

MISOSUL

Reunião Técnica Sul-Brasileira de Pesquisa de Milho e Sorgo

Informações técnicas para os cultivos de milho e sorgo na região subtropical do Brasil: safras 2025/26 e 2026/27

*Tamara Pereira Felício
Ebersson Diedrich Eicholz
Alencar Rugeri
Fernando Machado dos Santos
Luís César Cassol
Marcos Carrafa*

Editores Técnicos

Universidade do Oeste de Santa Catarina (Unoesc)
Campos Novos, SC
2025

R444m

Reunião Técnica Sul-Brasileira de Pesquisa de Milho e Sorgo (4: 2025, 26 e 27, ago.: Campos Novos, SC).
MISOSUL 2024: informações técnicas para os cultivos de milho e sorgo na região subtropical do Brasil: safras 2025/26 e 2026/27 / editores técnicos Tamara Pereira Felício [et al.]. – Joaçaba: Editora Unoesc, 2025.

ISBN: 978-85-8422-264-3

Modo de acesso:

1. Milho. 2. Sorgo. I. Felício, Tamara Pereira, [et al.]... (edit.). II. Título.

CDD 633

Revisores técnicos

Alencar Rugeri

Engenheiro Agrônomo, Mestre, Extencionista - Associação Sulina de Crédito e Assistência Rural (ASCAR). Porto Alegre, RS. E-mail: arugeri@emater.tche.br

Ana Paula Schneid Afonso da Rosa

Engenheira Agrônoma, Doutora, Pesquisadora em Entomologia
Centro de Pesquisa Agropecuária de Clima Temperado (CPACT/Embrapa), BR 392, Km 78, Monte Bonito, 96010-971, Pelotas, RS. E-mail: ana.afonso@embrapa.br

Christian Bredemeier

Engenheiro Agrônomo, Doutor, Professor
Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Faculdade de Agronomia - Departamento de Plantas de Lavoura. Porto Alegre, RS. E-mail: bredemeier@ufrgs.br

Cley Donizeti Martins Nunes

Engenheiro Agrônomo, Doutor, Pesquisador em Fitopatologia
Centro de Pesquisa Agropecuária de Clima Temperado (CPACT/Embrapa), BR 392, Km 78, Monte Bonito, 96010-971, Pelotas, RS. E-mail: cley.nunes@embrapa.br

Cléia dos Santos Moraes

Engenheira Agrônoma, Doutora, Professora
Faculdade de Administração, Sociedade Educacional Três de Maio - SETREM, Três de Maio, RS. E-mail: cleiamoraes@setrem.com.br

Cinei Teresinha Riffel

Engenheira Agrônoma, Doutora, Professora Fitossanidade/Entomologia agrícola
Curso de Agronomia da Sociedade Educacional Tres de Maio - SETREM, Três de Maio, RS. E-mail: cinei@setrem.com.br

Dagma Dionísia da Silva Araújo

Engenheira Agrônoma, Doutora, Pesquisadora – Fitopatologia.
Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG. E-mail: dagma.silva@embrapa.br

Eberson Diedrich Eicholz

Engenheiro Agrônomo, Doutor, Pesquisador em Fitotecnia
Centro de Pesquisa Agropecuária de Clima Temperado (CPACT/Embrapa), BR 392, Km 78, Monte Bonito, 96010-971, Pelotas, RS. E-mail: eberson.eicholz@embrapa.br

Evandro Spagnollo

Engenheiro Agrônomo, Doutor, Pesquisador em Ciência do Solo
Centro de Pesquisa para Agricultura Familiar, Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (CEPAF/EPAGRI), 89801-970, Chapecó, SC. E-mail: spagnollo@epagri.sc.gov.br

Edmar W. Gervásio

DERAL - Departamento de Economia Rural do Paraná
E-mail: edmar.gervasio@seab.pr.gov.br

Felipe Bermudez Pereira

Engenheiro-agrônomo, Doutor, Pesquisador em Melhoramento de Milho.
Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI), Chapecó, SC. E-mail: felipepereira@epagri.sc.gov.br

Fernando Machado dos Santos

Engenheiro Agrônomo, Doutor, Professor em Fitotecnia
Instituto Federal do Rio Grande do Sul - IFRS /Campus Sertão, Sertão, RS.
E-mail: fernando.machado@sertao.ifrs.edu.br

Giovani Benin

Engenheiro Agrônomo, Doutor, Professor
Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) Campus Pato Branco. Pato Branco, PR. E-mail: benin@utfpr.edu.br

Giovani Theisen

Engenheiro Agrônomo, Doutor, Pesquisador em Fitotecnia
Centro de Pesquisa Agropecuária de Clima Temperado (CPACT/Embrapa), BR 392, Km 78, Monte Bonito, 96010-971, Pelotas, RS. E-mail: giovani.theisen@embrapa.br

Haroldo Tavares Elias

Engenheiro Agrônomo, Doutor, Analista de Socioeconomia e Desenvolvimento Rural
Centro de Pesquisa para Agricultura Familiar, Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (CEPAF/EPAGRI), 89801-970, Chapecó, SC. E-mail: htelias@epagri.sc.gov.br

Joanei Cechin

Engenheiro Agrônomo, Doutor, Pesquisador – Manejo de plantas daninhas
Cientista Associado, Ponta Grossa, PR.

Leandro do Prado Ribeiro

Engenheiro Agrônomo, Doutor, pesquisador em Entomologia
Centro de Pesquisa para Agricultura Familiar, Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (CEPAF/EPAGRI), Chapecó, SC.
E-mail: leandroribeiro@epagri.sc.gov.br

Luciano Viana Cota

Engenheiro Agrônomo, Doutor, Pesquisador – Fitopatologia.
Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG. E-mail: luciano.cota@embrapa.br

Luís César Cassol

Engenheiro Agrônomo, Doutor, Pesquisador – Solos
Universidade Tecnológica Federal do Paraná/Campus Pato Branco. Pato Branco, PR. E-mail: luisito.cassol@gmail.com

Marcos Carrafa

Engenheiro Agrônomo, Mestre, Professor
Faculdade de Administração, Sociedade Educacional Três de Maio - SETREM, Três de Maio, RS. E-mail: garrafa@setrem.com.br

Maria Cristina Canale

Engenheira Agrônoma, Doutora, Pesquisadora em Fitopatologia,
Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI), Chapecó, SC. E-mail: cristinacanale@epagri.sc.gov.br

Michelangelo Muzell Trezzi

Engenheiro Agrônomo, Doutor, Pesquisador – Manejo de plantas daninhas
Universidade Tecnológica Federal do Paraná/Campus Pato Branco. Pato Branco, PR. E-mail: trezzim@gmail.com

Paulo Regis Ferreira da Silva

Engenheiro Agrônomo, Doutor, Professor
Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Faculdade de Agronomia - Departamento de Plantas de Lavoura. Porto Alegre, RS. E-mail: paulo.silva@ufrgs.br

Rodrigo Vêras da Costa

Engenheiro Agrônomo, Doutor, Pesquisador – Fitopatologia
Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG. Email: rodrigo.veras@embrapa.br

Rogério Ferreira Aires

Engenheiro Agrônomo, Doutor, Pesquisador em Fisiologia e Manejo de Plantas
DDPA/SEAPDR, Vacaria, RS. E-mail: rogerio-aires@agricultura.rs.gov.br

Siumar Pedro Tironi

Engenheiro Agrônomo, Doutor, Biologia e Manejo de Plantas Daninhas, Culturas Anuais e Impacto Ambiental de Herbicidas. Professor da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), campus Chapecó. Chapecó, SC. E-mail: siumar.tironi@uffs.edu.br

Tamara Pereira Felicio

Engenheira Agrônoma, Doutora, Professora e Pesquisadora em Fitotecnia, Universidade do Oeste de Santa Catarina (UNOESC), Campos Novos, SC. E-mail: tamara.pereira@unoesc.edu.br

Walkyria Bueno Scivittaro

Engenheira Agrônoma, Doutora, Pesquisadora em Manejo e Fertilidade do Solo, Centro de Pesquisa Agropecuária de Clima Temperado (CPACT/Embrapa), BR 392, Km 78, Monte Bonito, 96010-971, Pelotas, RS. E-mail: walkyria.scivittaro@embrapa.br.

Apresentação

A IV Reunião Técnica Sul-Brasileira de Pesquisa de Milho e Sorgo - MISOSUL foi realizada no período de 26 a 27 de agosto de 2025, em Campos Novos, SC. Este Evento abrange os três estados do sul do Brasil, e visa ampliar a discussão de problemas de pesquisa e a cooperação entre instituições de ensino, pesquisa e extensão, com o objetivo de atenuar dificuldades e ampliar a produção e sustentabilidade destes cultivos na região. O tema central do encontro foi “Estratégias de manejo para a manutenção da cultura do milho nos sistemas de produção”.

A MISOSUL foi estabelecida a partir da união de reuniões técnicas do Rio Grande do Sul (Reunião Técnica Anual de Pesquisa do Milho e Reunião Técnica Anual de Pesquisa do Sorgo), de Santa Catarina (Reunião Técnica Catarinense de Pesquisa de Milho e Reunião Técnica Catarinense de Pesquisa de Sorgo) e do Paraná (Reunião Técnica Paranaense de Pesquisa de Milho e Sorgo).

A partir da 56ª Reunião Técnica Anual do Milho e 39ª Reunião Técnica Anual do Sorgo do Rio Grande do Sul, o livro das indicações técnicas passou a ser atualizado a cada dois anos, por profissionais de várias áreas e submetido à aprovação durante a sessão plenária no último dia do evento. A integração das entidades em torno do MISOSUL possibilitou a expansão do livro de Indicações Técnicas, que é revisado e publicado a cada edição, sendo a presente publicação intitulada “Informações técnicas para o cultivo de milho e sorgo na região subtropical do Brasil: safras 2025/26 e 2026/27”. Devido ao dinamismo do mercado de sementes e de produtos fitossanitários, algumas listas com informações dos produtos e cultivares disponíveis no mercado foram substituídas por orientações de como acessar os dados diretamente nos portais do Ministério da Agricultura e órgãos estaduais, garantindo, assim, dados mais atualizados ao leitor.

As informações técnicas descritas nesta publicação são um compilado de boas práticas e de técnicas para cultivo de milho e de sorgo no Rio Grande do Sul, Santa Catarina e sul do Paraná. Entretanto, cabe a cada Técnico (a) Agrícola, Engenheiro (a) Agrônomo (a) ou produtor (a) escolher e definir a melhor estratégia a ser adotada em sua propriedade.

Agradecemos a todos os profissionais que de alguma forma colaboraram para a atualização e revisão desta publicação.

Eberson Diedrich Eicholz

Tamara Pereira Felicio (Coordenadora da 4ª MISOSUL)

Sumário

1. IMPORTÂNCIA DAS CULTURAS DE MILHO E SORGO	10
1.1 Produção e mercado mundiais	10
1.2 Produção e mercado nacionais	12
1.2.1 Cultura do milho	12
1.2.3 Cultura do sorgo	14
1.3 Produção e mercados estaduais	14
1.3.1 Cultura do milho no RS	14
1.3.2 Produção e mercado do milho em SC	17
1.3.3 Produção e mercado do milho no PR	20
2. DESENVOLVIMENTO DA PLANTA E EXIGÊNCIAS EDAFOCLIMÁTICAS	23
2.1 Desenvolvimento da planta	23
2.1.1 Período vegetativo	23
2.1.1.1 Subperíodo semeadura-emergência	23
2.1.1.2 Subperíodo emergência-diferenciação dos primórdios florais	24
2.1.1.3 Subperíodo diferenciação dos primórdios florais-florescimento	25
2.1.2 Período reprodutivo	25
2.1.2.1 Subperíodo florescimento-polinização	25
2.1.2.2 Subperíodo polinização-maturação fisiológica	26
2.1.2.3 Subperíodo maturação fisiológica-maturação de colheita	26
2.2 Escala de desenvolvimento da planta de milho	27
2.3 Escala de estádios de desenvolvimento da planta de sorgo	28
2.4 Fenologia	29
2.5 Exigências climáticas	29
2.5.1 Radiação solar	30
2.5.2 Temperatura do solo e do ar	30
2.5.3 Necessidades hídricas da planta	30
2.5.3.1 Consumo de água e coeficientes para a cultura do milho	31
2.5.4 Manejo da irrigação	33
2.6 Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC)	34
2.7 Referências	34
3. MANEJO DO SOLO, ADUBAÇÃO E CALAGEM	35
3.1 Manejo conservacionista do solo	35
3.1.1 Rotação de culturas	35
3.1.2 Mobilização mínima do solo	35
3.1.3 Cobertura permanente do solo	35

3.1.4	Processo colher-semear	36
3.1.5	Práticas mecanizadas conservacionistas	36
3.2	Adubação e calagem	36
3.2.1	Amostragem de solo	36
3.2.2	Calagem	37
3.2.2.1	Cálculo da quantidade de calcário a aplicar	37
3.2.3	Adubação	40
3.2.3.1	Adubação nitrogenada para milho	39
3.2.3.2	Adubação nitrogenada para milho pipoca	41
3.2.3.2	Adubação nitrogenada para sorgo	41
3.2.3.4	Adubação fosfatada e potássica	42
3.2.3.4.1	Fontes de fósforo e de potássio	44
3.2.3.5	Fertilizantes orgânicos	44
3.2.3.6	Fertilizantes organo-minerais	45
3.2.3.7	Fertilizantes foliares	45
3.2.3.8	Micronutrientes	45
4.	CULTIVARES	46
4.1	A importância da escolha de cultivares de milho	46
4.1.1	Objetivo da produção	46
4.1.2	Quanto ao tipo de cultivar	47
4.1.3	Quanto a versão da cultivar	48
4.1.4	Quanto ao ciclo da cultivar	48
4.2	Cultivares de Sorgo	50
4.2.1	Sorgo granífero	50
4.2.2	Sorgo corte-pastejo	51
4.2.3	Sorgo silageiro e sacarino	51
4.2.4	Sorgo biomassa	52
4.3	Referências	52
5.	ESTABELECIMENTO DA LAVOURA	53
5.1	Época de semeadura	53
5.1.1	Fatores determinantes da escolha	53
5.1.2	Efeitos sobre as características da planta	54
5.2	Semeadura	55
5.2.1	Qualidade, classificação e tratamento de sementes	55
5.2.2	Arranjo de plantas	56
5.2.2.1	Densidade de plantas	56
5.2.2.2	Necessidade de ressemeadura	59
5.2.2.2	Espaçamento entrelinhas	60
5.2.2.3	Cultivo manual: distribuição de plantas e variabilidade	61

5.2.3 Profundidade de semeadura	61
5.2.4 Semeadura na pequena propriedade: orientações básicas	62
6. MANEJO INTEGRADO DE PLANTAS DANINHAS	63
6.1 Interferência de plantas daninhas em milho e sorgo	63
6.2 Prevenção de infestações	64
6.3 Métodos de manejo e controle	64
6.3.1 Manejo cultural	64
6.3.1.1 Uso de cultivares adaptadas	65
6.3.1.2 Arranjo de plantas	65
6.3.1.3 Época de semeadura	65
6.3.1.4 Culturas de cobertura	65
6.3.1.5 Rotação de culturas	66
6.3.2 Controle mecanizado	66
6.3.2.1 Capina manual	67
6.3.2.2 Capina mecanizada	67
6.3.3 Controle químico	67
6.3.3.1 Aplicação em pré-semeadura	68
6.3.3.2 Aplicação em pré-emergência	68
6.3.3.3 Aplicação em pós-emergência	69
6.3.3.4 Aplicação em jato dirigido	69
7. MANEJO INTEGRADO DE DOENÇAS	73
7.1 Principais doenças do milho	73
7.2 Medidas gerais de controle das doenças do milho	74
7.2.1 Resistência genética	74
7.2.2 Sanidade da semente	74
7.2.3 Rotação e sucessão de culturas	75
7.2.4 Eliminação de hospedeiros secundários e plantas voluntárias	75
7.2.5 Balanço de fertilidade	76
7.2.6 População de plantas	76
7.2.7 Manejo da irrigação	76
7.2.8 Aplicação de fungicida	77
7.2.9 Controle de fungos de armazenamento	78
7.3 Principais doenças da cultura do sorgo	78
7.3.1 Medidas gerais de controle de doenças do sorgo	78
7.3.2 Resistência genética a doenças na cultura de sorgo	79
7.3.3 Controle químico	80
8. MANEJO INTEGRADO DE PRAGAS DA CULTURA DO MILHO E SORGO	89
8.1 Introdução	89

8.2. Principais insetos-praga incidentes nas lavouras de milho e sorgo	89
8.2.1 Insetos-praga de sementes e raízes	89
8.2.2 Insetos-praga de colmos e da base de plantas	90
8.2.3 Insetos-praga de folhas de plântulas e de plantas	91
8.2.4 Insetos-praga de espigas e panículas	93
8.3 Insetos-praga de grãos armazenados	94
8.4 Estratégias de manejo das principais espécies de insetos-praga	95
8.4.1 Pragas de lavoura	95
8.4.1.1 Manejo de pragas iniciais	95
8.4.1.2 Manejo de pragas da fase vegetativa e reprodutiva das culturas	97
8.4.2 Pragas de grãos armazenados	98
8.5 Área de refúgio para semeadura de cultivares transgênicas	99
8.5.1 Recomendações para a semeadura e manejo da área de refúgio estrut..	99
8.5.2 Norma de coexistência	100
9. ROTAÇÃO E SUCESSÃO DE CULTURAS	106
9.1 Vantagens e limitações de uso de espécies de cobertura de solo em cultivos isolados como culturas antecessoras ao milho	108
9.2 Sistemas consorciados de espécies de cobertura de solo no outono-inverno antecedendo o cultivo de milho	111
9.3 Estratégias para reduzir os efeitos prejudiciais de espécies poáceas como cobertura de solo no outono-inverno no milho em sucessão	112
9.4 Estratégias para maior benefício do uso de fabáceas e brassicáceas como coberturas de solo no outono-inverno para o milho em sucessão	112
9.5 Uso de espécies de cobertura de solo no outono-inverno como critério para recomendação de adubação nitrogenada no milho em sucessão	113
9.6 Sucessão milho-soja	113
9.7 Sucessão canola-milho	115
9.8 Potencialidades, desafios e tecnologias p/ cultivo de milho em terras baixas	116
9.9 Referências	120
10 MICOTOXINAS EM MILHO E SORGO	122
10.1 Referências	128

1. IMPORTÂNCIA DAS CULTURAS DE MILHO E SORGO

Revisores técnicos: Alencar Rugeri
Haroldo Tavares Elias
Edmar Wardenck Gervasio

Os primeiros registros existentes do cultivo do milho datam a mais de 7.300 anos em pequenas ilhas do litoral mexicano. O milho também chamado de maiz (*Zea mayz*) representa em torno de 21% da nutrição humana no planeta.

