produção. Aspectos de arquitetura de planta, potencial de rendimento, resistência/tolerância a estresses bióticos e abióticos e aptidão em termos de qualidade tecnológica devem ser considerados. Cada vez mais estão disponíveis caracterizações e indicações específicas para cada cultivar de cereais de inverno (Foloni et al., 2016; Castro et al., 2017; Bassoi et al., 2019; Pires et al., 2021), que permitem o refinamento das práticas de manejo. Em se tratando de potencial de rendimento, o uso de cultivares atualmente disponíveis possibilita aumentar em muito o rendimento médio das lavouras em SPD. A Figura 4, elaborada com base nos resultados de ensaios e lavouras, indica que o potencial genético apropriado pelos produtores ainda é pequeno, indicando que há oportunidade para a melhoria do manejo e a ampliação do rendimento de grãos nas lavouras. Nesse sentido, fazer o básico “bem feito” é fundamental, além de mapear, entender e buscar minimizar a variabilidade das áreas de cultivo utilizadas, por meio de técnicas que visam ao uso e manejo eficientes dos recursos e insumos, incluindo conceitos da Agricultura de Precisão. A tecnologia atualmente utilizada nas estações experimentais (adubos, sementes, agroquímicos, máquinas, entre outros), por exemplo, para avaliação de cultivares, é a mesma disponível para o produtor rural. Portanto, a explicação para a diferença tão grande no rendimento obtido entre experimentos e lavouras está mais associada à qualidade dos processos de manejo do solo e da cultura e a variabilidade das áreas cultivadas do que no acesso a uma determinada tecnologia. Assim, deve-se dar importância a escolha da cultivar, mas não supor que ela vai resolver isoladamente todos os aspectos relacionados ao manejo adequado da lavoura.

A especificação de manejo para cada sistema de produção, por cultivar e por região tem merecido maior atenção nos últimos anos. Existem variações de resposta produtiva e possibilidades de redução de custos de produção com o manejo dessas especificidades. Por exemplo, no sul do País, na questão densidade de semeadura, em situações de adequado manejo de solo e rotação de culturas em SPD, tem-se verificado a estabilidade de rendimentos em uma faixa ampla de densidade, com a possibilidade de utilização de densidades mais baixas do que as tradicionalmente usadas e mantendo o potencial produtivo. Essa resposta, em parte, pode ser explicada pela melhoria na qualidade do solo em SPD bem conduzido dando maior suporte para que cada planta expresse seu máximo potencial produtivo, permitindo chegar a rendimentos máximos de grãos com menor população de plantas, bem como à plasticidade fenotípica inerente aos cereais de inverno para essa característica.

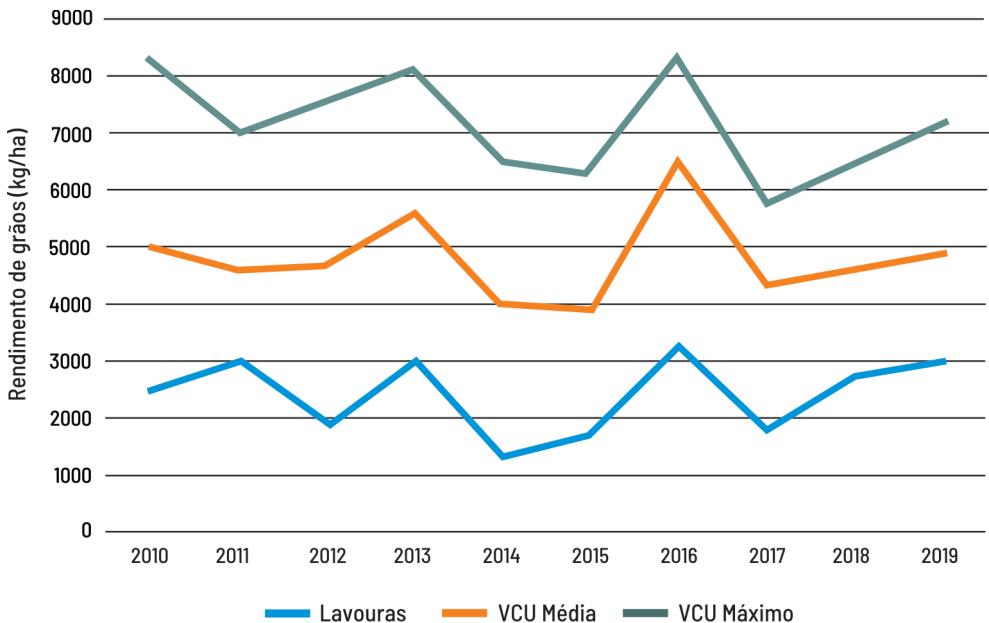


Figura 4. Rendimento de grãos de lavouras comerciais de trigo, no Rio Grande do Sul, e rendimentos de grãos (média e máximo) obtidos nos ensaios de Valor de Cultivo e Uso (VCU) da Embrapa Trigo, de 2010 a 2019. Fonte: adaptado de Pires et al. (2020).

A resposta ao nitrogênio é outro exemplo bastante estudado em cereais de inverno. Em geral, verifica-se resposta positiva ao aumento da dose até determinados limites, que precisam ser identificados para o uso correto da melhor dose para cada situação. O momento de aplicação também é fundamental. Para potencializar o crescimento e rendimento de grãos a planta necessita de maior disponibilidade de nitrogênio na época de maior crescimento (afilhamento pleno e alongamento, principalmente) para suportar o crescimento de espigas/espiguetas/flores e da estrutura da planta. O ideal é o fracionamento da dose, sendo parte utilizada na semeadura e o restante em cobertura (maior eficiência), recomendando-se o fracionamento, quando a dose é elevada para reduzir perdas por excesso de precipitação pluvial, principalmente no Sul do Brasil. No caso do trigo tropical em sistema de sequeiro, essa lógica pode ser diferente, aplicando-se maior dose na semeadura, pois não se tem garantias de chuvas durante o ciclo e as perdas por lixiviação são pequenas. Maiores informações sobre manejo de N podem ser obtidas em Wiethölter (2011), Fontoura et al. (2013), De Bona et al. (2016) e Sociedade... (2016).

Outro exemplo de prática de manejo específica é o uso de regulador (reduutor) de crescimento. Há produto comercial disponível com capacidade de reduzir o porte da planta, diminuindo o risco de acamamento na lavoura (especialmente quando associado a práticas e situações que aumentem o risco de acamamento), porém o uso deve ser específico para obtenção do resultado esperado na proteção do rendimento de

grãos. Em avaliação de diferentes cultivares de trigo, Foloni et al. (2016) identificaram a necessidade de aplicação de redutor em trigo quando as condições são favoráveis ao acamamento, em BRS 208, BRS Gralha-azul, BRS Tangará e BRS Sabiá, e efeito, potencialmente, negativo (redução no rendimento de grãos), em BRS Pardela e BRS Graúna. Portanto, a adoção dessa estratégia pode ser benéfica ou impor redução no rendimento de grãos dependendo da cultivar. Nesses exemplos para N e uso de redutor de crescimento, verifica-se a variação das possibilidades e necessidade de alteração do manejo para cada situação de cultivo/cultivar. Não se pode utilizar a mesma estratégia em toda a região produtora.

Uma série de produtos promotores do rendimento de grãos estão disponíveis, especialmente para uso em trigo (e para outros cereais de inverno), a base de hormônios, nutrientes, microrganismos, entre outros, que proporcionam opções de uso nas diferentes situações de cultivo. Entretanto, os resultados para rendimento de grãos são, muitas vezes, contraditórios, desde efeitos positivos, nulos ou negativos. Por exemplo, o uso de inoculantes a base de *Azospirillum brasiliense* é indicado para trigo (Reunião..., 2020) com resultados positivos (Hungria, 2011; Ludwig, 2015) ou ausência de resultados (Silva e Pires, 2017). Acredita-se na necessidade de diagnóstico adequado para avaliação da deficiência específica e complementação com o produto adequado. Também, salienta-se a necessidade de validação (na lavoura especialmente) de cada produto no sistema de produção de interesse e por região (variação edafoclimática), para melhorar a confiança da adoção em maior ou menor escala.

No que se refere a práticas protetoras do rendimento de grãos, existem uma série de possibilidades envolvendo práticas culturais mecânicas e químicas. O primeiro passo é o diagnóstico correto de cada problema e para isso existem informações sobre as principais plantas daninhas, pragas e doenças associadas aos cereais de inverno (Pires et al., 2011). Em relação a produtos, há maior disponibilidade para as culturas de maior expressão como trigo e cevada. Sendo que, para as demais, as opções são mais limitadas. Para a seleção dos produtos com maior eficiência é importante consultar as informações técnicas advindas das diferentes Comissões de Pesquisa (Reunião..., 2014; Reunião..., 2018; Reunião..., 2020), que relacionam produtos que fazem parte de ensaios cooperativos envolvendo parceria entre diferentes instituições, que avaliam os produtos comerciais disponíveis. Para giberela e brusone, por exemplo, existem estudos específicos (Santana et al., 2020a; 2020b). Uma questão que merece destaque é a estratégia de controle. Atualmente, muitos utilizam a calendarização da aplicação de produtos para controle químico, baseados em dias ou estádio da cultura, com produtos pré-definidos e sem a identificação da praga ou doença ou mesmo a avaliação do nível de dano econômico. Entende-se que para maior rentabilidade dos cereais de inverno essa prática é inadequada. A escolha da cultivar, o monitoramento da lavoura e a aplicação somente quando necessário é o caminho adequado.

A tecnologia de produção de cereais de inverno está bem definida, para maior parte dos cultivos e regiões do Brasil. Existe também, nas principais regiões produtoras, muita experiência da assistência técnica (pública e privada) e dos produtores com o manejo dessas espécies. Algumas regiões de expansão dos cereais de inverno, na zona tropical especialmente, ainda carecem de adaptação/validação de tecnologias e capacitação de técnicos e produtores.

Na Tabela 4 é apresentado um resumo dos principais indicadores tecnológicos disponíveis para uso nos cereais de inverno utilizados em Sistema Plantio Direto no Brasil. Informações específicas podem ser obtidas em Reunião... (2014), Reunião... (2018) e Reunião... (2020), entre outros.

Por fim, ressalta-se que, nos últimos anos, várias tecnologias (contemplando produtos e processos) foram disponibilizadas para uso em cereais de inverno, com impactos diversos no rendimento de grãos e rentabilidade das lavouras. Entre eles, pode-se citar: projetos para rendimentos elevados; Trigo Pão com rendimento elevado; aplicação de N com uso de sensores; tolerância à germinação pré-colheita; ino-culação com *Azospirillum brasiliense*; aplicações de agroquímicos calendarizada (por estádio da planta ou dias); uso de hormônios, enraizadores e micronutrientes; uso de redutor de crescimento; aplicação tardia de N; dessecação pré-colheita; trigo de duplo propósito; cultivar com novo tipo de planta (folhas eretas, colmo resistente, porte baixo); cultivar com tolerância a herbicida; mix de espécies para cobertura/adubação verde; sobressemeadura de cereais de inverno; uso trigo/triticale para composição de rações; e sistema produção para trigo exportação (Ásia/África), entre outros.

Cada uma dessas opções merece ser analisada a luz do conhecimento científico gerado ou adaptado e validado pela pesquisa brasileira para o uso correto e com maior potencial de impacto positivo para cada cereal de inverno.

Agradecimento

Os autores são gratos e prestam, neste capítulo, especial reverência, in memoriam, ao Dr. Henrique Pereira dos Santos (15-VII-1944 – 7.XI.2021), o cientista que, ao longo de uma carreira de 47 anos (1974-2021), exercida na Embrapa Trigo, deixou um valoroso legado sobre o tema dos Experimentos Agrícolas de Longa Duração em Sistema Plantio Direto no Brasil. Requiescat in pace, Dr. HPS!

Tabela 4. Principais indicadores de tecnologia de produção utilizados nos cereais de inverno em cultivo no Sistema Plantio Direto no Brasil.

Indicador de manejo**	Trigo	Cevada	Triticale	Canteiro	Aveia preta	Aveia branca
Desssecantes pré-semeadura	Possui produtos indicados/ registrados	Possui produtos indicados/ registrados	Possui produtos indicados/ registrados	Possui produtos indicados/ registrados	Possui produtos indicados/ registrados	Possui produtos indicados/ registrados
Densidade de semeadura (sementes viáveis/m ²)	250 a 450 (grãos)	250 a 300 (grãos)	350 a 350 (grãos)	250 (grãos)	200 a 250 (grãos), 350 a 400 (forragem, adubação verde ou cobertura)	200 a 300 (grãos), 350 a 400 (forragem, adubação verde ou cobertura)
Espacamento entre linhas (cm)	17 a 20	12 a 20	17 a 20	17 a 20	17 a 20	17 a 20
Profundidade de semeadura (cm)	2 a 5	3 a 5	2 a 5	3 a 5	2 a 4	2 a 4
Arranjo de plantas	Preferencialmente em linhas	Preferencialmente em linhas	Preferencialmente em linhas	Preferencialmente em linhas	Preferencialmente em linhas	Preferencialmente em linhas
Inoculantes para uso em sementes	Indicação de <i>Azospirillum brasiliense</i>	Não	Não	Não	Não	Não
Cultivares	Grande número disponível de vários obtentores	Número razável disponível de poucos obtentores	Número razável disponível de poucos obtentores	Pequeno número disponível de poucos obtentores	Pequeno número disponível de poucos obtentores	Número razável disponível de poucos obtentores

Continua...

Continuação Tabela 2.