O milho é o cereal mais produzido no mundo e tem uma enorme versatilidade. Segundo a USDA, a produção global de milho deverá alcançar 1.286 bilhão de toneladas em 2025. O milho tem importância essencial na alimentação humana e animal, na produção de combustível (etanol) principalmente nos Estados Unidos e no Brasil. Estima-se que há mais de 3.000 derivados do milho, tanto para consumo humano como industrial. O milho dá origem a bebidas, entre elas, o whisky e a cerveja. Também há consumo como cereais matinais, óleo, amido de milho entre outros. A indústria, por sua vez, vai desde a produção de cosméticos até explosivos. Derivados do milho são usados na indústria de aviões e automóveis como componente na areia para fundição de peças. A fermentação do milho também serve para a produção de antibióticos como penicilina e estreptomicina.

Com o intuito de contextualizar a situação da cultura de milho, a seguir, são apresentadas tabelas e figuras contendo informações de produção e dados econômicos dessa cultura no mundo, no Brasil e nos estados do Rio Grande do Sul (RS), Santa Catarina (SC) e Paraná (PR).

1.1 Produção e mercado mundiais

Os principais produtores mundiais do grão são Estados Unidos, China e Brasil, os quais, somados, produziram 800,51 milhões de toneladas na safra 2023/24, o equivalente a quase 66% da produção mundial. Na safra 2023/24 houve um aumento de 5,7% na produção global em relação ao ano anterior. Isso decorreu de expressivos aumentos nas produções dos EUA, China e Argentina. O Brasil, México e África do Sul tiveram suas produções retraídas (Tabela 1.1). Este aumento representou em termos absolutos, mais de 60 milhões de toneladas, que influiu no comportamento dos preços em 2024.

Tabela 1.1. Milho – Principais países produtores mundiais – 2020/21-2023/24 (em milhões de toneladas)

País/Bloco	2020/21	2021/22	2022/23	2023/24	Var. % (2023/24)
Estados Unidos	357,82	381,47	346,74	389,67	12,38
China	260,67	272,55	277,20	288,84	4,20
Brasil	87,00	116,00	137,00	122,00	-10,95
União Europeia	67,44	71,55	52,40	61,87	18,06
Argentina	52,00	49,50	35,00	50,00	42,86
Índia	31,65	33,73	38,09	37,67	-1,10
Ucrânia	30,30	42,13	27,00	32,50	20,37
México	27,35	26,76	28,08	23,50	-16,30
Canadá	16,95	16,14	17,10	15,42	-9,82
África do Sul	16,95	16,14	17,10	13,40	-21,64
Outros	183,64	190,88	181,50	195,14	7,52
Total mundial	1.133,81	1.218,51	1.163,38	1.230,01	5,73

Fonte: USDA (janeiro/2025)

O consumo mundial cresceu 6% de 2021 a 2024. A produção mundial cresceu 8,4% no mesmo período. Com isto, houve elevação dos estoques mundiais em 7,1% no período

avaliado (Tabela 1.2). Dessa forma, os preços permaneceram pressionados em 2024, embora grande parte dos estoques esteja concentrada na China.

Tabela 1.2. Milho – Balanço de oferta e demanda mundial – 2020/21-2023/24 (em toneladas)

Discriminação	2020/21	2021/22	2022/23	2023/24
Produção	1.133.806	1.218.514	1.163.378	1.230.007
Importações	184.930	184.743	173.397	197.135
Exportações	183.096	206.514	180.335	192.035
Consumo	1.152.856	1.179.084	1.165.818	1.222.318
Estoque final	296.392	314.051	304.673	317.462

Fonte: USDA (janeiro/2025)

O Brasil em 2023 exportou 54 milhões de toneladas, sendo o maior exportador mundial do cereal naquele ano. Em 2024, os Estados Unidos retomam a liderança das exportações de milho, com volume de 58 milhões de toneladas, a recuperação da safra dos Estados Unidos e o recuo da safra brasileira explicam esta mudança (Tabela 1.3). O Brasil, Estados Unidos, Argentina e Ucrânia responderam por mais de 80% das exportações mundiais do milho em 2024. A variação da safra nestes países reflete no mercado global.

Tabela 1.3. Milho – Principais exportadores mundiais – 2020/21-2023/24 (em milhões de toneladas)

País	2020/21	2021/22	2022/23	2023/24
Brasil	21,02	48,28	54,26	39,50
Estados Unidos	69,78	62,80	42,22	58,23
Ucrânia	23,86	26,98	27,12	29,49
Argentina	40,94	34,69	25,24	34,00
Rússia	3,99	4,00	5,90	6,60
União Europeia	3,74	6,03	4,20	4,39
África do Sul	3,73	3,65	3,44	2,00
Paraguai	1,35	4,80	3,68	2,00
Índia	3,61	3,36	3,12	2,20
Canadá	1,56	2,19	2,86	2,09
Myanmar	2,60	2,30	2,00	2,85
Outros	10,53	10,79	9,42	10,90
Total mundial	183,10	206,51	180,34	192,04

Fonte: USDA (janeiro/2025)

Os principais importadores mundiais são: a União Europeia, o México, China, Japão, Coreia do Sul e Vietnã, que responderam por cerca de 50% das importações mundiais em 2023/2024. Depois de um recuo de quase 14 milhões de toneladas de 2022 para 2023, houve um incremento das importações de mais de 26 milhões de toneladas em 2024. A China se tornou o maior importador mundial em 2021 e 2022, mudou a dinâmica do mercado internacional de milho e passou a primeiro importador mundial, junto com a União Europeia (Tabela 1.4).

Tabela 1.4. Milho – Principais importadores mundiais de milho – 2019/20-2023/24 (em milhões de toneladas)

País	2019/20	2020/21	2021/22	2022/23	2023/24
União Europeia	17,38	14,49	19,74	23,15	23,50
China	7,58	29,51	21,88	18,71	23,00
México	16,53	16,50	17,57	19,36	19,60
Japão	15,88	15,47	15,00	14,93	15,50
Coreia do Sul	11,88	11,71	11,51	11,10	11,80
Vietnam	10,60	13,50	9,20	9,80	10,30
Iran	6,80	7,20	8,60	6,40	8,60
Egito	10,43	9,63	9,76	6,22	8,50
Colômbia	5,98	5,80	6,51	6,34	6,50
Arábia Saudita	4,51	3,02	4,07	3,30	4,90
Taiwan	4,58	4,39	4,55	4,19	4,60
Argélia	5,28	4,62	3,13	3,69	4,40
Malásia	3,78	3,70	3,68	3,45	3,85
Peru	3,94	3,68	3,53	3,32	3,60
Canadá	1,84	1,58	6,14	2,13	3,20
Marrocos	3,07	2,84	1,88	1,99	2,80
Inglaterra	2,38	2,86	2,22	2,13	2,40
Chile	2,79	2,26	2,45	2,35	2,35
Turquia	3,08	1,75	3,51	2,66	2,00
Outros	29,38	25,35	32,09	28,07	38,27
Mundial	167,69	179,85	187,02	173,28	199,67

Fonte: USDA (janeiro/2025)

1.2 Produção e mercado nacionais

1.2.1 Cultura do milho

No Brasil, a importância do milho é evidenciada por suas diversas formas de utilização: a alimentação animal, que representa cerca de 70% do consumo; a alimentação humana e a produção de biocombustível¹. A produção da segunda safra registrou aumento de 20% de 2019 a 2024, representando mais de 75% da produção total no Brasil, enquanto a primeira safra se estabilizou em cerca de 25 milhões de toneladas. Embora haja lavouras de milho em praticamente todo Brasil, alguns estados concentram grande parte da produção nacional. Em 2024, Mato Grosso, Paraná, Goiás e Mato Grosso do Sul responderam por cerca de 70% das 113,2 milhões de toneladas de milho produzidas no Brasil. A produção diminuiu em mais de 13% em relação a 2023. Este recuo deveu-se a problemas climáticos ocorridos tanto na primeira como na segunda safra.

¹ Segundo dados da União Nacional do Etanol de Milho (Unem), a produção de etanol de milho alcançou 5,12 bilhões de litros na safra 2022/23, incremento de 25% em comparação à da safra anterior. Para este volume de etanol, o montante necessário às 20 indústrias instaladas no Brasil é de 12,8 milhões de toneladas, o que representará 17% do total do etanol produzido no Brasil.

Tabela 1.5. Evolução de produção, consumo, importação, exportação e estoque final de milho no Brasil, no período 2014/2015 a 2023/24 (em milhões t)

Safra	Produção	Importação	Exportação	Estoque Final	Estoque Final / Consumo (%)
14/15	84,7	0,3	30,1	10,5	19
15/16	66,5	3,3	18,8	5,2	9
16/17	97,8	1,0	30,8	15,7	27
17/18	80,7	0,9	23,7	14,6	25
18/19	100,0	1,6	41,1	13,2	21
19/20	102,6	1,5	34,9	15,3	23
20/21	87,1	3,1	20,8	13,5	19
21/22	113,1	2,6	46,6	8,1	11
22/23	131,9	1,5	56,0	5,9	7
23/24	115,7	1,7	38,5	2,5	3

Fonte: Conab (janeiro/2024)

Em 2024, o Brasil exportou milho em grão para mais de 50 países, foram 39,7 milhões de toneladas e 8,04 bilhões de dólares (Tabela 1.6). A China foi o principal mercado em 2023, no entanto, houve uma redução drástica dos volumes embarcados para este país em 2024, em função da menor safra e produto disponível. O Egito, Vietnã, Irã e Coreia do Sul continuaram como parceiros tradicionais, importando mais de 40% do volume total exportado pelo Brasil. Além da diminuição do volume exportado, os preços do milho recuaram, em 2024, em cerca de 16% em relação ao ano anterior no mercado internacional.

Tabela 1.6. Milho – Exportações brasileiras por países de destino – 2021/24

País	2021		2022		2023		2024	
	FOB (milhões US\$)	t (milhões)	FOB (milhões US\$)	t (milhões)	FOB (milhões US\$)	t (milhões)	FOB (milhões US\$)	t (milhões)
Egito	667	3,3	1.070	4,0	401	1,6	1.103	5,5
Vietnã	194	1,0	481	1,8	1.134	4,7	936	4,6
Irã	702	3,2	2.008	6,6	828	3,2	921	4,3
Coreia do Sul	228	1,1	638	2,4	866	3,5	558	2,8
Japão	323	1,7	1.360	4,9	1.470	6,0	513	2,6
China	0,0	0,0	323	1,2	3.646	16,1	478	2,3
Taiwan	227	1,1	423	1,6	612	2,5	461	2,2
Argélia	130	0,6	213	0,8	449	1,8	425	2,1
Arábia Saudita	90	0,5	346	1,2	359	1,4	341	1,7
Marrocos	72	0,4	178	0,6	295	1,2	297	1,5
Rep. Dominicana	133	0,7	211	0,8	261	1,1	247	1,2
Bangladesh	26	0,1	108	0,4	40	0,2	209	1,1
Espanha	392	2,0	1.343	4,9	472	2,0	177	0,9
Malásia	105	0,5	156	0,6	246	1,0	112	0,5
Indonésia	37	0,2	40	0,1	129	0,5	114	0,5
Venezuela	43	0,2	97	0,3	123	0,5	103	0,5
Outros	727	3,7	3.076	11,1	2.130	8,5	1.055	5,2
Total Geral	4.097	20,4	12.072	43,2	13.460	55,9	8.049	39,7
US\$/tonelada	200,8		279,7		241,0		202,5	

Fonte: MDIC, Comex Stat (janeiro, 2025)

As importações brasileiras de milho em grão são pequenas em relação às exportações. No acumulado de 2010 a 2024, são 10 milhões de toneladas, significando cerca de 5% das exportações do período. O Paraguai foi responsável por mais de 80% dessa quantidade. As

importações estão concentradas quase que exclusivamente nos três estados da Região Sul, que respondeu por mais 98% das importações brasileiras do período 2020-24 (Tabela 1,7).

As importações catarinenses nos últimos cinco anos totalizaram 2,48 milhões de toneladas, o que equivale à produção total em um ano no Estado. Em termos financeiros, estas importações correspondem a um valor superior a 277 milhões de dólares em 2024 (MDIC/Comex Stat, 2025). O Paraguai está se tornando a origem preferencial do produto, em função da menor distância em relação ao centro-oeste brasileiro.

Tabela 1.7. Milho – Brasil: Importação por estado – 2020/24

UF	Mil toneladas					Total 2020-24	
	2020	2021	2022	2023	2024	Mil t	Partic. %
Paraná	731	1.673	1.597	798	963,9	5.763	56
Santa Catarina	425	617	614	353	471,49	2.480	24
Rio Grande do Sul	144	796	407	209	153,02	1.709	17
Outros	71	118	18	-	44,3	251,3	2
Total	1.371	3.204	2.636	1.360	1.633	10.204	100

Fonte: MDIC/Comex Stat (janeiro/2025)

1.2.2 Cultura do sorgo

As condições climáticas e a necessidade de alternativas e as oportunidades, indicam que em curto prazo o sorgo tende a retomar importância no Rio Grande do Sul, pois apresenta maior tolerância e rusticidade do que o milho. Vem sendo cultivado em latitudes de até 45° Norte e 45° Sul, e isso só foi possível em virtude dos trabalhos de melhoramento de plantas adaptadas para áreas fora da zona tropical. Em que pese esta característica, o cultivo de sorgo ocupa uma área pouco expressiva no Brasil. Enquanto a área de milho ultrapassou 22 milhões de hectares na safra 2022, o sorgo ocupou somente 1,05 milhão de hectares no país. Na região Sul, dados do IBGE (<https://sidra.ibge.gov.br/>) para a safra 2022 apontam que o PR cultivou ao redor de 15.000 hectares de sorgo, o RS cerca de 1.600 ha -com um declínio constante desde o início dos anos 2000 -, e sequer há registro de área cultivada em SC nos últimos 24 anos no sistema. Aspectos comerciais e dificuldades no manejo de insetos, plantas daninhas e até de pássaros na cultura contribuem com este quadro. Apesar deste panorama, o sorgo já teve maior expressão, em especial no RS, e é um cultivo que se ajusta aos sistemas de produção do sul do Estado por sua tolerância aos veranicos e à versatilidade em modelos de integração lavoura-pecuária.

1.3 Produção e mercado estaduais

1.3.1 Cultura do milho no estado do Rio Grande do Sul

A cultura do milho no Rio Grande do Sul tem essencial importância socioeconômica, sendo matéria-prima fundamental para as cadeias produtivas de aves, suínos, leite, ovinocultura e equinocultura, bem como as outras cadeias.

O milho ocupa cerca de 11% do total das áreas semeadas com cultivos de verão, não considerando as áreas destinadas ao arroz irrigado, são somadas as áreas destinadas para a produção de grãos e para silagem.

Apesar dos esforços técnicos e das políticas públicas não foram suficientes para continuar a retomada da curva de tendência de aumento de área. Nos últimos anos, na área cultivada com milho (grãos), houve interrupção na curva de diminuição constante da recuperação das áreas no Rio Grande do Sul (Figura 1.1). No que se refere à produção de grãos, as estiagens dos últimos dois anos interferiram diretamente na produção do cereal. Porém, as perdas não tiveram um impacto maior na produtividade devido ao avanço da irrigação, genético e de manejo, o que demonstra a importância das políticas públicas, como o Pró-milho e as iniciativas de fomento à irrigação. É importante ressaltar que a variabilidade climática entre

anos, no Rio Grande do Sul, propicia grande variação na produtividade de milho, que, mesmo assim, ao longo dos anos, tem aumentado progressivamente.