Indicador de manejo**	Trigo	Cevada	Triticale	Centeio	Aveia preta	Aveia branca
Zoneamento Agrícola	Sim (sequeiro e irrigado) para produção de grãos e duplo propósito (pasto + grãos)	Sim (sequeiro e irrigado) para produção de grãos	Sim	Não	Sim (sequeiro e irrigado) para produção de grãos	Sim (sequeiro e irrigado) para produção de grãos
Adubação base e calagem	Possui indicações específicas	Possui indicações específicas	Possui indicações específicas	Possui indicações específicas	Possui indicações específicas	Possui indicações específicas
Adubação cobertura	Possui indicações específicas	Possui indicações específicas	Possui indicações específicas	Possui indicações específicas	Possui indicações específicas	Possui indicações específicas
Irrigação	Apresenta indicações de manejo para sistemas irrigados	Não apresenta	Não apresenta	Não apresenta	Não apresenta	Não apresenta
Produtos promotores do rendimento* indicados/registrados para a cultura	Possui produtos	Possui produtos	Possui produtos	Possui produtos	Possui produtos	Possui produtos
Redutor de	Possui	Possui	Não possui	Não possui	Não possui	Não possui

*Produtos biológicos ou sintéticos com indicação para a cultura e que prometem aumento/redução de perdas do rendimento de grãos. **Alguns indicadores apresentam ajustes específicos por Estado/Região/Sistema de produção, que devem ser consultadas nas indicações/informações para cada cultura. Fonte: adaptado de Hundstock (1933), Baler (1894), Baler et al. (1894), Reunião (2014), Sociedade (2016), Reunião (2018), Embrapa (2018), Reunião (2020).

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, J. L. de; SPADER, V.; DE MORI, C.; PIRES, J. L. F.; STRIEDER, M. L.; FOSTIM, M. L.; STOETZER, A.; CAIERÃO, E.; FOLONI, J. S. S.; PEREIRA, P. R. V. da S.; MARSARO JÚNIOR, A. L.; FAÉ, G. S.; VIEIRA, V.; **Estratégias de sucessão trigo/cevada/aveia preta/soja para sistemas de produção de grãos no Centro-Sul do Paraná.** Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2016. 16p. (Embrapa Trigo, Circular Técnica, 13).
- AMBROSI, I.; SANTOS, H. P. dos; FONTANELI, R. S.; ZOLDAN, S. M. Lucratividade e risco de sistema de produção de grãos combinados com pastagens de inverno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 10, p. 1213-1219, 2001.
- BAIER, A. C. **Centeio.** Passo Fundo: Embrapa-CNPT, 1994. 29p. (Embrapa-CNPT. Documentos, 15).
- BAIER, A. C.; NEDEL, J. L.; REIS, E. M.; WIETHÖLTER, S. **Triticale:** cultivo e aproveitamento. Passo Fundo: Embrapa-CNPT, 1994. 72p. (Embrapa-CNPT. Documentos, 19).
- BALBINOT JUNIOR, A. A.; SANTOS, J. C. F. DOS; DEBIASI, H.; COELHO, A. E.; SAPUCAY, M. J. L. da C., BRATTI, F.; LOCATELLI, J. L. Performance of soybean grown in succession to black oat and wheat. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasilia, v. 55, e01654, 2020.
- BASSOI, M. C.; FOLONI, J. S. S.; SILVA, S. R. **Cultivar de trigo BRS Atobá:** características e desempenho agronômico. Londrina: Embrapa Soja, 2019. 16p. (Embrapa Soja, Comunicado Técnico 96).
- BELLÉ, C; KULCZYNSKI, S. M.; BASSO, C. J.; KASPARY, T. E.; LAMEGO, F. P.; PINTO, M. A. B. Yield and quality of wheat seeds as a function of desiccation stages and herbicides. **Journal of Seed Science**, Londrina, v. 36, n. 1, p. 63-70, 2014.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria nº 388, de 31 de agosto de 2021. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 01 set. 2021. Seção 1, p. 23.
- CAIERÃO, E.; NASCIMENTO JUNIOR, A. do; SCHEEREN, P. L. Escolha das cultivares de cereais de inverno. In: SANTOS, H. P. dos; FONTANELI, R. S.; SPERA, S. T. **Sistemas de produção para cereais de inverno sob plantio direto no sul do Brasil.** Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2010. p.75-116.
- CALVÍÑO, P. A.; STUDDERT, G. A.; ABBATE, P. E.; ANDRADE, F. H.; REDOLATTI, M. Use of non-selective herbicides for wheat physiological and harvest maturity acceleration. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 77, n. 2, p. 191-199, 2002.
- CARAFFA, M.; RIFFEL, C. T.; STRIEDER, M. L.; PIRES, J. L. F.; DE MORI, C.; CAIERÃO, E.; PEREIRA, P. R. V. da S.; FAÉ, G. S. **Estratégias de sucessão trigo/aveia preta-soja para sistemas de produção de grãos no Noroeste do Rio Grande do Sul.** Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2016. 20p. (Embrapa Trigo, Circular Técnica, 15).
- CASTRO, R. L.; CAIERÃO, E.; DEL DUCA, L. de J. A.; FONTANELI, R. S.; SANTOS, H. P. dos; SÓ e SILVA, M.; SCHEEREN, P. L.; GUARENTI, E. M.; MIRANDA, M. Z. de; EICHELBERGER, L.; KOPP, M. M.; NASCIMENTO JÚNIOR, A. do. **BRS Pastoreio:** trigo duplo propósito. Folder, Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2017.

CONAB. **Série histórica das safras:** trigo. Brasília: Companhia Nacional de Abastecimento, jun. 2021. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras?start=30>. Acesso em: 14 jun. 2021.

DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; CONTE, O. Diversificação de espécies vegetais em sistemas de produção. In: SEIXAS, C. D. S.; NEUMAIER, N.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; KRZYZANOWSKI, F. C.; LEITE, R. M. V. B. de C. (Ed. Téc.). **Tecnologias de produção de soja.** Londrina: Embrapa Soja, 2020. (Sistemas de Produção 17, Embrapa Soja). p.93-118.

DE BONA, F.; DE MORI, C.; WIETHÖLTER, S. **Manejo nutricional da cultura do trigo.** Piracicaba: IPNI, Informações Agronômicas 154, 2016. 16p.

EMBRAPA. Soluções tecnológicas. **Zarc** – App Plantio Certo. Campinas: CNPTIA, 2019. Software. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/6516/aplicativo-zarc---plantio-certo>. Acesso em: 29 ago. 2020.

FAGANELLO, A.; PIRES, J. L. F.; STRIEDER, M. L.; SANTOS, H. P. dos; DALMAGO, G. A.; VARGAS, L.; CORASSA, G. M. Consórcio intercalar trigo-soja. In: REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO E TRITICALE, 7., 2013, Londrina. **Resumos...** Londrina: Fundação Meridional, 2013. CD-ROM.

FLOSS, E. L. **Maximizando o rendimento da soja:** ecofisiologia, nutrição e manejo. Passo Fundo: Aldeia Sul, 2021. 416p.

FLOSS, L. G. **Análise agronômica, econômica e energética de sistemas de produção agrícola para a região norte do Rio Grande do Sul.** Passo Fundo: UPF, 2008. 101p. Dissertação (Mestrado em Agronomia).

FOLONI, J. S. S.; BASSOI, M. C.; SILVA, S. R. Indicações fitotécnicas para cultivares de trigo da Embrapa no Paraná. Londrina: Embrapa Soja, 2016. 24 p. (Embrapa Soja. Circular técnica, 117).

FONTANELI, R. S.; AMBROSI, I.; SANTOS, H. P. dos; IGNACZAK, J. C.; ZOLDAN, S. M. Análise econômica de sistemas de produção de grãos com pastagens de inverno, em sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 11, p. 2129-2137, nov. 2000.

FONTOURA, S. M. V.; VIERO, F.; BAYER, C; MORAES, R. P. de. **Adubação nitrogenada em cereais de inverno na região Centro-Sul do Paraná.** Guarapuava: Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária, 2013. 42p.

GAZZONI, A.; FLOSS, E. L. Produtividade de diferentes espécies de coberturas verdes/mortas do solo, Passo Fundo-RS, 2006. In: REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE AVEIA, 27. **Resultados Experimentais.** Passo Fundo, UPF, 2007. p.147-148.

GUARENTI, E. M.; PIRES, J. L. F.; SANTOS, H. P. dos; TIBOLA, C. S.; DALMAGO, G. A.; BRISTOT, M.; MELLO, L. G. Corte-aleiramento: estratégia visando à manutenção da qualidade tecnológica de trigo. In: SIMPÓSIO DE ALIMENTOS PARA A REGIÃO SUL, 9., 2015, Passo Fundo. **Anais...** Passo Fundo: Ed. Universidade de Passo Fundo, 2015. 1 CD-ROM.

HUNGRIA, M. **Inoculação com Azospirillum brasilense:** inovação em rendimento a baixo custo. Embrapa, Documentos, n. 325, 2011. 36p.

IBGE. SIDRA. Banco de tabelas estatísticas. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/home/pimpfbr/brasil>>. Acesso em: 2 jul. 2021.

LUDWIG, R. L. **Inoculação com *Azospirillum brasiliense* e adubação nitrogenada em cultivares de trigo.** UFSM: Santa Maria, Dissertação de Mestrado, 2015. 103p.

MANFRON, A. C. A.; FONTANELI, R. S.; SANTOS, H. P. dos.; ZENI, M.; SILVA, D. da.; PAZINATO, J. F. Sobressemeadura, uma alternativa entre safras para alimentação animal e palhada. **Revista Plantio Direto**, Maio/Junho, p. 19-24, 2019.

MONTEIRO, J. E. B. A. (org.) **Agrometeorologia dos cultivos:** o fator meteorológico na produção agrícola. Brasília: INMET, 2009. 530p.

MUNDSTOCK, C. M. **Cultivo dos cereais de estação fria:** trigo, cevada, aveia, centeio, alpiste e triticale. Porto Alegre: Ed. Autor, 1983. 265p.

NOAA. Climate Prediction Center. **El Niño/Southern oscillation (ENSO) diagnostic dicussion.** Disponível em: <https://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/enso_advisory/ensodisc.shtml> Acesso em: 14 jun. 2021.

PANISSON, F. T.; FONTANELI, R. S.; DALL'AGNOL, E.; REBESQUINI, R.; SILVEIRA, D.; SANTOS, E. P. dos.; FONTANELI, R. S.; BONDAN, C.; CEOLIN, M. E. T.; ESCOBAR, F. M. Potencial de produção de biomassa de forrageiras e adubos verdes anuais de inverno. **Revista Plantio Direto**, Maio/Junho, p. 14-20, 2020.

PASINATO, A.; CUNHA, G. R. da; FONTANA, D. C.; MONTEIRO, J. E. B. de A.; NAKAI, A. M.; OLIVEIRA, A. F. de. Potential area and limitations for the expansion of rainfed wheat in the Cerrado biome of Central Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.53, n.7, p.779-790, 2018.

PESSÔA, A. S. M.; FRANDIM, B.; ASSARICE, V.; REVELES, P. RALLY da Safra - Estado da arte do plantio direto - relatório final em 2019. Florianópolis, agosto, 2019. 48 p.

PIRES, J. L. F.; CAIERÃO, E.; CHAGAS, J.; FOLONI, J. S. Rendimentos elevados em trigo. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, Mai/Jun, 2020. p.4-9.

PIRES, J. L. F.; SCHEEREN, P. L.; CASTRO, R. L. DE; CAIERÃO, E.; GUARENTI, E. M.; LAU, D.; CUNHA, G. R. DA; SANTANA, F. M.; CARAFFA, M.; TOIGO, M. DE C.; SANTOS, H. P.; MIRANDA, M. Z. DE; FAÉ, G. S.; VIEIRA, V. M.; KLEIN, M.; RIFFEL, C. T.; PASINATO, A. **Indicações para o manejo da cultivar de trigo BRS Reponte (RS, SC e sul do PR).** Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2021. 24p. (Embrapa Trigo, Comunicado Técnico 380).

PIRES, J. L. F.; STRIEDER, M. L.; MARSARO JÚNIOR, A. L.; PEREIRA, P. R. V. da S.; COSTAMILAN, L. M.; MACIEL, J. L. N.; DE MORI, C.; CAIERAO, E.; GUARENTI, E. M.; CARRÃO-PANIZZI, M. C.; DALMAGO, G. A.; SANTOS, H. P. dos; FAÉ, G. S.; SILVA JUNIOR, J. P. da; SANTI, A.; CUNHA, G. R. da; VARGAS, L.; PASINATO, A. **Estratégias de sucessão trigo/aveia preta-soja para sistemas de produção de grãos no Planalto Médio do Rio Grande do Sul.** Passo Fundo : Embrapa Trigo, 2016. 24p. (Embrapa Trigo, Circular Técnica, 14).

PIRES, J. L. F.; VARGAS, L.; CUNHA, G. R. da. (Eds.) **Trigo no Brasil:** bases para produção competitiva e sustentável. Passo Fundo, RS: Embrapa Trigo, 2011. 488p.

RAÍX. **Raíx sementes.** Disponível em: <<http://raixsementes.com.br/>> Acesso em: 14/06/2021.

REUNIÃO da Comissão Brasileira de Pesquisa de Aveia (XXXIV). **Indicações técnicas para a cultura da aveia.** Passo Fundo: Ed. Universidade de Passo Fundo, 132 p., 2014.

REUNIÃO da Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale (XII). **Informações Técnicas para Trigo e Triticale - Safra 2019.** Passo Fundo/RS. Brasília, DF: Embrapa, 2018. 240 p.

REUNIÃO da Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale, 13., 2019, Passo Fundo. **Informações técnicas para trigo e triticale:** safra 2020. Passo Fundo: Biotrigo Genética, 2020. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/214730/1/informacoestecnicasparatrigoe triticale safra2020-1592946148.pdf>. Acesso em: 23 jul. 2020.

REUNIÃO da Comissão Sul-Brasileira de Pesquisa de Trigo (XXXVI). **Indicações Técnicas da Comissão Sul-Brasileira de Pesquisa de Trigo:** trigo e triticale - 2004. Passo Fundo/RS. Passo Fundo, RS: Embrapa Trigo, 2004. 152 p.

REUNIÃO nacional de pesquisa de cevada (XXXII). **Indicações Técnicas para a Produção de Cevada Cervejeira nas Safras 2019 e 2020.** Passo Fundo/RS. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2019. 116p. (Embrapa Trigo, Sistemas de produção 10).

SANTANA, F. M.; LAU, D.; SBALCHEIRO, C. C.; SCHIPANSKI, C. A.; VENANCIO, W. S.; DALLAGNOL, L. J.; GUTERRES, C. W.; KUHNEM JÚNIOR, P. R.; CHAGAS, D. F. **Eficiência de fungicidas para controle de giberela do trigo:** resultados dos Ensaios Cooperativos - Safra 2018. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2020a. 20p. (Embrapa Trigo, Circular Técnica 52).