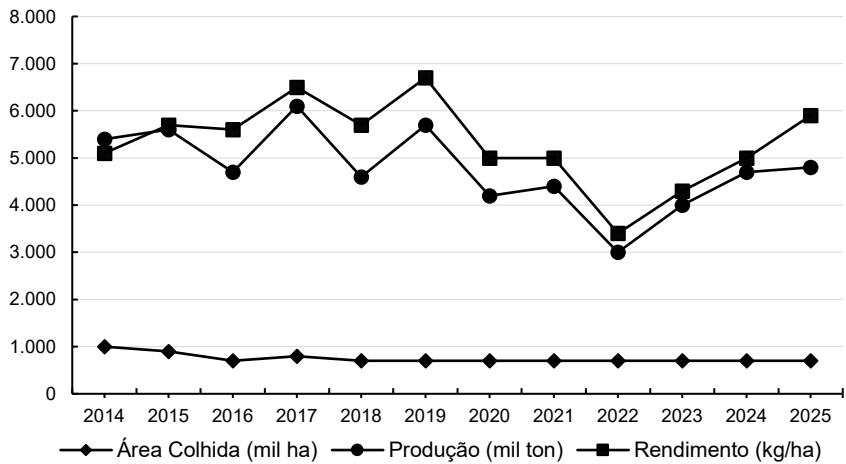


Figura 1.1. Evolução da produção, área e produtividade de milho no Rio Grande do Sul entre 2014 a 2025. **Fonte:** Emater-RS/ASCAR 2025* Estimativa

O Levantamento anual do acompanhamento da safra 2024/2025, realizado pela Emater/RS-Ascar aponta que as principais regiões produtoras em área de milho destinado à produção de grãos são Santa Rosa, Caxias do Sul, Ijuí e Frederico Westphalen (Tabela 1.8). A variabilidade da produtividade média obtida nesta safra é caracterizada pela irregularidade de distribuição das precipitações pluviiais nas regiões além, do manejo adotado no solo e cultura. A região de Porto Alegre colheu apenas 40% de região de Erechim. A área plantada com milho destinado à produção de grãos no Estado teve uma novamente uma diminuição da área, chegando nessa safra a 707 mil hectares.

Tabela 1.8. Área, produção e produtividade média de milho (grão) no RS, por região administrativa da Emater-RS/Ascar - Safra 2024/2025

Região	Área (ha)	Produtividade (kg/ha)	Produção (Toneladas)
Bagé	53.710	5.233	281.064
Caxias do Sul	83.171	7.298	606.982
Erechim	37.687	9.596	361.644
Frederico Westphalen	66.760	8.267	551.905
Ijuí	74.675	8.798	656.991
Lajeado	29.515	5.801	171.217
Passo Fundo	63.055	9.124	575.314
Pelotas	39.958	4.143	165.546
Porto Alegre	32.031	3.910	125.241
Santa Maria	42.665	4.800	204.792
Santa Rosa	118.361	7.262	859.538
Soledade	65.321	4.389	286.694
Estado	706.909	6.857	4.846.927

A Emater/RS-Ascar é dividida em 12 regiões administrativas.

Fonte: Emater/RS-Ascar. Acompanhamento de Safra – 2024/2025.

As regiões com maior produção de silagem coincidem também com as regiões de maior produção leiteira. É importante ressaltar que, apesar da diminuição do número de animais para a produção de leite, na ordem de 35%, houve aumento da produtividade da atividade.

Tabela 1.9. Área, produção e produtividade média de milho (silagem) no RS, por região administrativa 1 da Emater-RS/Ascar - Safra 2024/2025.

Região	Área (ha)	Produtividade (kg/ha)	Produção (Toneladas)
Bagé	5.530	18.339	101.415
Caxias do Sul	31.798	42.170	1.340.922
Erechim	17.665	45.168	797.893
Frederico Westphalen	35.850	36.773	1.318.312
Ijuí	55.315	33.571	1.856.980
Lajeado	54.083	36.960	1.998.908
Passo Fundo	31.405	42.530	1.335.655
Pelotas	14.493	38.120	552.473
Porto Alegre	13.581	33.114	449.721
Santa Maria	8.791	23.898	210.087
Santa Rosa	47.210	33.710	1.591.449
Soledade	23.834	27.176	647.713
Estado	339.555	35.934	12.201.527

A Emater/RS-Ascar é dividida em 12 regiões administrativas.

Fonte: Emater/RS-Ascar. Acompanhamento de Safra – 2024/2025.

No Rio Grande do Sul, 95,8% dos estabelecimentos que cultivaram milho em 2017 possuíam menos de 100 hectares (Tabela 1.10). Esses estabelecimentos foram responsáveis por 76,3% da área total cultivada e por 50,4% da produção (IBGE 2017).

Informações do Censo Agropecuário apontam que, em 2017, em torno de 36,7% da produção não foi comercializada. Esse percentual significa que mais de 1,9 milhão de toneladas foram transformados dentro da propriedade em carne, ovos e leite. Há elevada retenção dentro da propriedade, apesar das mudanças na cadeia produtiva do milho com o aumento da produção de carnes pela integração.

Tabela 1.10. Número de estabelecimentos, área e produção de milho no RS por extrato de área (2017)

Extrato de área	Estabelecimentos		Área		Produção	
	Número	%	ha	%	t	%
Maior de 0 e menos de 5	30.714	17,06	26.420	3,3	109.271	2,0
De 5 a menos de 10	34.968	19,43	57.371	7,1	256.977	4,7
De 10 a menos de 20	50.309	27,95	125.203	15,6	637.958	11,8
De 20 a menos de 50	45.047	25,03	182.626	22,8	1.064.349	19,7
De 50 a menos de 100	11.523	6,4	95.273	11,9	663.033	12,2
De 100 a menos de 200	3.937	2,1	65.948	8,2	495.290	9,2
De 200 a menos de 500	2.116	1,1	75.163	9,4	609.021	11,3
De 500 a menos de 1 000	775	0,4	60.238	7,5	528.338	9,8
De 1.000 a menos de 2.500	449	0,2	73.693	9,1	667.362	12,7
De 2.500 a menos de 10.000	98	0,0	36.820	4,5	333.278	6,1
De mais de 10.000ha	5	0,0	2.722	0,0	25.796	0,0
Total	179.941		801.477		5.390.673	

Fonte: Censo Agropecuário 2017.

Os preços médios recebidos pelos produtores de milho, segundo a Emater/RS-Ascar, tiveram uma variação acentuada no período de 2016 a 2025, atingindo o pico em fevereiro de 2022, com o valor de R\$ 95,56. Neste ano de 2022, a média anual ficou em R\$ 86,37 (Tabela 1.11). Pelo custo de produção, a produtividade da cultura torna-se fundamental para a ampliação da área de milho no Estado

Tabela 1.11. Preços médios mensais (R\$/saca) recebidos pelos produtores no Rio Grande do Sul entre janeiro de 2016 e junho de 2025

Meses	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
jan	31,57	31,00	26,65	32,56	40,75	77,37	93,88	86,63	63,00	67,47
fev	35,04	27,61	27,07	32,48	43,62	79,31	95,56	83,51	54,51	64,82
mar	37,22	23,76	30,94	31,95	44,68	79,29	93,21	80,55	56,09	66,45
abr	40,25	21,60	34,58	30,92	44,92	83,81	83,66	75,55	51,39	68,89
mai	43,46	21,28	34,74	29,39	42,53	91,23	85,59	56,68	59,38	65,79
jun	46,15	21,94	35,61	30,73	42,67	86,08	83,81	53,34	55,57	67,47
jul	43,68	21,38	34,15	32,41	43,72	84,60	81,77	52,03	55,45	
ago	45,31	22,37	36,25	31,91	46,55	90,05	82,78	52,42	56,66	
set	42,73	23,95	37,79	32,29	52,18	87,66	84,12	60,75	57,64	
out	39,39	25,06	36,23	33,23	61,13	84,44	83,82	52,68	61,86	
nov	38,18	26,24	33,93	35,20	79,47	82,59	83,96	55,21	62,89	
dez	35,08	27,08	34,20	36,95	73,68	82,08	84,22	53,10	65,85	
Média	39,84	24,44	33,51	32,50	51,33	84,04	86,37	63,54	58,36	66,68

Fonte: Emater/RS-Ascar. Preços médios nominais.

1.3.2 Produção e mercado de milho em Santa Catarina

Em Santa Catarina, a área cultivada de milho-grão reduziu-se em 113 mil hectares entre as safras 2013/14 e 2023/24. Boa parte dessa área foi destinada ao plantio da soja. A constante valorização e maior liquidez da soja, o custo de produção, são alguns dos fatores que estimularam essa conversão de áreas. Nos últimos três anos, a área cultivada se estabilizou em torno de 330 mil hectares e o rendimento médio variou drasticamente por anomalias climáticas. Na safra 2022/23, o rendimento voltou a superar os 8.000kg/ha. No entanto, em 2024, com o excesso de chuvas durante o desenvolvimento, a produtividade caiu para menos de 7.000kg/ha, resultando em uma produção de pouco mais de 2 milhões de toneladas (Figura 1.2).

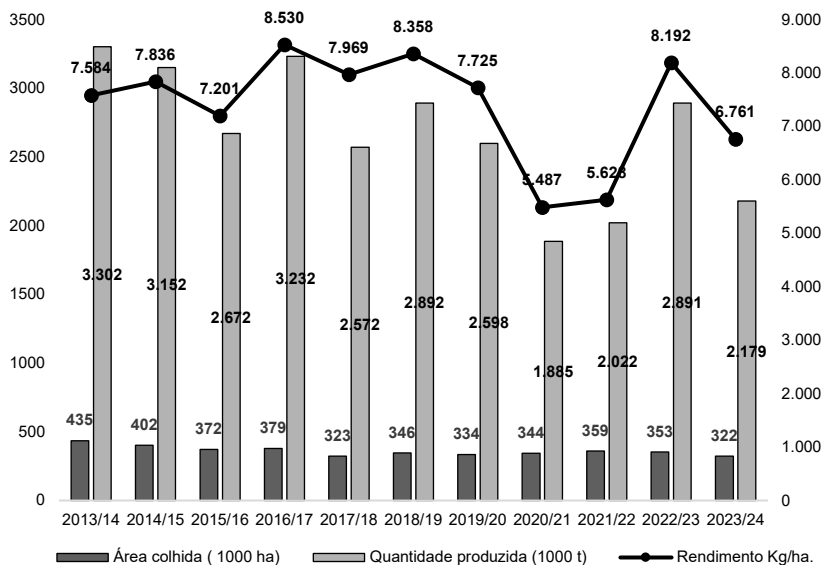


Figura 1.2 Milho – Santa Catarina: evolução das safras 2013/14 a 2023/24
 Fonte: Epagri/Cepa, Sistema de Acompanhamento de Safra (2024)

O milho é cultivado de forma distribuída em todas as microrregiões do estado, sendo que as microrregiões de Joaçaba, Chapecó, Campos de Lages e Canoinhas somam cerca de 50% da área cultivada. As microrregiões que registraram as maiores reduções em 2024 foram Curitibaanos e Canoinhas, a opção pela soja foi evidente, em função de que nestas regiões há possibilidade de somente uma safra.

Tabela 1.12. Milho – Santa Catarina: comparativo da 1ª safra – 2021/22-2022/23 e 2023/24

Microrregião	Safra 2021/2022			Safra 2022/2023			Safra 2023/2024		
	Área plant. (ha)	Prod. méd. (t/ha)	Produção (t)	Área plant. (ha)	Prod. méd. (t/ha)	Produção (t)	Área plant. (ha)	Prod. méd. (t/ha)	Produção (t)
Araranguá	7.786	6.771	55.346	7.786	7.728	60.168	7.786	105.400	60.248
Blumenau	1.993	5.018	9.767	1.975	4.967	9.811	1.849	52.700	8.789
C. de Lages	36.010	4.764	170.516	31.270	8.146	254.716	26.530	110.802	177.359
Canoinhas	36.200	7.258	272.495	33.300	9.761	325.040	29.900	99.200	246.010
Chapecó	39.276	5.345	215.807	43.460	8.916	387.471	41.295	260.000	281.832
Concórdia	21.750	4.704	104.748	22.730	6.792	154.371	21.830	88.320	129.927
Criciúma	7.109	7.340	52.539	7.109	8.015	56.978	7.109	79.090	56.074
Curitibaanos	26.730	4.860	143.902	24.470	8.710	213.123	19.719	83.180	154.694
Ituporanga	10.380	5.486	60.393	9.450	7.727	73.020	8.850	54.000	68.580
Joaçaba	63.640	4.889	310.993	60.815	8.463	514.697	59.226	159.100	355.730
Joinville	417	5.875	2.445	520	5.221	2.715	390	24.500	1.914
Rio do Sul	19.320	5.489	108.723	18.290	7.088	129.648	16.780	115.440	96.557
São B. do Sul	3.800	7.333	28.000	3.100	9.077	28.140	4.600	22.800	31.870
São M. Oeste	23.390	3.936	96.050	22.840	7.634	174.359	20.880	118.965	118.698
Tijucas	...	...	...	2.220	6.352	14.102	2.080	28.400	12.352
Tabuleiro	1.800	7.200	12.960	3.315	5.486	18.185	3.635	31.200	19.406
Tubarão	4.753	6.817	34.583	4.433	7.791	34.536	4.433	90.890	34.548
Xanxerê	22.350	6.118	149.996	24.180	9.926	240.020	18.800	140.400	163.895
Total geral	326.704	5.494	1.829.264	321.263	8.377	2.691.099	295.692	1.664.387	2.018.481

Fonte: Epagri/Cepa, Sistema de Acompanhamento de Safra (2024)

Em 2021/2022, houve uma forte redução na produção catarinense em função da estiagem que aconteceu no início da safra. Na safra 2022/23, a produção estadual é recuperada para 2,89 milhões de toneladas. Em 2024, novamente fatores climáticos afetam a produção, refletindo na redução da produção estadual para 2,18 milhões de toneladas (Tabelas 1.13). A segunda safra no Estado representa cerca de 10% da área total, sendo cultivada em regiões com altitude inferior a 500 metros, cujo zoneamento agroclimático é compatível. No entanto, uma parcela considerável desta área é cultivada novamente com milho, o que em termos fitossanitários não é recomendável.

Tabela 1.13. Milho – Santa Catarina: comparativo da safra 2021/22-2023/24

Safra	Safra 2021/22			Safra 2022/23			Safra 2023/24		
	Área plant. (ha)	Prod. méd. (t/ha)	Prod. (t)	Área plant. (ha)	Prod. méd. (t/ha)	Prod. (t)	Área plant. (ha)	Prod. méd. (t/ha)	Prod. (t)
Milho 1ª safra	326.704	5.599	1.829.264	321.263	8.194	2.691.099	295.692	6.761	2.018.481
Milho 2ª safra	32.527	5.923	192.671	31.616	6.335	200.287	26.549	6.335	160.101
Milho total	359.231	5.629	2.021.935	352.879	8.194	2.891.386	322.241	6.760	2.178.582

Fonte: Epagri/Cepa, Sistema de Acompanhamento de Safra (2024)

1.3.2.1 Oferta e demanda em Santa Catarina

Santa Catarina tem produção muito abaixo da demanda de milho. Esse déficit estrutural é suprido por importações interestaduais e internacionais, notadamente do Paraguai e da Argentina. Embora tenha havido uma “pausa” em 2023, esse déficit se acentuou nos anos recentes, pela redução da oferta e aumento da demanda (Tabela 11).

Tabela 1.14. Milho – Santa Catarina: evolução do quadro de oferta e demanda de milho – 2021/24 (x 1.000 toneladas)

				2021	2022	2023	2024 ⁽¹⁾
Oferta	Produção	1ª safra		1.810,20	1.829,30	2.691,09	2.018,48
		2ª safra		75,04	192,67	200,28	160,00
		Total		1.885,24	2.021,97	2.891,37	2.178,48
	Importações		616,79	614,19	352,00	472,00	
	Total		2.502,03	2.636,16	3.243,37	2.650,48	
Demanda	Consumo	Animal in natura	Suínos	3.569,43	3.894,82	3.960,74	3.963,01
			Frangos de corte	2.822,07	2.770,45	2.890,33	2.942,28
			Galinhas poedeiras	172,48	175,38	162,86	185,59
			Perus	206,35	206,12	140,94	130,08
			Bovinos (corte)	110,48	106,25	102,45	114,20
			Bovinos de leite	712,55	726,80	726,80	730,00
			Codornas (Corte e ovos)	19,39	27,28	30,38	37,43
			Patos e marrecos	12,84	12,46	13,58	14,44
		Humano in natura	30,30	30,31	30,31	30,31	
	Reservas para sementes		1,08	1,00	1,00	1,00	
	Perdas		2,50	2,64	2,64	2,64	
	Exportações		17,01	181,90	182,80	40,27	
	Total		7.644,24	8.135,46	8.244,82	8.150,98	
Saldo			-5.142,21	-5.499,30	-5.001,45	-5.498,50	

⁽¹⁾ Estimativa.

Fonte: Levantamento e estimativas Epagri/Cepa (2024)

Em 2024, o déficit se eleva novamente, alcança 5,4 milhões de toneladas, se considerarmos as importações neste ano, o déficit alcança 5,9 milhões de toneladas. Essa falta de produção para atender a demanda reflete em aumento do custo do produto, principalmente em função do transporte. Os dados dos custos de produção de frangos de corte por estado corroboram este fato. Conforme a Embrapa, os custos para a produção de 1kg de frango em Santa Catarina, média anual de 2024, foi de R\$4,69/kg vivo, enquanto do Paraná foi de R\$4,52/kg. Esta diferença representa um percentual 3,6% superior em Santa Catarina em relação ao Paraná, o que para a economia de grande escala, é significativo.

1.3.2.2 Preços e perspectivas de mercado para 2025

Os preços ao produtor nos últimos 6 anos tiveram comportamento diferenciado. Em 2024, as cotações oscilaram entre R\$59,20/sc em fevereiro e R\$69,10/sc em novembro, apresentaram, na maior parte do ano cotações superiores somente aos praticados em 2019 e 2023 (após maio). Em relação aos anos 2020, 2021 e 2022, os preços registrados em 2024 foram inferiores. É necessário observar que, de 2020 a 2022 houve influência da pandemia de Covid-19, guerra Rússia x Ucrânia e mercado internacional com menores estoques. Os preços reagiram no final de 2024, com expectativas de cotações mais elevadas do que o ano anterior. O principal fator que fundamenta a expectativa de melhores cotações para 2025 está em função do quadro mundial e interno da oferta e demanda do milho, além de fatores climáticos na Argentina e Brasil.

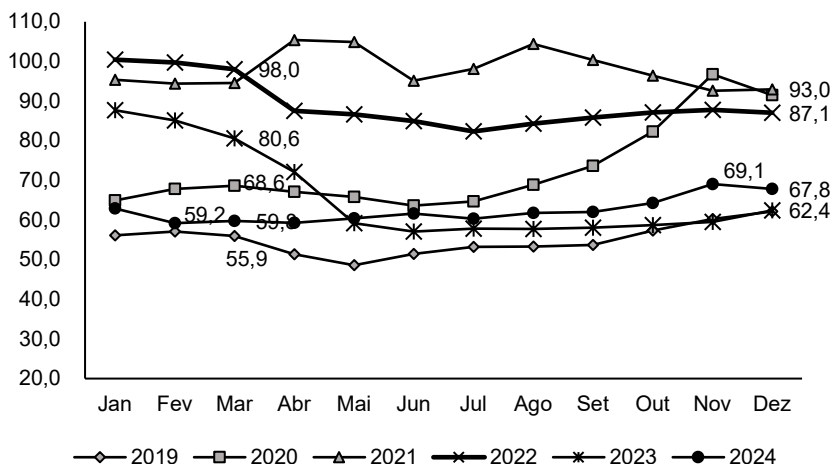


Figura 1.3. Milho – SC: preço médio aos produtores – 2019-24, em R\$/sc de 60kg (corrigido pelo IGP-DI)

Fonte: Epagri/Cepa (janeiro/2025)

1.3.3 Produção e mercado de milho no Paraná

No Paraná, a importância do milho é singular. O Estado figura entre os maiores produtores nacionais e destaca-se não apenas pelo volume colhido, mas também pelo uso do grão como insumo para uma das cadeias de proteína animal mais fortes do país.

1.3.3.1 Produção

A produção de milho no Estado do Paraná está fortemente concentrada na segunda safra, também conhecida como safrinha. Atualmente, o potencial de produção alcança em torno de 20 milhões de toneladas, sendo aproximadamente 17 milhões de toneladas na segunda safra e 3 milhões na primeira safra.

O Paraná é igualmente um dos maiores produtores de proteína animal do Brasil. Isso faz com que grande parte do milho produzido seja consumido internamente. Estima-se que entre 12 e 14 milhões de toneladas sejam destinadas ao consumo animal dentro do próprio Estado, com destaque para aves e suínos.

Na safra 2024/25, a produção paranaense foi estimada em 20,1 milhões de toneladas, um marco histórico para a agricultura estadual. A primeira safra resultou em 3 milhões de toneladas, enquanto a segunda alcançou 17,06 milhões de toneladas, consolidando-se como a maior da história, tanto em área plantada quanto em volume produzido.

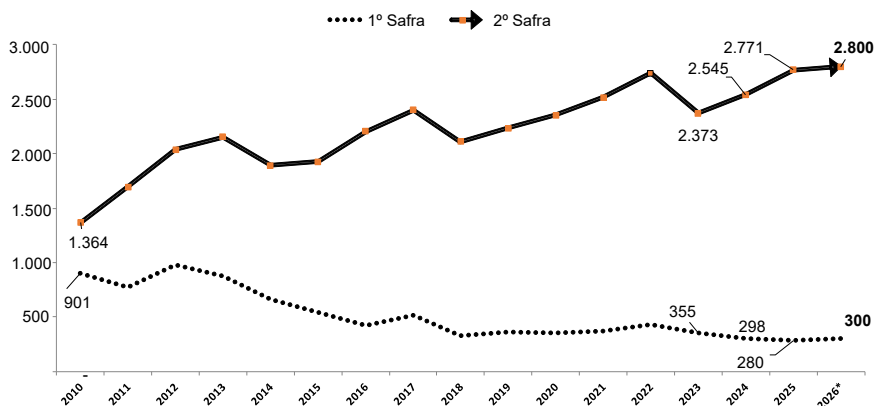


Figura 1.4. Milho – Paraná: área plantada 2010 – 2025* (em milhares ha)

Fonte: SEAB/DERAL. Elaboração: Edmar W. Gervásio

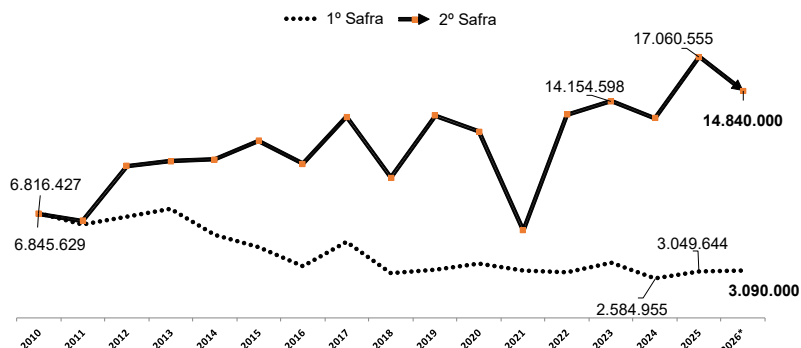


Figura 1.5. Milho – Paraná: produção 2010 – 2025* (ton.)

Fonte: SEAB/DERAL. Elaboração: Edmar W. Gervásio

1.3.3.2 Exportações

Tradicionalmente, o Paraná não figura entre os principais exportadores de milho do Brasil, uma vez que a maior parte de sua produção é destinada ao consumo interno, especialmente pela forte presença da indústria de carnes.

Em 2023, o Estado exportou 4,76 milhões de toneladas, mas em 2024 houve uma queda expressiva, com apenas 2,04 milhões de toneladas embarcadas, redução de mais de 57%. Ainda assim, devido à safra recorde de 2024/25, espera-se que as exportações voltem a crescer, impulsionadas pelo excedente disponível.

1.3.3.3 VBP – Valor Bruto da Produção

No ano passado, 2024, o valor bruto da produção da cultura do milho atingiu 14,17 bilhões de reais, uma ligeira redução de 3% quando comparado ao resultado de 2023.

A participação da cultura do milho no VBP total do Estado no ano de 2024 foi de 7,5%. A produção de milho é a terceira maior atividade da agropecuária paranaense.

Em 2024 o valor bruto da produção paranaense foi de 188,4 bilhões de reais. A principal cultura é a soja que detém 19,4% de participação, seguida pela produção de carne de frango com 16,5%.

1.4 Referencias

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário – 2017**. Rio de Janeiro, 2019. Disponível em: <https://censos.ibge.gov.br/agro/2017> Acesso em: 01 de ago. 2025.

2. DESENVOLVIMENTO DA PLANTA E EXIGÊNCIAS EDAFOCLIMÁTICAS

Revisor técnico: Christian Bredemeier
Giovani Benin

Apesar das condições do ambiente serem responsáveis por grande parte da variação do desenvolvimento da planta e do potencial de rendimento de grãos de milho e sorgo em diferentes safras, o produtor pode maximizar a exploração dos recursos ambientais pela adoção de práticas de manejo adequadas. Dentre estas práticas, destacam-se a escolha da época de semeadura e do arranjo de plantas, a realização de adubação de acordo com as necessidades da planta, o uso de irrigação, o controle adequado de plantas daninhas, pragas e doenças e o uso de sistemas de rotação de culturas, entre outras.

No entanto, é necessário compreender como as plantas de milho e sorgo crescem e se desenvolvem. Este conhecimento é importante para a tomada de decisão da aplicação de práticas de manejo que resultem na obtenção de altos rendimentos de grãos. Os objetivos deste capítulo são analisar os principais processos morfológicos associados aos estádios de desenvolvimento da planta e as suas relações com as decisões de manejo e discutir os principais fatores que afetam a fenologia destas espécies.

2.1 Desenvolvimento da planta

Neste capítulo, serão utilizadas as escalas de desenvolvimento propostas por Ritchie et al. (1993) para o milho e por Vanderlip & Reeves (1972) para o sorgo.

O milho (*Zea mays*) e o sorgo (*Sorghum bicolor*) são espécies anuais da família das poáceas, pertencentes ao grupo de plantas com metabolismo C₄. O ciclo de desenvolvimento das plantas de milho e de sorgo compreende dois períodos: vegetativo e reprodutivo. Didaticamente, cada um destes períodos é dividido em três subperíodos, relacionados a seguir.

2.1.1 Período vegetativo

Compreende três subperíodos: semeadura-emergência, emergência-diferenciação dos primórdios florais e diferenciação dos primórdios florais-florescimento.

2.1.1.1 Subperíodo semeadura-emergência

O período vegetativo inicia com os processos de germinação da semente e emergência da plântula. A emergência ocorre pelo alongamento da estrutura situada entre a semente e o primeiro nó, denominada mesocótilo. Se a disponibilidade hídrica no solo não for fator limitante, a capacidade de alongamento do mesocótilo depende, principalmente, da temperatura do solo. Na semeadura de final de inverno (agosto, setembro), o crescimento dessa estrutura é menor e mais lento e, assim, a profundidade de semeadura deve ser menor. O sorgo necessita maior temperatura de solo para germinação e emergência em relação ao milho, sendo que o crescimento do mesocótilo do sorgo é muito lento sob baixa temperatura do solo, devendo-se retardar o início da sua época de semeadura em relação à do milho. Já nas semeaduras realizadas a partir de outubro, a profundidade de semeadura deve ser maior, para que as sementes tenham melhores condições de absorção de água, já que sob temperatura de solo mais elevada, o mesocótilo tem maior capacidade de alongamento.

No período de 10 a 14 dias após a emergência, a plântula se mantém às expensas das reservas acumuladas na semente. As raízes seminais, que são originárias do embrião na semente, são as responsáveis pela absorção de água e nutrientes e pela sustentação da plântula durante este período. Esse sistema radicular é temporário, iniciando sua

degeneração logo após o surgimento das primeiras raízes adventícias a partir do meristema apical (ponto de crescimento), localizado, neste momento, abaixo da superfície do solo. As raízes adventícias passam, então, a serem responsáveis pela absorção de água e de nutrientes e fixação da planta.

Durante este subperíodo, a germinação e o desenvolvimento inicial das plântulas podem ser limitados por fatores como a deficiência hídrica, pela formação de crosta superficial no solo, como, por exemplo, em solos onde se cultiva arroz irrigado no sistema de cultivo convencional e/ou em situações de solo descoberto; pela colocação do adubo em contato com as sementes, por ataque de pragas e doenças e pela profundidade inadequada de semeadura. Todos esses fatores podem afetar o estabelecimento do número de plantas por área (estande ou população de plantas), o qual influencia diretamente o número de espigas produzidas por área, que é o principal componente do rendimento de grãos na cultura do milho.

2.1.1.2 Subperíodo emergência-diferenciação dos primórdios florais

Após o estabelecimento inicial, as plantas de milho e sorgo começam a desenvolver a parte aérea, com as folhas surgindo de cada nó, de forma alternada. Após as primeiras quatro a cinco semanas do ciclo, quando ocorre a diferenciação do ponto de crescimento (meristema apical), todas as folhas já estão diferenciadas. O número total de folhas formado por planta é variável e depende, principalmente, do genótipo e da época de semeadura.

As folhas novas se diferenciam a partir do ponto de crescimento posicionado abaixo do nível do solo. Quando a planta diferencia o número total de folhas, ocorre uma mudança na função do ponto de crescimento, passando a formar o primórdio da inflorescência masculina no milho (pendão) ou da panícula no sorgo, o que ocorre quando a planta tem cerca de cinco a seis folhas (milho – estádios V5-V6) e sete a dez folhas completamente expandidas (sorgo – estádios V7-V10), ou seja, folhas com colar visível (lígula e aurícula visíveis). A partir da diferenciação do ponto de crescimento, os entre-nós do colmo principal começam a se alongar e a planta cresce rapidamente em estatura.

Até a diferenciação do pendão (milho) e da panícula (sorgo), as plantas têm a capacidade de recuperar-se caso ocorra a perda de folhas devido à formação de geadas ou de um granizo leve, uma vez que, na maioria das vezes, o ponto de crescimento não é afetado por estar abaixo da superfície do solo. Dependendo da intensidade e da duração da geada, começa a haver emissão de novas folhas pelas plantas em três a quatro dias após o evento. Contudo, em caso de geadas intensas e sequenciais, pode ocorrer congelamento do meristema apical, levando a planta à morte.

Um aspecto diferencial entre as duas culturas durante este subperíodo é que o sorgo tem a capacidade de emitir perfilhos, dependendo do genótipo, da população de plantas e da fertilidade de solo, especialmente a disponibilidade de nitrogênio. Em milho, o perfilhamento pode ocorrer em situações específicas, dependendo do genótipo, da fertilidade do solo e da temperatura do ar. Entretanto, a emissão de perfilhos que ocorre em alguns híbridos em determinadas situações não reduz o rendimento de grãos e pode contribuir para sua estabilidade, quando da ocorrência de um eventual estresse que promova redução da área foliar da planta. O perfilhamento confere ao sorgo resposta mais elástica à variação na densidade de plantas em relação ao milho, ou seja, problemas no estabelecimento do estande de plantas são mais impactantes no potencial de rendimento de grãos de milho do que de sorgo.

No milho, o início da diferenciação do primórdio da inflorescência feminina (espiga) ocorre aproximadamente de sete a dez dias após a diferenciação do pendão, quando as plantas estão com 7 a 8 folhas completamente expandidas (Estádios V7-V8).

A diferenciação da espiga (milho) e da panícula (sorgo) são momentos críticos, uma vez que o número de óvulos (potencialmente grãos) nas inflorescências está sendo definido. É importante que, por ocasião da diferenciação dessas estruturas, a disponibilidade de nitrogênio para as plantas seja adequada. Assim, é indicada a aplicação de parte da

adubação nitrogenada em cobertura no estádio em que as plantas estão com 6 a 7 folhas com colar visível.

Durante o subperíodo emergência-diferenciação dos primórdios florais, podem ocorrer as seguintes limitações: deficiência hídrica ou de nutrientes, excesso hídrico, especialmente em áreas com problemas de drenagem, competição com plantas daninhas, ataque de pragas e doenças e possibilidade de formação de geadas em semeaduras no final do inverno (agosto, setembro). Ao final deste subperíodo, o número de plantas por unidade de área já está praticamente estabelecido e inicia-se a definição do número potencial de grãos por espiga (milho) ou panícula (sorgo).

2.1.1.3 Subperíodo diferenciação dos primórdios florais-florescimento

Do início da diferenciação do pendão (milho) e da panícula (sorgo) até o florescimento a planta normalmente requer de cinco a seis semanas.

Próximo ao pendoamento da cultura do milho (Estádio VT), surgem as raízes braçais a partir de nós inferiores do colmo acima do solo, as quais tem função de servir de suporte à planta e absorver quantidades significativas de fósforo e de outros nutrientes da camada superficial do solo.

Os fatores que podem limitar o desenvolvimento das plantas durante este subperíodo são deficiência hídrica ou de nutrientes, excesso hídrico e ataque de pragas e doenças. Ao final deste subperíodo, já está definido o número potencial de inflorescências por unidade de área e o número potencial de grãos por inflorescência. A definição do número de óvulos que irão originar grãos depende das condições ambientais no subperíodo florescimento-polinização e no início do subperíodo de enchimento de grãos.

2.1.2 Período reprodutivo

Compreende três subperíodos: florescimento-polinização, polinização-maturação fisiológica e maturação fisiológica-maturação de colheita.