SANTANA, F. M.; LAU, D.; SBALCHEIRO, C. C.; SUSSEL, A. A. B.; VENANCIO, W. S.; SCHIPANSK, C. A.; CHAGAS, D. F. **Eficiência de fungicidas para controle de brusone de trigo:** resultados dos ensaios cooperativos, safra 2019. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2020b. 14p. (Embrapa Trigo, Circular Técnica 55).

SANTOS, H. P. dos; AMBROSI, I.; LHAMBY, J. C. B.; SCHNEIDER, G. A. Comparação econômica de sistemas de rotação de culturas para a região do Planalto Médio do RS. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 8, n. 1, p. 25-29, 2002.

SANTOS, H. P. dos; AMBROSI, I.; WOBETO, C. Risco de sistemas de rotação de culturas de inverno e verão, sob plantio direto. **Ciência Rural**, v. 30, n. 1, p. 37-42, 2000a.

SANTOS, H. P. dos; FONTANELI, R. S.; AMBROSI, I. Análise de risco de sistemas de produção de grãos envolvendo pastagens anuais de inverno e de verão, sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v. 10, n. 1/2, p. 59-65, 2004.

SANTOS, H. P. dos; FONTANELI, R. S.; AMBROSI, I. Análise econômica de culturas de inverno e de verão em sistemas mistos, sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v. 9, n. 1/2, p. 121-128, 2003.

SANTOS, H. P. dos; FONTANELI, R. S.; IGNACZAK, J. C.; ZOLDAN, S. M. Conversão e balanço energético de sistemas de produção de grãos com pastagens sob sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 4, p. 743-752, 2000b.

SANTOS, H. P. dos; FONTANELI, R. S.; SPERA, S. T.; DALMAGO, G. A.; PIRES, J. L. F.; SANTI, A. (Ed. Téc.). **Sistemas de produção para cereais de inverno:** três décadas de estudos. Embrapa: Brasília, 2019. 307p.

SANTOS, H. P. dos; FONTANELI, R. S.; SPERA, S. T.; MALDANER, G. L. Conversão e balanço energético de sistemas de produção com integração lavoura-pecuária (SPILP), sob plantio direto. In: PIRES, J. L. F.; PASINATO, A.; CAIERÃO, E.; TIBOLA, C. S. (Org.). **Trigo:** resultados de pesquisa - safra 2009. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2010. p. 71-87. (Embrapa Trigo. Documentos, 96).

SANTOS, H. P. dos; FONTANELI, R. S.; TOMM, G. O.; MANTO, L. Conversão e balanço energético de culturas de inverno e de verão em sistemas de produção mistos sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v. 11, n. 1/2, p. 39-46, 2005.

SANTOS, H. P. dos; LHAMBY, J. C. B.; IGNACZAK, J. C.; SCHNEIDER, G. A. Conversão energética e balanço energético de sistemas de sucessão e de rotação de culturas. **Ciência Rural**, v. 1, n. 2, p. 191-198, 2001.

SANTOS, H. P. dos; LHAMBY, J. C. B.; PRESTES, A. M.; REIS, E. M. Características agronômicas e controle de doenças radiculares de trigo, em rotação com outras culturas de inverno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 33, n. 3, p. 277-288, 1998.

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**, v. 31, n. 4, p. 259- 267, abr. 1996.

SILVA, S. R.; PIRES, J. L. F. Resposta do trigo BRS Guamirim à aplicação de *Azospirillum*, nitrogênio e substâncias promotoras do crescimento. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 48, n.4, p.631-638, 2017.

SOCIEDADE Brasileira de Ciência do Solo. **Manual de calagem e adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. [s. l.]: Comissão de Química e Fertilidade do Solo - RS/SC, 2016. 376 p.

ZIECH, A. R. D.; CONCEIÇÃO, P. C.; LUCHESE, A. V.; BALIN, N. M.; CANDIOTTO, G.; GARMUS, T. G. Proteção do solo por plantas de cobertura de ciclo hibernal na região Sul do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.50, n.5, p.374-382, 2015.

WIETHÖLTER, S. Fertilidade do solo e a cultura do trigo no Brasil. In: PIRES, J. L. F.; VARGAS, L.; CUNHA, G. R. da. (Eds.) **Trigo no Brasil:** bases para produção competitiva e sustentável. Passo Fundo, RS: Embrapa Trigo, 2011. p. 135-184.

CAPÍTULO 8

Arroz Irrigado em Plantio Direto

Dr. Enio Marchesan, Dr. Ibanor Anghinoni e Dr. Paulo Regis Ferreira da Silva

Introdução

Da produção total de 11.756 mil toneladas de arroz no Brasil na safra agrícola 2020/21 (Tabela 1), cerca de 92% é proveniente de áreas irrigadas, predominantemente sob alagamento. Nesta condição, a produtividade média de grãos (8,31 t/ha) é muito maior do que na condição de sequeiro (2,48 t/ha), de modo que os cinco estados maiores produtores de arroz irrigado representam 96% do total da produção de arroz irrigado e 88% da produção nacional de arroz. O Rio Grande do Sul (RS) é o estado com a maior produção (8.277 mil toneladas) e a maior produtividade (9,01 t/ha) de arroz do Brasil.

Tabela 1. Área, produção e produtividade de arroz no Brasil, nas condições de sequeiro e irrigado, e os cinco estados maiores produtores de arroz irrigado, safra 2020/21.

Brasil/ Estados	Área 1000 ha	Produção 1000 t	Produtividade t/ha
Arroz total/Brasil	1.682,1	11.756	6,99
Arroz sequeiro/Brasil	378,8	939,5	2,48
Arroz irrigado/Brasil	1.303,3	10.826	8,31
Rio Grande do Sul ¹	946,0	8.277	9,01
Santa Catarina	148,6	1.260	8,48
Tocantins	108,9	656	6,03
Goiás	18,2	118	6,50,
Roraima	12,5	83	6,68

Fonte: Adaptado de Conab (2021). ¹Conforme Irga (2021).

1 Sistemas de Cultivo de Arroz Irrigado

É importante ressaltar que o arroz irrigado tem a particularidade de poder ser semeado em duas condições completamente diferentes: sem lâmina de água ou com a presença de lâmina de água no momento da semeadura, sendo conhecidos, respectivamente, como semeadura em solo seco ou utilizando sementes pré-germinadas em lâmina de água, denominado pré-germinado. Além da condição de semeadura, os sistemas de cultivo se diferenciam quanto à época e aos métodos de preparo e manejo do solo, de modo a originar várias combinações conforme descrição nas Recomendações Técnicas da Pesquisa para o Sul do Brasil (SOSBAI, 2018).

a) **Sistema convencional** - o preparo da área é realizado com equipamentos de acordo com a necessidade, podendo envolver operações mais profundas, com posterior preparo mais superficial do solo visando o adequado nivelamento da superfície, o controle de plantas daninhas e a confecção de taipas para irrigação. Envolve intensa mobilização do solo previamente à semeadura (Figura 1).



Figura 1. Sistema convencional de cultivo de arroz irrigado: preparo do solo (a), estabelecimento das plantas (b) e entrada de água (c). Fotos: Enio Marchesan (UFSM).

b) **Sistema pré-germinado** - caracteriza-se pela implantação da lavoura com sementes pré-germinadas de arroz, distribuídas a lanço, em solo previamente inundado com pequena (≤ 5 cm) lâmina de água. O preparo da área pode ser feito tanto em solo seco ou com presença de lâmina de água, sendo muito importante o seu perfeito nivelamento (Figura 2).



Figura 2. Preparo do solo inundado com grade (a), nivelamento com prancha alisadora (b) e plântulas em fase de estabelecimento (c). Fonte: a,b) Grupo Gestor do Arroz Agroecológico (GGAA); c) Gilberto Dotto (Irga).

c) **Sistema cultivo mínimo** - a semeadura do arroz é realizada em solo previamente preparado (Figura 3a) sendo que, no momento de semeadura, a cobertura vegetal de espécies que se estabeleceram precisa ser controlada com herbicidas ou

incorporação superficial com rolo-faca, grade pouco travada ou manejo animal controlado. O preparo da área pode ser feito desde o verão anterior até o início da primavera, o que permite a formação de cobertura vegetal. As operações de preparo da área são finalizadas com o entaipamento da área (Figura 3c). A semeadura é feita sobre a cobertura vegetal dessecada (Figura 3b), ocorrendo mobilização do solo apenas na linha de semeadura, o que auxilia no manejo de plantas daninhas. É um sistema onde se tem mais domínio sobre a época de semeadura, pois a área já foi previamente preparada de forma convencional, com variação dos equipamentos utilizados de acordo com a necessidade de renivelamento da superfície do solo, sendo particularmente importante em anos de maiores precipitações pluviais no momento da semeadura. Este sistema, de fato se constitui, segundo a SOSBAI (2018), no *preparo antecipado em Plantio direto*, no sentido de *semeadura direta*.



Figura 3. Preparo antecipado do solo (a), cobertura dessecada previamente ao plantio (semeadura) direto (b) e plantas estabelecidas em lavoura entaipada (c). Fotos: a) Enio Marchesan (UFSM); b,c) Valmir G. Menezes (Irga).

d) Sistema plantio direto - fundamenta-se em três princípios básicos: movimentação mínima do solo, permanente cobertura do solo e adoção de sucessão (plantas de cobertura para formar palhada – pastejadas ou não) e rotação de culturas, com o objetivo de conservação do solo. O cultivo de arroz irrigado neste sistema (SPD) no Sul do Brasil, contrariamente ao Cultivo mínimo (no sentido de preparo antecipado), a área que também deve ser dessecada para implantação do arroz em semeadura direta, não sofre mobilização do solo, a não ser a construção de taipas. *No entanto, esta necessária mobilização do solo não se enquadra perfeitamente no conceito clássico de Sistema plantio direto, no sentido de mínima mobilização (apenas no sulco de semeadura), uso de plantas em sucessão (pastejadas ou não) e rotação de culturas que atende, de fato, os preceitos em termos de estruturação e funcionalidade do solo.*



Figura 4. Arroz em plantio direto (a), trevo-persa como planta de cobertura de outono-inverno (b) e soja irrigada em rotação (c). Fotos: a) Luiz Fernando Siqueira (Irga); b) Jamir L. Silva da Silva (Embrapa Terras Baixas); c) Enio Marchesan (UFSM).

A caracterização dos sistemas de produção utilizados na cultura do arroz irrigado visa fornecer elementos para a análise comparativa entre eles, podendo-se estabelecer suas exigências, oportunidades e necessidades de pesquisa. No entanto, a evolução da lavoura impõe a aplicação de novos conceitos e atitudes sobre o manejo dos cultivos para que continuem sendo sustentáveis à luz dos conhecimentos gerados. Neste sentido, no tópico seguinte serão apresentadas conceituações que tornam mais claro o estado atual dos sistemas de cultivo de arroz no Sul do Brasil, com ênfase em sistemas e manejos mais conservacionistas de produção de arroz.

2 Plantio Direto em Arroz Irrigado no Sul do Brasil

3.1 Diferenças na condução de arroz irrigado em sistemas de Cultivo mínimo e Plantio direto

Os principais sistemas utilizados e seus respectivos percentuais de áreas no RS na safra 2020/21, foram: sistema pré-germinado (11,19%), sistema convencional (17,03%), sistema cultivo mínimo (61,56%) e sistema plantio direto (10,22%), segundo Irga (2021). Observa-se a predominância do sistema **cultivo mínimo**, com quase dois terços da área do RS, enquanto a participação do **plantio direto** é ainda pequena e que vem ocorrendo, principalmente a partir da última década. Já no estado de Santa Catarina (SC), predomina o sistema pré-germinado, com 78% da área cultivada na safra 2019/20 (Epagri, 2020), sendo o restante com semeadura em solo seco.

A denominação do **plantio direto do arroz irrigado** utilizada no Sul do país (SOSBAI, 2018) não se enquadra perfeitamente nas definições clássicas conforme a literatura brasileira (Muzzili, 2000; Anghinoni et al., 2019). A conceituação de **plantio direto** pela SOSBAI (2018), de fato, inclui dois sistemas: o **Sistema Plantio Direto (SPD)** clásico, que atende os preceitos em termos de estruturação e funcionalidade, e o **Plantio direto** propriamente dito, no sentido de *semeadura direta sem preparo imediato do solo* à semeadura e sem, necessariamente, atender os requisitos de manejo (sucessão e rotação) de culturas, não existindo dados estatísticos do uso desses dois sistemas nas lavouras.

Por outro lado, o que é denominado de **cultivo mínimo** seguido de semeadura direta (Plantio direto), também não carrega em si o conceito *Minimum Tillage*, que é essencialmente caracterizado pela menor mobilização do solo: gradagem leve, subsolagem ou escarificação superficiais. Desta forma, de um lado o sistema de **cultivo mínimo** não expressa inteiramente o manejo adotado e, de outro lado, o manejo do **Sistema Plantio Direto (SPD)** é difícil de executar em ambiente de cultivo de arroz irrigado.

A maior utilização de **cultivo mínimo** sem preparo imediato do solo à semeadura utilizado no Sul do Brasil decorre em determinadas situações, especialmente quando a colheita é realizada em períodos de poucas chuvas, associado ao manejo de supressão da irrigação em pré-colheita (estado de grão pastoso), em que é possível utilizar equipamentos que não mobilizam tão intensamente o solo e é efetuado apenas para recuperar o nivelamento da área. Neste caso, o efeito da desestruturação ocorre apenas na camada superficial do solo, pois a mobilização do solo se situa numa posição intermediária entre o preparo convencional e o sistema sem preparo do solo.

3.2 Problemas e entraves relacionados ao Plantio direto no cultivo de arroz irrigado

Duas situações principais se apresentam: a) se a lavoura é de uma nova safra de arroz irrigado após arroz ou b) se é o cultivo de arroz em rotação com soja, milho ou outra espécie de sequeiro, cultivada sem presença de lâmina de água.

a) Lavoura de arroz após safra de arroz

Quando a colheita é feita no seco, ou seja, em situação em que não haja formação de rastros nas operações de colheita e transporte, não há necessidade de movimentação do solo para implantação do próximo cultivo de arroz. No entanto, em áreas de arroz irrigado, um dos entraves é a ocorrência de chuvas no período da colheita, o que promove a formação de rastros. Neste caso, há necessidade de se recuperar o nivelamento da área, perdendo-se um dos princípios do Sistema plantio direto, que é a mobilização mínima do solo.