2.1.2.1 Subperíodo florescimento-polinização

Em milho, a emissão do pendão ocorre de cinco a dez dias antes da emergência dos estilo-estigmas da espiga. Entretanto, a liberação do pólen só ocorre de dois a três dias antes da emergência dos primeiros estigmas. A falta de pólen raramente é um problema na produção de milho, exceto sob condições de elevadas temperatura do ar ou deficiência hídrica. Geralmente, o baixo número de grãos na espiga é causado por alguma interferência no desenvolvimento da inflorescência feminina e/ou na formação dos estigmas.

Na espiga de milho pode haver a diferenciação de 700 a 1.000 óvulos, dispostos em número par de fileiras ao redor do sabugo, sendo que a formação e o enchimento dos grãos se inicia da base para o ápice da espiga. No milho, o espigamento é mais afetado por condições adversas (deficiência hídrica, densidade excessiva de plantas, ocorrência de outros estresses bióticos ou abióticos) do que o pendoamento. Nesse caso, ocorre defasagem entre a liberação do pólen pelo pendão e a emissão de estigmas na espiga, havendo redução do número de grãos formados. A planta de milho pode diferenciar mais de uma espiga por planta, mas, considerando as densidades de plantas recomendadas, apenas uma se mantém, com as demais se degenerando. Condições de baixa densidade de plantas ou de elevada fertilidade do solo podem resultar em maior prolificidade, ou seja, a produção de mais de uma espiga na planta. Na cultura do sorgo, o florescimento começa no ápice da panícula em direção à base.

O período situado entre duas a três semanas antes e duas a três semanas após o florescimento é o de maior exigência hídrica e o mais crítico à ocorrência de deficiência hídrica em ambas as culturas, especialmente no milho. Neste período, a exigência de água pode chegar a aproximadamente 7 mm/dia.

Por ocasião do florescimento, as plantas de milho e de sorgo atingem seu índice de área foliar (IAF) máximo. Caso a disponibilidade hídrica no solo não seja fator limitante, maior

produtividade é atingida com essas culturas quando se faz coincidir este momento com os dias mais longos do ano, em que há maior disponibilidade de radiação solar.

Durante o subperíodo florescimento-polinização, as limitações mais comuns são deficiência hídrica ou de nutrientes, excesso hídrico e ataque de pragas e doenças. Especificamente para o milho, sob condições de estresse (hídrico ou uso de densidade excessiva de plantas) pode ocorrer defasagem entre o pendramento e o espigamento, resultando em menor polinização e redução no número de grãos por inflorescência, uma vez que, neste subperíodo, está sendo definido o número de óvulos fertilizados por inflorescência.

2.1.2.2 Subperíodo polinização-maturação fisiológica

A duração do subperíodo polinização-maturação fisiológica (enchimento de grãos) é de, aproximadamente, 60 dias no milho e 35 dias no sorgo. A deficiência hídrica ou nutricional durante este subperíodo reduz sua duração.

Logo após sua formação, os grãos passam pelos estádios de grãos aquosos, grãos leitosos, grãos em massa mole e grãos em massa dura, até atingirem a maturação fisiológica, quando ocorre o máximo acúmulo de massa seca. Esta condição pode ser visualizada pela formação de uma camada preta (chalaza) na região em que os grãos estão inseridos no sabugo (milho) ou na panícula (sorgo). Neste momento, a umidade de grãos ainda é elevada, ao redor de 30-35%. Se o consumo do grão é na forma de silagem de grãos úmidos, o ponto de colheita é na maturação fisiológica. Por outro lado, para a colheita mecanizada dos grãos, espera-se que sua umidade diminua para 18 a 22%.

Uma característica diferencial entre milho e sorgo por ocasião da maturação é que a planta de milho se apresenta com colmo e folhas secas, enquanto que o sorgo permanece com várias folhas verdes. Isto permite que, após a colheita dos grãos, os colmos e as folhas do sorgo podem ser utilizados para pastejo por animais, havendo também a possibilidade de se obter uma segunda produção de grãos (“soca”) em regiões mais quentes, com longa estação de crescimento.

O desenvolvimento da planta de milho ou de sorgo no subperíodo polinização-maturação fisiológica pode ser limitado por deficiência hídrica ou nutricional, excesso hídrico, ataque de pragas e doenças e maior probabilidade de formação de geadas precoces (outono), no caso de semeaduras mais tardias realizadas nos meses de dezembro a fevereiro. Durante esse subperíodo, estão sendo definidos dois componentes do rendimento de grãos, ou seja, o número de grãos por inflorescência e o peso do grão.

2.1.2.3 Subperíodo maturação fisiológica-maturação de colheita

A duração desse subperíodo depende basicamente das condições meteorológicas, passando os grãos somente por um processo físico de perda de umidade. Condições de elevada temperatura e baixa umidade relativa do ar, especialmente se associadas à ocorrência de ventos, aceleram o processo de perda de umidade. Após a maturação fisiológica, os grãos podem levar de sete a 20 dias até atingir condições para serem colhidos de forma mecanizada. Nas semeaduras mais tardias realizadas em dezembro a fevereiro, a duração deste subperíodo é maior do que nas semeaduras centralizadas em agosto-setembro.

Na Tabela 2.1, estão relacionados os componentes do rendimento de grãos de milho e de sorgo, os fatores que os influenciam e definem e os estádios de desenvolvimento em que são afetados.

Tabela 2.1 Componentes do rendimento de grãos de milho e de sorgo, fatores que os influenciam e estádios de desenvolvimento em que são afetados.

Componentes do rendimento	Fatores de influência	Estádio de desenvolvimento* e quantificação do efeito				
		Emerg	DPF	FL	PLZ	MF
Nº de plantas/m ²	- Quantidade de sementes/m ² - Porcentagem de emergência	G	P	P	--	--
Nº de inflorescências/m ²	- Nº de plantas/m ² - Afilhamento (sorgo) - Genótipo - Ambiente	G	G	G	G	M
Nº de grãos/inflorescência	- Nº de plantas/m ² - Nº de inflorescências/m ² - Fatores ambientais	--	G	G	G	M
Peso do grão	- Disponibilidade de fotoassimilados - Área foliar - Fatores ambientais	--	--	--	--	G

Estádios de desenvolvimento: Emerg – Emergência, DPF – Diferenciação dos primórdios florais, FL – Florescimento, PLZ – Polinização, MF – Maturação fisiológica; P= Pequeno, M= Médio, G= Grande

2.2 Escala de desenvolvimento da planta de milho

A descrição dos estádios de desenvolvimento do milho segue a escala de Ritchie et al. (1993). Quando se estiver determinando o estágio de desenvolvimento em uma lavoura de milho, cada estágio específico do período vegetativo (V) ou do período reprodutivo (R) é definido quando 50% ou mais das plantas no campo estiverem naquele estágio.

Estádios vegetativos e desenvolvimento da planta:

- **VE** – Germinação/emergência: este estágio é atingido pela rápida elongação do mesocótilo, o qual faz com que o coleóptilo em crescimento rompa a superfície do solo.
- **V3** – Três folhas completamente expandidas: plantas com três folhas com colar visível (linha esbranquiçada localizada entre o limbo e a bainha foliar, onde se localiza a lígula), dispostas de maneira alternada. Neste estágio, há pequena elongação do (pseudo)colmo e o meristema apical (ponto de crescimento) encontra-se abaixo da superfície do solo.
- **V6** - Seis folhas completamente expandidas: plantas com seis folhas com colar visível. Nesse estágio, o ponto de crescimento e o pendão em diferenciação estão acima da superfície do solo, com o colmo iniciando período de rápida elongação dos entrenós. A degeneração das duas primeiras folhas da planta pode já ter ocorrido neste estágio.
- **V9** - Nove folhas completamente expandidas: plantas com nove folhas com colar visível. Nesse estágio, o pendão começa a se desenvolver rapidamente e os entrenós do colmo continuam em rápida elongação. Ocorre também o desenvolvimento inicial da inflorescência feminina (espiga), a qual se diferencia a partir de uma gema lateral (axilar).
- **V12** - Doze folhas completamente expandidas: plantas com 12 folhas com colar visível. O número de óvulos (grãos potenciais) em cada inflorescência feminina e o tamanho potencial da espiga estão sendo determinados nesse estágio. A planta

poderá perder algumas folhas basais e atingir de 85% a 95% de sua área foliar máxima.

- **V15** - Quinze folhas completamente expandidas: plantas com 15 folhas com colar visível. Os estilo-estigmas estão começando a crescer na inflorescência feminina, marcando o início do período mais crítico do desenvolvimento da planta na determinação de seu potencial produtivo.
- **V18** - Dezoito folhas completamente expandidas: plantas com 18 folhas com colar visível. O desenvolvimento da espiga ocorre rapidamente, estando a planta próxima ao florescimento.
- **VT** - Pendoamento: inicia-se quando o último ramo do pendão está completamente visível e os estigmas ainda não estão visíveis.

Estádios reprodutivos e de desenvolvimento dos grãos:

- **Estádio R1:** Florescimento. Tem início quando uma estrutura com estilo-estigma é visível fora das brácteas da espiga. O número de óvulos que serão fertilizados está sendo definido neste estágio.
- **Estádio R2:** Grão leitoso. Inicia o acúmulo de amido no endosperma aquoso, o que determina rápido acúmulo de massa seca.
- **Estádio R3:** Grão pastoso. Estádio em que há rápido crescimento do embrião, podendo ser facilmente visualizado quando do corte do grão. Os estigmas estão marrons e secos ou começando a secar.
- **Estádio R4:** Grão farináceo. Ocorre redução do conteúdo de água e aumento da massa seca no grão, dando a este uma consistência mais firme. Nesse estágio, os grãos já acumularam cerca de metade de seu peso seco final.
- **Estádio R5:** Grão farináceo-duro. Esse estágio é marcado pela rápida perda de umidade dos grãos. Para produção de silagem de planta inteira, a colheita deve ser realizada neste estágio.
- **Estádio R6:** Maturação fisiológica. É atingida quando todos os grãos da espiga atingem o máximo acúmulo de matéria seca, havendo a formação de uma camada escura na extremidade basal do grão, junto à sua inserção na espiga. Este é o estágio ideal de colheita para produção de silagem de grãos úmidos.
- **Maturação de colheita:** Para reduzir perdas na colheita mecanizada de grãos, deve-se realizar a colheita após o estágio R₆, quando os grãos apresentarem umidade entre 18 e 22%. Para o armazenamento, os grãos devem estar com umidade entre 13 e 15%.

2.3 Escala de estádios de desenvolvimento da planta de sorgo

Na cultura do sorgo, utiliza-se a escala proposta por Vanderlip e Reeves (1972), na qual o ciclo de desenvolvimento da planta é subdividido em dez estádios (Tabela 2.2).

Tabela 2.2. Descrição dos estádios de desenvolvimento da planta de sorgo, conforme escala de Vanderlip e Reeves (1972).

Estádio	Descrição do estágio
0	Emergência
1	Lígula da terceira folha visível
2	Lígula da quinta folha visível
3	Diferenciação do ponto de crescimento
4	Folha bandeira visível no verticilo
5	Emborrachamento
6	Metade do florescimento
7	Grãos em massa mole
8	Grãos em massa dura
9	Maturidade fisiológica

2.4 Fenologia

As variações observadas na duração do ciclo e dos diferentes subperíodos de desenvolvimento entre cultivares de milho e sorgo ocorrem em função de diferentes exigências em soma térmica. A duração do subperíodo semeadura-emergência é determinada, principalmente, pela temperatura do solo, no caso da disponibilidade hídrica não ser fator limitante. Para cada 1°C de aumento da temperatura do solo, há redução de, aproximadamente, ½ dia em sua duração. Já a duração do subperíodo emergência-polinização é função da temperatura do ar, sendo que, para cada 1°C de aumento da temperatura do ar, ocorre redução de três a quatro dias em sua duração. A duração do subperíodo polinização-maturação fisiológica também varia em função de temperatura do ar, diminuindo à medida que esta aumenta.

Assim, a duração do ciclo e dos diferentes subperíodos de desenvolvimento varia em função do genótipo, da época de semeadura, da região de cultivo e das disponibilidades hídrica e nutricional. Deficiências hídrica ou nutricional alongam a duração do período vegetativo e reduzem a do período reprodutivo.

A época ideal de semeadura para estas culturas, quando não há restrição hídrica, é aquela em que o estágio de florescimento, quando a planta atinge a área foliar máxima, coincide com os dias mais longos do ano. Em regiões com maior probabilidade de haver restrição hídrica durante o cultivo, é importante que se escolha, especialmente para a cultura de milho, uma época de semeadura que não faça coincidir o período mais crítico da planta, em torno do florescimento, com o período de maior probabilidade de ocorrência de deficiência hídrica. Portanto, pode-se, nestas situações, recomendar a semeadura mais cedo (agosto, setembro), em regiões mais quentes, ou mais tarde (dezembro, janeiro). Com a semeadura mais tardia, contudo, há redução no potencial de rendimento de grãos, pois as condições de temperatura do ar e radiação solar não são as ideais.

2.5 Exigências climáticas

Altos rendimentos de grãos de milho e de sorgo resultam do sucesso em se utilizar os fatores do ambiente com máxima eficiência, minimizando, simultaneamente, a ocorrência de estresses bióticos e abióticos. Esta complexa equação é dependente, principalmente, de três elementos meteorológicos: radiação solar, temperatura do ar e disponibilidade hídrica. A obtenção de alto rendimento de grãos passa pela análise de cada um destes elementos, que interagem entre si.

2.5.1 Radiação solar

Nas estações de crescimento de milho, o Estado do Rio Grande do Sul apresenta alta radiação solar, considerando sua latitude. O aproveitamento ideal da radiação solar se dá quando o pré-florescimento, o florescimento e o enchimento de grãos da cultura coincidem com o período de elevada radiação solar, que ocorre de meados de novembro a meados de fevereiro. Isso é possível quando se realiza a semeadura da cultura entre agosto e outubro, dependendo da região de cultivo, disponibilidade hídrica ou disponibilidade de irrigação.

2.5.2 Temperatura do solo e do ar

De forma geral, o milho responde à alta temperatura, desde que haja suficiente umidade no solo (a indicação do início da semeadura é quando o solo está com temperatura $\geq 16^{\circ}\text{C}$). Nas regiões de maior produção de milho no RS (metade norte), a temperatura média do ar é menor do que nas regiões de menor altitude. Assim, no município de Vacaria (região dos Campos de Cima da Serra), a temperatura do ar é mais baixa do que em São Borja (região das Missões). O conceito de que regiões de maior altitude são mais favoráveis ao cultivo de milho em relação às de menor altitude, por terem menor temperatura noturna (menor respiração noturna), é válido para genótipos com esse tipo de resposta. Atualmente, este conceito não se aplica de forma generalizada, pois a mudança na base genética adaptou algumas cultivares a situações de ambientes mais quentes. Com efeito, o recorde de produtividade de milho (acima de 18,0 t/ha) obtido em condições experimentais no estado do RS foi registrado em Eldorado do Sul, numa região com elevada temperatura noturna no verão e altitude de 42 m acima do nível do mar.

A interação adequada entre os três elementos meteorológicos determina os mais elevados rendimentos de grãos para cada região. O fator água é menos limitante nas regiões do Planalto Médio e Campos de Cima da Serra, que obtém o maior rendimento de grãos por combinarem adequada disponibilidade desse fator com época ideal de semeadura e bom aproveitamento da radiação solar. O uso de irrigação, em anos de baixa precipitação pluvial, associada à aplicação de maior quantidade de adubação, faz com que as demais regiões do Estado também tenham potencial similar para produzir alto rendimento de grãos, por apresentarem condições adequadas de radiação solar e temperatura do ar.

2.5.3 Necessidades hídricas da planta

A disponibilidade hídrica é o fator que mais frequentemente limita a obtenção de elevado rendimento de grãos de milho. O consumo diário de água durante o ciclo da cultura varia de 2 a 7 mm (Tabela 2.3), dependendo do estágio e da demanda atmosférica. A maior exigência ocorre por volta do subperíodo de pendoamento e espigamento (em torno de 7 mm/dia), quando a planta tem máxima área foliar.

Entre a emergência e o estágio V6 (seis folhas completamente expandidas), a necessidade de água é menor, embora a umidade no solo seja muito importante para os processos de germinação e emergência e crescimento inicial das plantas. O pequeno consumo deve-se ao reduzido número de folhas na planta. Inicialmente, há muita evaporação da água do solo, que vai sendo reduzida gradativamente, dando lugar à maior participação da transpiração pela planta. A partir do estágio V6, iniciam as etapas mais sensíveis, pois, além da expansão foliar, já começa a ter importância a formação do primórdio floral que vai dar origem à espiga.

O período mais crítico em relação à falta de água ocorre cerca de duas a três semanas antes do pendoamento até duas semanas após o espigamento. Neste período, ocorre o pendoamento, a emergência de estigmas, a fecundação e o início do enchimento de grãos. Esses processos são muito sensíveis à deficiência hídrica, especialmente a emissão de estigmas e a fecundação. A defasagem entre a emissão de estigmas e a polinização provoca falhas na formação de grãos na espiga, resultando em menor número de grãos na

inflorescência. No final do ciclo da cultura (grão em massa mole em diante), a quantidade de água que a planta exige é menor.

Na região Sul do Brasil, há freqüentes períodos sem precipitação durante a estação de crescimento de milho. Assim, o agricultor deve fazer uso mais racional possível da umidade disponível no solo, utilizando práticas para reduzir as perdas e otimizar o consumo, como, por exemplo, controlando as plantas daninhas e mantendo o solo coberto. A racionalização do consumo também pode ser conseguida pela conversão mais efetiva da água disponível em grãos, o que pode ser viabilizado com adubação adequada, controle eficiente de pragas e doenças, uso de variedades adaptadas e de alto potencial produtivo e, especialmente, a adequação da época de semeadura.

A planta de sorgo possui maior tolerância à deficiência hídrica do que o milho, devido à maior eficiência de uso de água. A quantidade de água transpirada para produção de um quilograma de massa seca é de, aproximadamente, 270 e 350 litros, respectivamente, para sorgo e milho. Dentre os mecanismos que conferem à planta de sorgo maior tolerância à deficiência hídrica em relação ao milho, citam-se: sistema radicular mais profundo e ramificado, presença de estômatos em maior número e de menor tamanho, presença de cera nas folhas e nos colmos e capacidade de entrar em estado de dormência quando da ocorrência de estresse hídrico. Além disto, a planta de sorgo tem a capacidade de retomar o crescimento logo que o estresse é aliviado, com taxas similares às que ocorriam antes de sua ocorrência.

2.5.3.1 Consumo de água e coeficientes de cultura para milho

a) Consumo de água

O conhecimento do consumo de água das plantas cultivadas é fundamental para planejamento e manejo da água na agricultura irrigada. Na agricultura não irrigada, esta informação também é útil na adoção de práticas culturais que permitam o melhor aproveitamento das disponibilidades hídricas de cada região, especialmente o ajustamento de épocas de semeadura.

A evapotranspiração máxima de uma cultura, que é o consumo de água que ocorre sem sua limitação no solo, depende da demanda evaporativa do ar e das características de cada cultura.

O milho apresenta elevado consumo de água, principalmente durante os subperíodos de florescimento e enchimento de grãos. Os valores médios de consumo de água (evapotranspiração máxima – ET_m), determinados para as condições da região Central do Estado em diferentes períodos de desenvolvimento da cultura e três épocas de semeadura, são apresentados na Tabela 2.3. Nos subperíodos de florescimento ao estágio de grão leitoso, ocorre o maior consumo médio diário de água, para as três épocas de semeadura, chegando a 6,6 mm/dia na época de semeadura de outubro, o que significa um consumo de 6,6 litros por m² de solo por dia ou 66 m³ de água por hectare por dia.

Tabela 2.3 Valores totais e médias diárias (mm) da evapotranspiração máxima (ETm) em diferentes subperíodos e no ciclo completo do milho, em três épocas de semeadura.

Subperíodo*	Época de Semeadura					
	Setembro		Outubro		Novembro	
	ETm Total	ETm mm/dia	ETm Total	ETm mm/dia	ETm Total	ETm mm/dia
S – E	16	1,7	14	2,1	18	2,8
E – 30d	80	2,7	92	3,1	128	4,3
30d – P	180	4,9	162	5,3	174	5,6
P – GL	120	5,7	174	6,6	86	5,1
GL – MF	174	4,0	130	4,2	135	3,6
S – MF	570	4,0	572	4,6	541	4,4

Fonte: Matzenauer et al. (2002); * S – semeadura; E – emergência; 30d – 30 dias após a emergência; P – início do pendoamento; GL – grão leitoso; MF – maturação fisiológica.

b) Coeficientes de cultura

Como o consumo de água do milho varia entre anos e regiões, conforme as variações da demanda evaporativa da atmosfera, utiliza-se o coeficiente de cultura (Kc) para estimativa do consumo de água para cada situação. O coeficiente de cultura relaciona a evapotranspiração máxima (ETm) com a evapotranspiração de referência, podendo ser utilizado, também, algum elemento meteorológico como referência. Neste capítulo, são apresentados os coeficientes KC_1 , KC_2 e KC_3 da seguinte forma:

$$KC_1 = ETm/Eo; \quad KC_2 = ETm/ETo; \quad KC_3 = ETm/Rs$$

sendo Eo a evaporação medida no tanque Classe A (mm), ETo a evapotranspiração de referência calculada pelo método de Penman e Rs a radiação solar global, transformada em milímetros de evaporação.

Na Tabela 2.4, são apresentados os valores dos três coeficientes nos diferentes subperíodos de desenvolvimento e no ciclo completo de milho, para três épocas de semeadura.

Tabela 2.4 Coeficientes de cultura KC_1 (ETm/Eo), KC_2 (ETm/ETo) e KC_3 (ETm/Rs) em diferentes subperíodos e no ciclo completo de milho, para três épocas de semeadura.

Sub-período *	Época de semeadura								
	Setembro			Outubro			Novembro		
	Kc1	Kc2	Kc3	Kc1	Kc2	Kc3	Kc1	Kc2	Kc3
S – E	0,40	0,40	0,24	0,37	0,40	0,25	0,41	0,47	0,29
E – 30d	0,51	0,55	0,33	0,52	0,54	0,34	0,60	0,70	0,44
30d – P	0,78	0,88	0,54	0,83	0,93	0,58	0,81	0,93	0,58
P – GL	0,81	0,97	0,60	0,92	1,05	0,68	0,81	0,96	0,60
GL – MF	0,63	0,70	0,44	0,66	0,78	0,50	0,64	0,73	0,46
S – MF	0,66	0,74	0,45	0,72	0,81	0,51	0,68	0,80	0,49

Fonte: Matzenauer et al. (2002).

* S – semeadura; E – emergência; 30d – 30 dias após a emergência; P – início do pendoamento; GL – Grão leitoso; MF – maturação fisiológica.

Para estimativa das necessidades hídricas da cultura de milho, deve-se utilizar os coeficientes de cultura da seguinte forma:

$$ETm = KC_1 \times Eo; \quad ETm = KC_2 \times ETo; \quad ETm = KC_3 \times Rs$$

Exemplo: estimativa de consumo de água para um período de sete dias na época de semeadura de setembro, relativa ao subperíodo P-GL. Considerando-se que a evaporação do tanque classe A no período tenha sido de 52 mm e utilizando-se o valor do coeficiente de cultura KC_1 , que é de 0,81 (Tabela 2.4), calcula-se o consumo de água da seguinte forma:

$$\begin{array}{lll} ET_m = E_o \times KC_1 & E_o = 52,0 \text{ mm} & KC_1 = 0,81 \\ ET_m = 52,0 \times 0,81 & \rightarrow ET_m = 42,1 \text{ mm} & \end{array}$$

Como os períodos de maior deficiência hídrica ocorrem mais frequentemente entre os meses de dezembro a fevereiro, uma das recomendações para lavouras não irrigadas é a antecipação da época de semeadura, principalmente nas regiões mais quentes do Estado do RS. Com esta prática, procura-se evitar a coincidência do período crítico da cultura com o período de menor disponibilidade hídrica. Além disso, a semeadura de cultivares mais precoces é recomendável na época de semeadura antecipada (agosto-setembro), pelo fato de apresentarem menor exigência térmica. Deve-se salientar que o regime pluviométrico normal no Estado não é suficiente para atender às necessidades hídricas da cultura de milho em grande parte das regiões climáticas, havendo a necessidade de suplementação pela irrigação.

2.5.4 Manejo da irrigação

Os principais fatores determinantes do planejamento da irrigação, seja qual for o método utilizado (aspersão ou superfície), são as características da planta (consumo diário e estádios críticos). Estes aspectos foram brevemente discutidos anteriormente.

Um aspecto importante a ser considerado é a demanda atmosférica por água. Esta demanda depende basicamente da pressão de vapor na atmosfera e da temperatura do ar que, por sua vez, estão relacionados à radiação solar. A demanda por água é maior no verão, nos meses de maior temperatura e insolação (meados de dezembro a fim de fevereiro) do que na primavera e no fim de verão. Logo, haverá maior necessidade de água quando coincidir os períodos mais críticos no verão. Deve-se considerar que a quantidade de água exigida pela planta varia conforme a época de semeadura e o estágio de desenvolvimento, tornando complexo o estabelecimento do consumo de água de uma lavoura de milho, especialmente se a irrigação for feita como complementação à água suprida pela precipitação pluvial.

Ao se irrigar uma lavoura, outro elemento fundamental é determinar a capacidade do solo em reter água. Neste sentido, o solo mais apropriado é aquele que retém grande quantidade de umidade, não exigindo freqüentes regas, além de perder menos água por percolação. Além disto, a fertilidade do solo faz variar o consumo de água. Quando bem adubada, a planta de milho tem maior desenvolvimento radicular e consome mais água, explorando maior volume de solo, resultando em maior acúmulo de massa seca.

Os três pontos enfocados (necessidades da planta, demanda atmosférica e características de solo) determinam a quantidade de água necessária a ser complementada. O sistema de irrigação empregado e os pontos de captação de água compõem também o planejamento do sistema de condução da lavoura.

Com estes aspectos estabelecidos, deve-se compatibilizar a viabilidade econômica do empreendimento. Dada a irregularidade das condições meteorológicas em determinada região, de ano para ano e de estação para estação, é difícil prever a resposta que se pode obter. Alguns trabalhos de pesquisa mostram que, em certas ocasiões, a suplementação de água resulta em altos incrementos no rendimento de grãos de milho, principalmente quando realizada nos estádios mais críticos e de maior exigência hídrica. A irrigação ao redor do pendoamento e espigamento da planta pode garantir altos rendimentos de grãos e alta eficiência de uso da água. Para as regiões sul e sudoeste do Rio Grande do Sul, o cultivo de milho sob alta tecnologia tem-se mostrado vantajoso quando inclui a irrigação, por permitir rendimento de grãos elevado e estável.

2.6 Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC)

As portarias de Zoneamento Agrícola de Risco Climático para as culturas de milho e sorgo são divulgadas anualmente no Diário Oficial da União, com vigência na safra indicada, para cada estado da Federação, podendo ser acessadas no seguinte endereço: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/riscos-seguro/programa-nacional-de-zoneamento-agricola-de-risco-climatico/portarias>

2.7 Referências

MATZENAUER, R. et al. **Consumo de água e disponibilidade hídrica para milho e soja, no Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: FEPAGRO, 2002. 104p.

RITCHIE, S.W.; HANWAY, J.J.; BENSON, G.O. **How a corn plant develops**. Special Bulletin, Iowa, n.48, 1993.

VANDERLIP, R.L. & REEVES, H.E. **Growth stages of sorghum [*Sorghum bicolor*, (L.) Moench.]**. Agronomy Journal, v.64, p.13-16, 1972.

3. MANEJO DO SOLO, ADUBAÇÃO E CALAGEM

Revisores técnicos: Evandro Spagnollo
Luís César Cassol
Walkyria Bueno Scivittaro

3.1 Manejo conservacionista do solo

Atualmente, apesar do milho ser cultivado predominantemente em semeadura direta, ainda é deficiente a adoção de práticas conservacionistas fundamentais à melhoria e otimização no uso do solo e indispensáveis à expressão do potencial genético da cultura. Dentre essas práticas, o uso restrito de rotação de culturas pode ser apontado como uma das mais relevantes, em razão dos benefícios que promove ao desempenho das culturas no sistema de produção.

O sistema plantio direto (SPD), também denominado sistema de semeadura direta ou de semeadura direta na palha, no âmbito da agricultura conservacionista, necessita ser interpretado e adotado sob o conceito de processos tecnológicos destinados à exploração de sistemas agrícolas produtivos. Deve contemplar a diversificação de espécies, a mobilização do solo apenas na linha de semeadura, a manutenção permanente da cobertura do solo e a minimização do intervalo entre a colheita e a semeadura (processo colher-semear), além da adoção de práticas mecanizadas conservacionistas. Nesse sentido, a qualificação do SPD requer a observância integral dos fundamentos a seguir apresentados.

3.1.1 Rotação de culturas

A rotação de culturas, conceituada como o cultivo sucessivo de diferentes espécies em uma mesma área, em safras agrícolas consecutivas, é planejada para proporcionar competitividade ao agronegócio, quantidade e qualidade de biomassa e viabilizar o processo colher-semear, tendo como benefícios: a promoção de cobertura permanente do solo e da ciclagem de nutrientes; o aumento no conteúdo de matéria orgânica do solo; a melhoria de atributos físicos do solo, particularmente a capacidade de armazenamento de água; o aumento na atividade biológica e na diversidade de organismos do solo; o favorecimento do manejo integrado de pragas; a diversificação e estabilização da produção; a racionalização no uso de mão-de-obra; a otimização no uso de máquinas e equipamentos e a redução no risco de perda de renda.

O sistema plantio direto somente se consolida com a utilização de rotação de culturas que insiram o milho no sistema de produção, o qual trará vantagens tanto pela diversificação do tipo de sistema radicular, quanto pela qualidade e quantidade de biomassa aportada ao solo, como resíduos culturais.

3.1.2 Mobilização mínima do solo

A restrição da mobilização do solo à linha de semeadura tem como benefícios a redução nas perdas de solo, nutrientes e de água por erosão; a redução na incidência de plantas daninhas; a redução na taxa de decomposição de resíduos culturais e de mineralização da matéria orgânica do solo; a promoção de sequestro de carbono no solo; a manutenção da qualidade do solo; a redução na demanda de mão-de-obra e a redução nos custos de manutenção de máquinas e de equipamentos e no consumo de energia.

3.1.3 Cobertura permanente do solo

A manutenção permanente de plantas vivas e/ou de restos culturais na superfície do solo tem como benefícios: a dissipação da energia erosiva das gotas de chuva; a redução de perdas de solo e de água por erosão; a manutenção da umidade no solo; a redução da amplitude térmica do solo; a redução da incidência de plantas daninhas; o favorecimento do

manejo integrado de pragas; a estabilização da taxa de ciclagem de nutrientes e a promoção da biodiversidade do solo.

3.1.4 Processo colher-semear

O processo colher-semear, conceituado como redução ou supressão do intervalo de tempo entre a colheita de uma espécie e a semeadura da cultura subsequente, tem como benefícios: a otimização no uso da terra, por proporcionar maior número de safras por ano agrícola; a otimização do uso de máquinas e equipamentos; a redução nas perdas de nutrientes liberados pela decomposição de restos culturais; a melhoria da fertilidade do solo; o estímulo à diversificação de épocas de semeadura e a reprodução, em sistemas agrícolas produtivos, da dinâmica da matéria orgânica dos sistemas naturais.

3.1.5 Práticas mecanizadas conservacionistas

A cobertura permanente do solo, otimizada no SPD, não se constitui em condição suficiente para amenizar o efeito de enxurradas e controlar a erosão hídrica. Mesmo sob plantio direto consolidado, pode haver escoamento superficial de água, quando da ocorrência de precipitação intensa e/ou em áreas com longos comprimentos de pendente. Isso pode levar a falhas na cobertura do solo e, consequentemente, em erosão, devido à tensão de cisalhamento do escoamento superficial. Esse problema é agravado pela semeadura no sentido do declive. A segmentação de topossequências, por semeadura em contorno, culturas em faixas, cordões vegetados, terraços dimensionados especificamente para o sistema plantio direto, constitui-se em solução complementar para esse problema e tem como benefícios: o manejo do solo e da água no âmbito de microbacia hidrográfica; o restabelecimento da semeadura em contorno; a redução no risco de transporte de agroquímicos para fora da lavoura; maior armazenagem de água no solo e a conservação de estradas rurais.

3.2 Adubação e calagem

As informações sobre calagem e adubação propostas neste capítulo baseiam-se em indicações contidas no “Manual de Calagem e Adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina”, publicado em 2016 pela Comissão de Química e Fertilidade do Solo RS/SC do Núcleo Regional Sul da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Incluem, ainda, informações específicas relativas às práticas de calagem e adubação para as culturas de milho e sorgo. No entanto, serão feitos alguns comentários referentes ao estado do Paraná, o qual adota as recomendações contidas no “Manual de Adubação e Calagem para o Estado do Paraná”, publicado em 2019 pelo Núcleo Estadual Paraná (NEPAR) da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, embora sem destacar as tabelas de interpretação de resultados de análise de solo e recomendação de adubação, as quais podem ser obtidas na referida publicação.

3.2.1 Amostragem de solo

Há três fatores a serem considerados para a definição do plano de amostragem do solo: a uniformidade da área para fins de amostragem e de manejo da lavoura, o número de subamostras a serem coletadas em cada área e a profundidade de amostragem. Características locais, como o tipo de solo, topografia, vegetação, posição na paisagem e histórico de utilização, particularmente a sequência de culturas e o manejo da calagem e adubação, definem a subdivisão da área em glebas uniformes ou homogêneas, as quais devem ser amostradas separadamente. De forma geral, a coleta de 10 a 20 subamostras ao acaso por gleba uniforme é suficiente para a maioria dos sistemas de cultivo, independentemente do amostrador de solo.