Outro entrave é a necessidade de executar a supressão da irrigação do arroz, ou seja, suspender a irrigação, mas sem a realização de drenagem, o que pode implicar em redução da qualidade de grãos, se a colheita não for realizada no momento adequado. Aspectos como tipo de solo, localização da área, condições meteorológicas, cultivar, estrutura disponível de colheita e equipe de trabalho afetam o resultado e a maior ou menor adoção desse manejo.

A presença de **taipas ou curvas de nível**, utilizadas para estabelecimento de uma lâmina de água em áreas não sistematizadas, é outro entrave quando o cultivo seguinte não for arroz, pois há necessidade de desmanchar as taipas e, com isso, mobiliza-se o solo.

A **quantidade de palha** no momento da semeadura, seja ela oriunda de plantas de cobertura ou mesmo da resteva de arroz da safra anterior em ambiente de áreas de terras baixas, é uma dificuldade porque ela mantém mais umidade no solo, afetando as operações ou mesmo atrasando a semeadura. Como as janelas de semeadura são pequenas nesse ambiente, corre-se o risco de semear fora da época de maior potencial de produtividade.

b) Lavoura de arroz após safra de soja

A adoção do plantio direto na cultura do arroz após o cultivo da soja ocorre de forma natural pois, normalmente, não há mobilização do solo após a colheita da soja e, com isto, ocorre a semeadura direta no próximo cultivo de arroz, normalmente também sobre plantas de cobertura no outono-inverno, com ou sem a integração lavoura-pecuária.

3.3. Estratégias, e possibilidades para adoção do plantio direto em áreas de arroz irrigado

a) Cultivo de arroz sobre arroz

O plantio direto pode ser viabilizado se a colheita da safra anterior de arroz for realizada no seco e não houver necessidade de mobilização do solo pois, neste caso, ocorre a semeadura direta do arroz sem necessidade de preparo da área ou de construção de taipas. Por outro lado, quando há necessidade de preparo antecipado da área, ocorre a semeadura direta em área preparada previamente. O método de **irrigação por pivô** viabiliza a adoção de plantio direto em arroz, pois não há necessidade de taipas e, com isto, também não há mobilização do solo.

b) Arroz em rotação com soja e outros cultivos de sequeiro

Uma das estratégias que pode ser utilizada em áreas de arroz irrigado, é o **cultivo da soja**, principalmente, e de outras culturas de sequeiro em rotação. Na safra 2020/21, a área cultivada com soja em rotação com arroz foi recorde (370.532 ha), com produtividade média de 3,14 t/ha, representando 39,17% da área de cultivo de arroz e está aumentando em função dos ganhos proporcionados ao sistema (Irga, 2021). Em lavouras de soja, milho ou sorgo em rotação com arroz irrigado, a colheita pode ser realizada com menor grau de umidade do solo, promovendo menor desestruturação da sua superfície. Além do aspecto solo, fica muito facilitada a implantação de plantas de cobertura em sucessão no outono-inverno e, com isso, amplia-se os princípios do sistema plantio direto.

Os **Sistemas integrados de produção agropecuária (SIPA)** (Figura 5), coloquialmente denominados de **Sistemas de integração lavoura-pecuária (SIP)-Floresta (SILP)** apresentam-se como uma estratégia de uso intensivo e diversificado da propriedade que, entre outros benefícios, os animais bem manejados regulam a quantidade de massa vegetal no momento da semeadura das culturas de primavera-verão. Sua utilização tem resultado em incremento na produtividade de arroz irrigado em relação ao seu monocultivo. Para aqueles que não têm essa possibilidade de integração, a quantidade de palha remanescente no momento da semeadura pode ser manejada através de pastejo controlado ou da época de dessecação. Esta é uma prática de manejo que está em fase de plena conscientização e com muita demanda de informação técnica e científica.



Figura 5. Vista do experimento de sistema integrado de produção arroz/azevém pastejado/soja em plantio direto. Fazenda Corticeiras no município de Cristal RS. Fonte: Carmona et al. (2018).

Os benefícios da inserção do animal e da rotação com soja no cultivo do arroz em manejo conservacionista do solo (plantio direto) podem ser obtidos em curto prazo, conforme evidenciado em experimento com diferentes sistemas de manejo (Figura 6).



Figura 6. Produtividade de grãos de arroz irrigado em diferentes sistemas de produção: arroz/pousio/arroz em preparo convencional e arroz/azevém pastejado/arroz e arroz/azevém pastejado/soja em plantio direto.

Fonte: Denardin, L. G.O. Momento você sabia, Aliança SIPA (2021).

3.4 Demandas de pesquisa e tecnologia para facilitar a adoção e aumentar a área de cultivo de arroz irrigado em plantio direto

A quantidade de palha deixada pelos cultivos de outono-inverno utilizados como plantas de cobertura ainda é um aspecto de manejo que precisa ser melhor entendido. Esta questão é particularmente importante em áreas sem integração com pecuária. Começa pela dificuldade de melhor dimensionamento do retorno econômico de implantar os cultivos apenas como planta de cobertura, em função dos custos e pela dificuldade de quantificar um retorno direto e imediato do investimento.

Outro aspecto de manejo refere-se à necessidade de drenagem das áreas para que as espécies de sequeiro (plantas de cobertura e/ou adubação verde, pastagem e cultivos comerciais) tenham desenvolvimento adequado e possam auxiliar na ciclagem de nutrientes e no controle e manejo de plantas daninhas. Em função da localização geográfica das áreas e da proximidade com a rede de recursos hídricos, em diversas situações, há necessidade de projetos específicos para cálculo, localização e implementação da rede de drenagem na área, implicando em custos. Por outro lado, a manutenção e a permanente recuperação do sistema de macro e microdrenagem da área exige equipe capacitada e motivada.

Há, ainda, a necessidade de viabilizar o uso de outras espécies de outono-inverno, além do azevém, que é a mais largamente utilizada. Além da aveia, o estudo de espécies leguminosas de crescimento rápido, como o trevo-persa, é um aspecto muito importante para que possa ser economicamente viável seu uso no curto espaço de tempo da entressafra dos cultivos de primavera-verão. A contribuição dessas espécies ocorre também pela possibilidade de adubação verde. Necessita-se estudos sobre a propagação de eventuais pragas, doenças e plantas daninhas, comuns em cultivos de

primavera-verão e de outono-inverno, que é uma preocupação em sistemas de rotação e sucessão de cultivos. Estudos interdisciplinares são fundamentais para poder se observar o sistema de produção como um todo e não em áreas de conhecimento isoladas.

O manejo de plantas daninhas no período do outono-inverno é outro desafio. Com a melhoria nos processos de drenagem das áreas, espécies de plantas daninhas de ambiente de terras altas estão cada vez mais presentes em ambiente de terras baixas. Há carência de herbicidas para executar o controle químico de espécies de folhas largas em áreas com leguminosas, utilizadas de forma isolada ou em misturas com outras espécies.