Especificamente para o sistema plantio direto, pela maior eficiência, indica-se o uso de pá-de-corte nas amostragens, independentemente das adubações terem sido realizadas a

lanço ou em linha. O uso da pá-de-corte permite que o número de subamostras seja mantido, mesmo em áreas adubadas em linha, quando são requeridos cuidados especiais na coleta das subamostras. Inicialmente, deve-se identificar as linhas de adubação (de plantas da cultura precedente) na lavoura. Na sequência, remover a vegetação da superfície e cavar uma pequena cova, cuja largura deve corresponder ao espaçamento entre as linhas da cultura precedente; as linhas de plantio devem estar localizadas no centro da cova. Finalmente, com o auxílio da pá-de-corte, cortar uma fatia de solo (3 a 5 cm de espessura) abrangendo toda a largura da cova, ou seja, do meio de uma entrelinha ao meio da entrelinha subsequente. Em se utilizando trado calador, a tradagem deve ser posicionada transversalmente às linhas de adubação, coletando-se um ponto no centro da linha e um ponto de cada lado, totalizando três sub-subamostras, se a cultura precedente utilizar espaçamento entrelinhas pequeno (15 a 20 cm); coletando-se um ponto no centro da linha e três pontos de cada lado, totalizando sete sub-subamostras, se forem culturas com espaçamento entrelinhas médio (40 a 50 cm); ou ainda, coletando-se um ponto no centro da linha e seis pontos de cada lado, totalizando 13 sub-subamostras, se forem culturas com maior espaçamento (60 a 100 cm).

Em solos com teores muito alto de fósforo e de potássio (K), as subamostras podem ser retiradas exclusivamente nas entrelinhas de adubação da cultura anterior, não havendo influência nas recomendações de adubação. Essa foi a premissa adotada pelo estado do Paraná, considerando que o sistema plantio direto encontra-se consolidado e que, neste caso, a variabilidade horizontal promovida pela aplicação de adubos em sulcos tende a desaparecer. Neste caso, a recomendação em relação ao sítio de coleta é de que a amostragem seja feita nas entrelinhas das culturas, a partir da coleta de 20 a 25 amostras simples em pontos distribuídos aleatoriamente.

Para culturas anuais, como o milho e o sorgo, cultivadas em sistema convencional de preparo, que envolve o revolvimento do solo, a profundidade de amostragem deve contemplar toda a camada de solo movimentada nas operações de preparo, ou seja, de 0 a 20 cm. No caso de cultivos estabelecidos em sistema plantio direto consolidado, indica-se amostrar a camada de 0 a 10 cm, para fins de adubação. Uma amostragem adicional na camada de 10 a 20 cm deve ser feita para subsidiar a recomendação de calagem, bem como para auxiliar na avaliação da disponibilidade de fósforo (P) em profundidade e de enxofre (S).

Para o estado do Paraná, a recomendação oficial é proceder a amostragem na profundidade de 0 a 20 cm, no sistema plantio direto, e, sempre que possível, também avaliar a profundidade de 20-40 cm com o intuito de verificar disponibilidade de enxofre, cálcio, bem como monitorar eventuais problemas de acidez subsuperficial.

3.2.2 Calagem

A prática de calagem para solos ácidos objetiva corrigir o pH do solo a níveis (valores) desejados, pela aplicação de corretivos de acidez, sendo o produto mais comumente utilizado o calcário agrícola, composto por carbonato de cálcio e carbonato de magnésio.

3.2.2.1 Cálculo da quantidade de calcário a aplicar

A tomada de decisão para a calagem baseia-se na sensibilidade da cultura, no nível de acidez do solo e, em algumas situações, também no sistema de produção. As culturas agrícolas são agrupadas em função de seu pH de referência (pH do solo mais adequado). O valor do pH de referência é aplicável, também, a sistemas de rotação de culturas; nesse caso deve-se considerar o pH de referência da cultura mais sensível, ou seja, aquela que requer pH mais elevado, garantindo a expressão do potencial de produtividade de todas as culturas componentes do sistema de produção implantado na área.

A necessidade de calagem é determinada a partir dos valores de acidez ativa do solo (pH em água ou, no caso do Paraná, pH em CaCl₂) e considerando a exigência das culturas

pretendidas. No caso das culturas de milho e sorgo, o valor do pH de referência é 6,0. Ressalta-se, porém, que maior limitação da produtividade das culturas devida à acidez do solo ocorre quando o valor do pH do solo é menor que 5,5, isso porque a resposta econômica de algumas culturas à calagem depende da presença de alumínio (Al) trocável no solo, o que somente ocorre sob valores de pH em água menores que 5,5.

A quantidade de corretivo a ser aplicada é estimada, preferencialmente, pelo índice SMP, fornecido pela análise do solo (Tabela 3.1).

As quantidades de corretivo indicadas na Tabela 3.1 consideram um PRNT (Poder Relativo de Neutralização Total) de 100%. Isso significa que as quantidades totais a aplicar devem ser ajustadas ao PRNT do calcário disponível. Deve-se dar preferência ao uso de calcário dolomítico, por conter maior quantidade de magnésio.

Tabela 3.1. Quantidade de calcário (PRNT = 100%) necessária para elevar o pH em água do solo da camada de 0 a 20 cm a 6,0, estimada pelo índice SMP.

Índice SMP	pH pretendido 6,0	Índice SMP	pH pretendido 6,0
	t/ha		t/ha
≤4,4	21,0	5,8	4,2
4,5	17,3	5,9	3,7
4,6	15,1	6,0	3,2
4,7	13,3	6,1	2,7
4,8	11,9	6,2	2,2
4,9	10,7	6,3	1,8
5,0	9,9	6,4	1,4
5,1	9,1	6,5	1,1
5,2	8,3	6,6	0,8
5,3	7,5	6,7	0,5
5,4	6,8	6,8	0,3
5,5	6,1	6,9	0,2
5,6	5,4	7,0	0,0
5,7	4,8	-	-

Fonte: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Núcleo Regional Sul. Comissão de Química e de Fertilidade do Solo - RS/SC. Manual de calagem e adubação para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. s. l., 2016. 376 p.

Existe a possibilidade de estabelecer a dose de calcário com base na saturação por bases (V%), como alternativa ao índice SMP. Nesse caso, a saturação por bases é estimada a partir da acidez potencial do solo (H+Al), via índice SMP, assumindo-se, para os solos do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina, a correspondência entre o valor do pH de referência 6,0 e a saturação por bases média de 75%. Optando-se pela adoção desse método para a definição da dose de calcário, a partir dos dados disponíveis nos laudos de análise química de solo (V% e CTCpH7) e da saturação por bases correspondente ao pH de referência 6,0, a dose de calcário é definida pela equação:

$$NC = [(V1-V2)/100] \times CTC \text{ pH7}$$

Onde: NC= necessidade de calcário (PRNT 100%) em t/ha, para corrigir a camada de 0 a 20 cm; V1= saturação por bases desejada (75%) para as culturas de milho e sorgo, cujo pH de referência é 6,0; V2= saturação por bases do solo, expressa no laudo de análise de solo; e CTC= capacidade de troca de cátions estimada a pH 7,0 (CTC pH7).

O método da elevação da saturação por bases a um valor pré-estabelecido é referência de calagem no estado do Paraná. Nesse estado, para a cultura do milho, a recomendação oficial é aplicar calcário para elevar a saturação por bases para 70% sempre que esta estiver abaixo de 60%.

A quantidade de corretivo (calcário PRNT 100%) definida pelo método da saturação por bases e pelo índice SMP é semelhante. Diferenças maiores podem ocorrer em solos com maior acidez potencial e/ou com teores de cálcio (Ca) e magnésio (Mg) elevados, quando a saturação por bases pode estimar uma dose inferior de corretivo que o índice SMP, refletindo-se em elevação no pH menor que a pretendida, não necessariamente com prejuízo para a produtividade das culturas, e/ou menor efeito residual da calagem. Assim, indica-se o uso do índice SMP para estimar a calagem de áreas não previamente corrigidas. Nas reaplicações, é indiferente o método utilizado para o cálculo da dose de calcário.

Em alguns solos, principalmente naqueles com baixo poder tampão (textura arenosa e baixo teor de matéria orgânica, geralmente com índice SMP > 6,3), o método SMP pode indicar o uso de quantidades muito pequenas de calcário, embora o pH em água esteja em nível inferior ao preconizado. Nesses solos, é recomendável calcular a necessidade de calcário (NC) com base nos teores de matéria orgânica e de alumínio trocável do solo, empregando-se a seguinte equação para atingir pH 6,0:

$$NC = -0,516 + 0,805MO + 2,435AI$$

Onde: NC= necessidade de calcário (PRNT 100%) em t/ha, para corrigir a camada de 0 a 20 cm; MO= teor de matéria orgânica do solo em % e AI= teor de alumínio trocável do solo em cmol_c/dm³.

A quantidade de calcário e seu modo de aplicação variam, ainda, com o sistema de preparo do solo, convencional ou plantio direto (Tabela 3.2).

No sistema convencional de preparo do solo ou na implantação do sistema plantio direto, em que a camada de solo amostrada é de 0 a 20 cm, a dose de calcário é indicada pelo índice SMP para o pH de referência 6,0 e o corretivo deve ser incorporado uniformemente até à profundidade de 20 cm, conforme critérios descritos na Tabela 3.2. A aplicação do corretivo deve ser procedida, preferencialmente, antes da implantação de cultivos de inverno. Aproveitando-se da mobilização do solo para a incorporação do corretivo, quando necessária, pode ser realizada a adubação de correção, especialmente com fósforo.

Em solos de campo nativo, com acidez potencial baixa (índice SMP > 5,5), é possível implantar o sistema plantio direto com a aplicação superficial de calcário, considerando-se, porém, a dificuldade de corrigir a camada de 10 a 20 cm de profundidade. Neste caso, a dose sugerida de corretivo corresponde a metade da recomendada pelo método SMP para atingir o pH de referência 6,0.

No sistema plantio direto consolidado, a indicação de calagem é diferenciada em função da constatação ou não de restrição física ou química na camada de 10 a 20 cm de profundidade. Na ausência de restrições ao crescimento radicular nessa camada, a dose indicada de calcário, para aplicação superficial, corresponde à quarta parte (¼) da dose indicada pelo índice SMP para atingir o pH de referência 6,0. Isso porque se considera que essa dose é suficiente para neutralizar a acidez gerada na camada de 0 a 5 cm, embora com o passar do tempo os efeitos da aplicação superficial de calcário possam atingir camadas mais profundas. Ademais, pressupõe-se que a correção do solo abaixo de 10 cm de profundidade foi feita por ocasião da implantação do sistema plantio direto, bem como que a reacidificação do solo nesse sistema ocorre a partir da superfície.

Por sua vez, nas situações em que se constatarem restrições químicas (saturação por Al ≥ 30% e/ou teor de P disponível menor que o nível crítico) ou físicas (compactação) ao crescimento radicular na camada de 10 a 20 cm, maior atenção deve ser dada à correção da acidez do solo, podendo ser necessário reiniciar o plantio direto, incorporando-se calcário ao solo na camada de 0 a 20 cm em dose correspondente a 1 SMP para pH 6,0. O cálculo

da quantidade deve considerar a média dos valores do índice SMP das camadas de 0 a 10 cm e 10 a 20 cm. Em havendo necessidade de correção do teor de P, indica-se realizar a fosfatagem por ocasião do revolvimento do solo, também estabelecendo-se a dose com base na média dos teores de P nessas duas camadas.

O efeito residual da calagem perdura por alguns anos, dependendo de fatores como o manejo do solo, a quantidade de N aplicada nas diversas culturas, a erosão hídrica e outros. A reaplicação de calcário será necessária quando o resultado de nova análise de solo indicar a necessidade, considerando-se os referenciais constantes na Tabela 3.2.

Tabela 3.2. Critérios para a indicação da necessidade e dose de calcário para as culturas de milho e sorgo em função do sistema de manejo do solo nos estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina.

Sistema de manejo do solo	Condição da área	Amostragem (cm)	Critério de decisão	Quantidade de calcário (1)	Método de aplicação
Convencional	Qualquer condição	0 - 20	pH < 5,5	1 SMP para pH água 6,0	Incorporado ⁽⁶⁾
	Implantação do sistema	0 - 20	pH < 5,5	1 SMP para pH água 6,0	Incorporado ⁽⁶⁾
	Sistema consolidado, sem restrições na camada de 10 a 20 cm	0 - 10 ⁽²⁾	pH < 5,5 ⁽⁴⁾	¼ SMP para pH água 6,0	Superficial ⁽⁷⁾
Plantio Direto	Sistema consolidado, com restrições ⁽¹⁾ na camada de 10 a 20 cm	0 - 10 e 0 - 20 ^{(2), (3)}	pH < 5,5 e AI ≥ 30%	1 SMP para pH água 6,0 ⁽⁵⁾	Incorporado ⁽⁶⁾

⁽¹⁾Considerar, na decisão de incorporar o calcário, a ocorrência de produtividade da cultura abaixo da média local, especialmente em anos de estiagem; compactação do solo restringindo o crescimento radicular em profundidade e a disponibilidade de fósforo na camada de 10 a 20 cm abaixo do teor crítico;

⁽²⁾Amostrar separadamente as camadas de 0 a 10 e de 10 a 20 cm; ⁽³⁾Tomada de decisão independente da condição do solo da camada de 0 a 10 cm; ⁽⁴⁾Não aplicar corretivo quando a saturação por bases (V) ≥ 65% e saturação por Al na CTC < 10%; ⁽⁵⁾Usar valor do índice SMP médio das duas camadas (0 a 10 cm e 10 a 20 cm) para definir a dose de calcário a ser incorporado; ⁽⁶⁾Quando a disponibilidade de P e/ou de K forem menores que o teor crítico, recomenda-se fazer a adubação de correção com incorporação de fertilizantes aproveitando a mobilização do solo para a calagem; ⁽⁷⁾Quantidade aplicada em superfície limitada a 5 t/ha (PRNT 100%).

Fonte: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Núcleo Regional Sul. Comissão de Química e de Fertilidade do Solo - RS/SC. Manual de calagem e adubação para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. s. l., 2016. 376 p.

3.2.3 Adubação

3.2.3.1 Adubação nitrogenada para milho

As doses de nitrogênio (N) indicadas para a cultura de milho são apresentadas na Tabela 3.3, variando em função do teor de matéria orgânica do solo, da cultura antecedente e da produção de massa seca da mesma, considerando-se uma expectativa de rendimento de aproximadamente 6 t/ha de grãos. O estado do Paraná não utiliza o teor de matéria orgânica do solo como critério para recomendação de adubação nitrogenada (para mais informações, consulte o Manual).

Tabela 3.3. Doses de nitrogênio para a cultura de milho em função do teor de matéria orgânica do solo e da cultura antecedente⁽¹⁾.

Teor de matéria orgânica do solo	Cultura antecedente ⁽¹⁾		
	Leguminosa	Consortiação ou pousio	Gramínea
%	kg/ha de N		
≤ 2,5	70	80	90
2,6 – 5,0	50	60	70
> 5,0	≤ 40	≤ 40	≤ 50

⁽¹⁾As quantidades de N indicadas consideram a produção média de matéria seca da cultura antecedente. Caso a matéria seca da leguminosa seja alta (> 3 t/ha), pode-se diminuir a quantidade de N em até 20 kg/ha. Se a matéria seca de nabo ou de consórcio gramínea-leguminosa for baixa (≤ 4 t/ha), pode-se aumentar a quantidade de N em até 20 kg/ha. Se a matéria seca da gramínea for alta (> 4 t/ha), pode-se aumentar a quantidade de N em 20 a 40 kg/ha, conforme a produção de matéria seca da cultura antecedente. Para expectativa de rendimento do milho maior que 6 t/ha, acrescentar aos valores da tabela 15 kg/ha de N, por tonelada adicional de grãos a serem produzidos.

Fonte: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Núcleo Regional Sul. Comissão de Química e de Fertilidade do Solo - RS/SC. Manual de calagem e adubação para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. s. l., 2016. 376 p.

Alguns ajustes nas quantidades de N sugeridas na Tabela 3.3 podem ser feitos, sendo descritos na sequência.

Quando a densidade de plantas for maior que 65.000 plantas/ha, elevar a dose de N em 10 kg/ha, para cada incremento de 5.000 plantas/ha.

Para se definir o potencial de rendimento de grãos (RG) do milho podem ser utilizados os seguintes critérios:

RG menor que 6 t/ha: solo, clima ou manejo pouco favoráveis (má distribuição de chuvas, solos com baixa capacidade de retenção de umidade, semeadura em época pouco propícia, baixa densidade de plantas, entre outros aspectos);

RG em torno de 6 t/ha: semente, solo, clima e manejo favoráveis ao desenvolvimento da cultura;

RG entre 6 e 8 t/ha: semente, solo, clima e manejo favoráveis, incluindo eventual uso de irrigação ou de drenagem, uso de cultivares bem adaptadas e manejo adequado do solo e da adubação; e

RG maior que 8 t/ha: semente, solo, clima e manejo muito favoráveis, utilização de cultivares de elevado potencial produtivo e uso eficiente de irrigação ou em safras com boa distribuição de chuva.

Para rendimentos de grãos superiores a 10 t/ha, aumentar a dose de nitrogênio em 20 a 40%.

O nabo forrageiro pode ter uso similar ao de leguminosa de baixa produção de matéria seca, para solos com teores de matéria orgânica menores que 3%, e como leguminosa de produção média, para os demais solos. A adubação nitrogenada para o milho pode ser reduzida em até 20% para lavouras em rotação à soja.