3 Manejo do Arroz Irrigado em Sistemas de Produção

O cultivo de arroz irrigado por inundação da área exige a realização do nivelamento da superfície da área para que a altura da lâmina de água seja o mais uniforme possível, tanto em área com taipas, que são estruturas construídas para viabilizar a manutenção de lâmina de água em áreas com declividade, como em áreas sistematizadas, que envolve o nivelamento dentro dos talhões. Durante as operações de colheita e transporte de grãos, é comum a formação de rastros, sendo necessário recuperar o nivelamento da superfície do solo para o cultivo seguinte. Este trabalho implica em refazer as taipas também, envolvendo a mobilização do solo. Uma alternativa a este manejo, dependendo principalmente do volume e da distribuição de chuvas no período, é a realização da colheita no seco, para que não haja a necessidade de mobilizar o solo para implantar o próximo cultivo.

Cultivos ditos de sequeiro, como a soja, principalmente, estão ocupando cada vez mais áreas em rotação com o arroz, com maiores exigências em termos de drenagem para minimizar estresses por deficiência hídrica e de oxigênio. A irrigação das culturas de sequeiro, por outro lado, exige planejamento diferente do utilizado em arroz e, com isto, há a necessidade de projetos técnicos elaborados considerando também o aspecto ambiental em função da localização das áreas de arroz estarem mais próximas de fontes de água.

A presença de cultivos como a soja, especialmente, traz consigo a facilidade de implantação de cultivos de outono-inverno, como plantas de cobertura ou para adubação verde, sendo uma ótima oportunidade de realizar a integração com pecuária, agora num sistema tecnológico em patamar de uso mais intensivo. Assim, a diversificação de cultivos está ocorrendo de forma rápida. O azevém é a espécie mais amplamente utilizada, mas à medida que ocorre maior controle da drenagem das áreas, observa-se também a expansão da área de aveia-preta e inicia-se estudos sobre mix de plantas de cobertura. Espécies leguminosas como trevos são utilizadas, sendo o trevo-persa a de uso mais recente.

Assim, o uso mais intensivo e diversificado da área precisa ser também sustentável, sendo cada vez mais técnico o manejo dessas espécies, pois envolve, dentre outros aspectos, maiores conhecimentos sobre o manejo de plantas daninhas, de herbicidas e seus resíduais no solo, a fertilidade do solo, como manejo da adubação e da calagem, o manejo da palhada das plantas de cobertura e da resteva do arroz, além da utilização de cultivares das espécies de sequeiro mais adaptadas a esse ambiente.

Assim, é necessário entender os processos para manejear um sistema de produção e não apenas os cultivos isolados (Figura 7). Este é o grande desafio, não apenas tecnologicamente no sistema de produção, mas também na formação e na capacitação de recursos humanos no ambiente de produção em áreas de arroz irrigado.



Figura 7. Arranjo das áreas em sistemas de cultivo de arroz irrigado em rotação com soja e milho. Grupo de Pesquisa de Arroz Irrigado da UFSM (GPAI), Santa Maria RS. Foto: Enio Marchesan (UFSM).

4 Considerações Finais

A cadeia de produção de arroz irrigado busca alternativas para implantar a lavoura, se possível, sem ou com mobilização mínima do solo. Mas, em função da localização geográfica das áreas e da presença de lámina de água na área durante quase todo o ciclo da planta de arroz, normalmente há formação de rastros durante as operações de colheita e transporte de grãos. Assim, a recuperação do nivelamento da área implica em mobilização do solo, bem como a confecção de taipas quando o próximo cultivo de primavera-verão for arroz irrigado por inundação. Esta necessidade de preparo da área dificulta, em muito, a implantação do Sistema plantio direto nesse ambiente, tal como caracterizado para terras altas.

O Plantio direto com preparo antecipado, realizando-se a semeadura direta do arroz, é o sistema mais adotado, sendo denominado de Cultivo mínimo pela SOSBAI (2018). Busca-se, cada vez mais, manejos em que não haja necessidade de mobilização do solo, como a colheita do arroz no seco e sem necessidade de recuperação de taipas; mas isto nem sempre é possível, em função da ocorrência de chuvas no período da colheita. Como se observa, a necessidade de entaipar a lavoura para irrigar a área por inundação limita o Sistema plantio direto em arroz.

O cultivo de arroz em sistema de irrigação por pivô, por outro lado, representa a possibilidade de viabilizar o Sistema plantio direto em arroz, pois não envolve necessidade de mobilização do solo, contempla a rotação/sucessão de culturas, tanto na primavera-verão como no outono-inverno. No entanto, a área utilizada com esse sistema é ainda pouco expressiva no ambiente de arroz irrigado.

REFERÊNCIAS

- ANGHINONI I, MARTINS AP, CARMONA FC. Inter-relação manejo e atributos químicos do solo. In: BERTOL I, MARIA IC, SOUZA LS, organizadores. **Manejo e conservação do solo e da água.** 1 ed. Viçosa: SBCS; 2019. p. 251-279
- CARMONA FC, DENARDIN LGO, MARTINS AP, ANGHINONI I, CARVALHO PCF. **Sistemas integrados de produção agropecuária em terras baixas.** Porto Alegre: Gráfica e Editora RJR, 2018. 118 p.
- CONAB. Acesso em 18 de agosto de 2021. <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos.IRGA>. Acesso realizado em 18 de agosto de 2021. <https://irga.rs.gov.br/safras>
- DATER (Divisão de Assistência Técnica e Extensão Rural), Seção de Política Setorial e meteorologista Jossana Ceolin Cera, Coordenadorias Regionais e NATEs (Núcleos de Assistência Técnica e Extensão). **Boletim de Resultados das Lavouras de Arroz Irrigado e de Soja em Rotação em Terras Baixas no RS – Safra 2020/21:** Condições meteorológicas e seus impactos sobre as lavouras de arroz irrigado e soja em rotação em terras baixas. 14 p.
- DENARDIN LGO. Impacto de curto prazo dos sistemas integrados de produção agropecuária(SIPA) na lavoura arrozeira de terras baixas do Rio Grande do Sul. Acesso em 21 de setembro de 2021. <https://aliancasipa.org/categoria-biblioteca/momento-voce-sabia/>
- EPAGRI/CEPA. **Boletim Agropecuário.** Setembro/2021, Florianópolis, 2021, 47p. (Epagri. Documentos, 345), ISSN: 0100-8986 (impresso),ISSN: 2674-9521(on-line).
- MUZZILI O. A fertilidade do solo no sistema plantio direto. In: **Anais Simpósio sobre Fertilizantes de Solo e Nutrição de Plantas no Sistema Plantio Direto;** 2000; Ponta Grossa, Brasil. Ponta Grossa: AEGCG; 2000. p. 1-16.
- SOSBAI. Arroz Irrigado. **Recomendações técnicas da pesquisa para o sul do Brasil.** 2018. Acesso em 18 de agosto de 2021. https://www.sosbai.com.br/uploads/documentos/recomendacoes-tecnicas-da-pesquisa-para-o-sul-do-brasil_906.pdf.