No sistema de preparo convencional, recomenda-se aplicar entre 10 e 30 kg/ha de N na semeadura, dependendo da expectativa de rendimento, e o restante da dose em cobertura a lanço ou em faixa, quando as plantas estiverem com quatro a seis folhas expandidas (estádios fenológicos V4 a V6). Em condições de precipitação intensa ou se a dose de N for elevada, pode-se fracionar a aplicação em duas partes, com intervalo de 15 a 30 dias.

No sistema plantio direto, recomenda-se aplicar entre 20 e 40 kg/ha de N na semeadura, quando esta for feita sobre resíduos de gramíneas, e entre 10 e 20 kg/ha de N, quando a semeadura for sobre resíduos de leguminosas. Bons resultados têm sido obtidos com a antecipação da adubação nitrogenada em cobertura para os estádios fenológicos de três a

cinco folhas (V3 a V5) em lavouras sob sistema plantio direto, especialmente nos primeiros anos de implantação do sistema e em solos com baixa disponibilidade de N.

O fracionamento da adubação nitrogenada é estimulado quando a dose do nutriente a aplicar é elevada, podendo-se aplicar 50% da dose quando as plantas estiverem nos estádios fenológicos V4 a V6 e os 50% restantes, nos estádios V8 a V9.

Destaca-se que, sob condições de umidade do solo adequada e condições climáticas favoráveis, ou seja, chuva de 15 a 30 mm ou lâmina de irrigação equivalente, dependendo da textura do solo, logo após a aplicação do fertilizante em cobertura, os adubos nitrogenados apresentam eficiência semelhante, devendo-se utilizar a fonte com menor custo unitário de N aplicado.

A fonte de nitrogênio mais comumente utilizada para o milho é a ureia, que se destaca pelo elevado conteúdo de N e menor custo por unidade do nutriente aplicado, embora esteja sujeita a perdas por volatilização de amônia, particularmente em aplicações em superfície, sob condições desfavoráveis (pouca umidade do solo, pouca palha, temperatura elevada etc.), quando a eficiência agrônômica da ureia pode ser menor que a do sulfato e do nitrato de amônio.

As doses indicadas de N pressupõem que a maioria dos fatores de produção esteja em níveis adequados. Por essa razão, em muitas situações, haverá necessidade de ajustes locais da adubação.

3.2.3.2 Adubação nitrogenada para milho pipoca

As doses de nitrogênio indicadas para a cultura de milho pipoca são apresentadas na Tabela 3.4. O manejo da adubação pode ser semelhante ao indicado para o milho, independentemente do sistema de cultivo, convencional ou plantio direto. O estado do Paraná não possui recomendações específicas para a cultura do milho pipoca.

Tabela 3.4. Doses de nitrogênio para a cultura de milho pipoca em função do teor de matéria orgânica do solo⁽¹⁾.

Teor de matéria orgânica do solo	Nitrogênio
%	----- kg/ha de N -----
≤ 2,5	60
2,6 – 5,0	40
> 5,0	≤ 30

⁽¹⁾As quantidades de N indicadas pressupõem rendimento de grãos ≤ 5 t/ha. Para expectativa de rendimento > 5 t/ha, indica-se acrescentar aos valores da tabela 15 kg/ha de N, por tonelada adicional de grãos a serem produzidos.

Fonte: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Núcleo Regional Sul. Comissão de Química e de Fertilidade do Solo - RS/SC. Manual de calagem e adubação para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. s. l., 2016. 376 p.

3.2.3.3 Adubação nitrogenada para sorgo

As doses de nitrogênio indicadas para a cultura de sorgo são apresentadas na Tabela 3.5, variando em função do nível de matéria orgânica do solo, considerando-se uma expectativa de rendimento de 4 t/ha de grãos, em anos com precipitação pluviométrica normal. O estado do Paraná divide a recomendação conforme o objetivo da cultura, se silagem ou pastejo, além de considerar a produtividade de matéria seca esperada (para mais informações, consulte o Manual).

Aplicar 20 kg/ha de N na semeadura e o restante em cobertura, quando as plantas estiverem com cinco a sete folhas expandidas (estádios fenológicos V5 a V7), correspondendo a aproximadamente 30 a 35 dias após a emergência), antes da

diferenciação do primórdio floral. A adubação nitrogenada em cobertura pode ser parcial ou totalmente suprimida, sob condições climáticas desfavoráveis.

Tabela 3.5. Doses de nitrogênio para a cultura de sorgo em função do teor de matéria orgânica do solo⁽¹⁾.

Teor de matéria orgânica do solo	Nitrogênio
%	kg/ha de N
≤ 2,5	75
2,6 - 5,0	55
5,0	≤ 20

⁽¹⁾As quantidades de N indicadas pressupõem um rendimento de grãos ≤ 4 t/ha. Para expectativa de rendimento > 4 t/ha, acrescentar 15 kg/ha de N, por tonelada adicional de grãos a serem produzidos.

Fonte: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Núcleo Regional Sul. Comissão de Química e de Fertilidade do Solo - RS/SC. Manual de calagem e adubação para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. s. l., 2016. 376 p.

3.2.3.4 Adubação fosfatada e potássica

As quantidades de fertilizantes fosfatado e potássico a aplicar variam em função dos teores de fósforo (P) e potássio (K) disponível no solo. O limite superior da classe de interpretação “Médio” é considerado o nível crítico de P e de K no solo (Tabelas 3.6 e 3.7), a partir do qual pouco incremento em produtividade é esperado com a aplicação de fertilizantes contendo esses nutrientes.

Tabela 3.6. Interpretação dos teores de fósforo no solo, extraído pelo método Mehlich-1, conforme o teor de argila para as culturas de milho e sorgo⁽¹⁾.

Interpretação	Classe de teor de argila⁽¹⁾			
	1	2	3	4
	mg/dm³ de P			
Muito baixo	≤ 3,0	≤ 4,0	≤ 6,0	≤ 10,0
Baixo	3,1-6,0	4,1-8,0	6,1-12,0	10,1-20,0
Médio	6,1-9,0	8,1-12,0	12,1-18,0	20,1-30,0
Alto	9,1-12,0	12,1-24,0	18,1-36,0	30,1-60,0
Muito alto	> 12,0	> 24,0	> 36,0	> 60,0

⁽¹⁾Teores de argila: classe 1: > 60%; classe 2: 60-41%; classe 3: 40-21%; classe 4: ≤ 20%.

Fonte: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Núcleo Regional Sul. Comissão de Química e de Fertilidade do Solo - RS/SC. Manual de calagem e adubação para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. s. l., 2016. 376 p.

Tabela 3.7. Interpretação dos teores de potássio no solo, extraído pelo método Mehlich-1, conforme a CTC do solo para as culturas de milho e sorgo.

Classe de disponibilidade	CTC _{pH7,0}			
	≤ 7,5	7,6 a 15,0	15,0 a 30,0	> 30,0
	----- mg/dm ³ de K -----			
Muito baixo	≤ 20	≤ 30	≤ 40	≤ 45
Baixo	21-40	31-60	41-80	46-90
Médio	41-60	61-90	81-120	91-135
Alto	61-120	91-180	121-240	136-270
Muito alto	> 120	> 180	> 240	> 270

Fonte: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Núcleo Regional Sul. Comissão de Química e de Fertilidade do Solo - RS/SC. Manual de calagem e adubação para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. s. l., 2016. 376 p.

As doses de P_2O_5 e de K_2O para as culturas de milho e sorgo são indicadas em função de dois critérios básicos: a) a quantidade necessária para o solo atingir o teor crítico em duas safras (adubação corretiva gradual) e b) a exportação desses nutrientes pelos grãos e perdas diversas (adubação de manutenção). As doses de correção gradual correspondem à proporção de 2/3, no primeiro cultivo, e 1/3, no segundo cultivo após a análise de solo, da quantidade indicada para a correção total. A correção gradual pode ser efetuada em solos com níveis de P e de K "Muito baixo" e "Baixo", não sendo utilizada em solos com nível "Médio" desses nutrientes. Neste nível, a dose da adubação de correção deve ser aplicada integralmente no primeiro cultivo, pelo fato de a dose indicada ser menor relativamente às indicadas para as classes "Muito baixo" e "Baixo".

A adubação de manutenção varia com a cultura e sua expectativa de rendimento, sendo necessária para manter os níveis esperados de P e K no solo. Essa adubação é praticada em todas as classes de disponibilidade desses nutrientes, com exceção da "Muito alto", quando a adubação pode variar de zero até a manutenção, ou ainda ser substituída pela adubação de reposição. Esta consiste na aplicação de quantidades de nutrientes iguais ou menores às exportadas pelos grãos, visando a redução gradativa nos teores de P e K no solo à classe "Alto".

Com base nesses critérios, tem-se uma adubação balanceada em termos de manutenção da fertilidade do solo e de previsão de retornos econômicos satisfatórios.

As doses de nutrientes indicadas nas Tabelas 3.8, 3.9 e 3.10 pressupõem rendimento ≤ 6 t/ha, para o milho, ≤ 5 t/ha, para milho pipoca, e ≤ 4 t/ha para o sorgo. No caso de expectativas de rendimento superiores às descritas, indica-se acrescentar 15 kg/ha de P_2O_5 e 10 kg/ha de K_2O , para cada tonelada adicional de grãos pretendida.

Tabela 3.8. Doses de fósforo e de potássio para a cultura do milho em função dos teores de P e K disponíveis no solo⁽¹⁾.

Interpretação do teor de P ou K no solo	Fósforo por cultivo		Potássio por cultivo	
	1º	2º	1º	2
	----- kg/ha de P_2O_5 -----		----- kg/ha de K_2O -----	
Muito baixo	200	140	140	100
Baixo	140	120	100	80
Médio	130	90	90	60
Alto	90	90	60	60
Muito alto	0	≤ 90	0	≤ 60

⁽¹⁾As quantidades de P_2O_5 e de K_2O indicadas pressupõem rendimento ≤ 6 t/ha. Para expectativa de rendimento > 6 t/ha, acrescentar 15 kg P_2O_5 e 10 kg K_2O por tonelada adicional de grãos a serem produzidos.

Fonte: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Núcleo Regional Sul. Comissão de Química e de Fertilidade do Solo - RS/SC. Manual de calagem e adubação para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. s. l., 2016. 376 p.

Tabela 3.9. Doses de fósforo e de potássio para a cultura de milho pipoca milho em função dos teores de P e K disponíveis no solo⁽¹⁾.

Interpretação do teor de P ou K no solo	Fósforo por cultivo		Potássio por cultivo	
	1º	2º	1º	2º
	----- kg/ha de P ₂ O ₅ -----		----- kg/ha de K ₂ O -----	
Muito baixo	185	125	130	90
Baixo	125	105	90	70
Médio	115	75	80	50
Alto	75	75	50	50
Muito alto	0	≤ 75	0	≤ 50

⁽¹⁾As quantidades de P₂O₅ e de K₂O indicadas pressupõem rendimento ≤ 5 t/ha. Para expectativa de rendimento > 5 t/ha, acrescentar 15 kg P₂O₅ e 10 kg K₂O por tonelada adicional de grãos a serem produzidos.

Fonte: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Núcleo Regional Sul. Comissão de Química e de Fertilidade do Solo - RS/SC. Manual de calagem e adubação para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. s. l., 2016. 376 p.

Tabela 3.10. Doses de fósforo e de potássio para a cultura do sorgo em função dos teores de P e K disponíveis no solo⁽¹⁾.

Interpretação do teor de P ou K no solo	Fósforo por cultivo		Potássio por cultivo	
	1º	2º	1º	2º
	----- kg/ha de P ₂ O ₅ -----		----- kg/ha de K ₂ O -----	
Muito baixo	170	110	120	80
Baixo	110	90	80	60
Médio	100	60	70	40
Alto	60	60	40	40
Muito alto	0	≤ 60	0	≤ 40

⁽¹⁾As quantidades de P₂O₅ e de K₂O indicadas pressupõem rendimento ≤ 4 t/ha. Para expectativa de rendimento > 4 t/ha, acrescentar 15 kg P₂O₅ e 10 kg K₂O por tonelada adicional de grãos a serem produzidos.

Fonte: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Núcleo Regional Sul. Comissão de Química e de Fertilidade do Solo - RS/SC. Manual de calagem e adubação para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. s. l., 2016. 376 p.

Decorridas duas safras após a aplicação das doses indicadas de fertilizantes, recomenda-se realizar nova análise de solo para planejar a adubação das duas safras subsequentes.

As doses indicadas pressupõem que a maioria dos fatores de produção esteja em níveis adequados. Dessa forma, em muitas situações, haverá necessidade de ajustes locais, tanto da adubação como da calagem. Para permitir o ajuste das doses em função das fórmulas de fertilizantes disponíveis no mercado, pode-se admitir uma variação de ±10 kg/ha nas quantidades recomendadas nas Tabelas 3.3, 3.4, 3.5, 3.8, 3.9 e 3.10, sobretudo nas doses mais elevadas.

3.2.3.4.1 Fontes de fósforo e de potássio

Para os fertilizantes fosfatados solúveis ou parcialmente acidulados, a dose de P₂O₅ deve ser calculada levando-se em consideração o teor de P₂O₅ solúvel em água e em citrato neutro de amônio. No caso de termofosfatos e de escórias, as quantidades devem ser calculadas levando-se em consideração o teor de P₂O₅ solúvel em ácido cítrico a 2%, na relação 1/100.

Os fosfatos naturais farelados apresentam baixa solubilidade em água, mas podem ser utilizados em adubações corretivas de P. Seu uso como fonte de P na adubação de manutenção de culturas anuais é desaconselhado, exceção feita para solos com teores de P nas classes "Médio" e "Alto". As principais fontes de potássio são o cloreto de potássio

(KCl) e o sulfato de potássio (K_2SO_4), sendo ambos solúveis em água e de eficiência equivalente.

Na escolha de qualquer fonte de fósforo ou de potássio deve ser considerado o custo da unidade de P_2O_5 e K_2O aplicado na lavoura, levando em conta os critérios de solubilidade.

3.2.3.5 Fertilizantes orgânicos

É possível utilizar fertilizantes orgânicos no cultivo de milho e sorgo. As doses de N, P_2O_5 e K_2O devem ser as mesmas indicadas nas Tabelas 3.3, 3.4, 3.5, 3.8, 3.9 e 3.10. O cálculo destas deve ser realizado, porém, levando-se em consideração a quantidade do nutriente na matéria seca, o teor de matéria seca do resíduo (para materiais sólidos) e a velocidade de liberação dos nutrientes desses produtos no solo. Em geral, a liberação de nutrientes de resíduos orgânicos (camas e esterco), na primeira safra, é de cerca de 50%, para o N, e de 80%, para o P. Já o K é liberado integralmente na primeira safra. Salienta-se que o índice de eficiência do N e do P varia com o tipo de adubo orgânico utilizado.

3.2.3.6 Fertilizantes organo-minerais

Este grupo de fertilizantes provém da mistura de fertilizantes orgânicos e minerais. Para atenderem à legislação, os fertilizantes organominerais sólidos para aplicação no solo devem conter, no máximo, 30% de umidade e apresentar garantias mínimas de 8% de carbono orgânico e CTC mínima de 80 mmol/dm³. Adicionalmente, devem ter o teor de macronutrientes primários, secundários e micronutrientes garantidos ou declarados de, no mínimo: 10%, para produtos com macronutrientes primários produzidos e comercializados isoladamente (N, P, K) ou em misturas (NP, NK, PK ou NPK); 5% para produtos com macronutrientes secundários isolados ou em misturas; e 4% para produtos com micronutrientes isolados ou em misturas.

A fração orgânica desses fertilizantes não aumenta a eficiência de aproveitamento de N, P e K pelas plantas. A escolha desses produtos deve considerar o custo da unidade de $N-P_2O_5-K_2O$ aplicado na propriedade.

3.2.3.7 Fertilizantes foliares

A possibilidade da utilização de fertilizantes via foliar nas culturas de milho e sorgo é, potencialmente, para suprimento de micronutrientes, tendo como critério de decisão, a análise foliar. Entretanto, os resultados de pesquisa com vários tipos de fertilizantes foliares não indicaram vantagem de seu emprego nessas culturas.

3.2.3.8 Micronutrientes

As informações de pesquisas realizadas nos últimos anos indicam que a maioria dos solos cultivados com milho e sorgo nos estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina apresenta disponibilidade adequada de micronutrientes (Zn, Cu, B, Mo, Mn, Fe, Cl e Co), não havendo incremento na produção com a sua aplicação, apesar de às vezes as plantas apresentarem mudanças no aspecto visual. Ressalta-se que a maioria dos fertilizantes fosfatados e os corretivos da acidez apresentam alguns desses nutrientes em sua composição. Já os adubos orgânicos podem conter concentrações significativas de micronutrientes. Por essa razão, a aplicação de micronutrientes somente deve ser realizada se a análise de solo ou de tecido foliar indicar deficiência.

4. CULTIVARES

Revisores técnicos:
Felipe Bermudez Pereira
Rogerio Ferreira Aires

4.1 A importância da escolha de cultivares de milho

O sucesso de uma lavoura depende de vários fatores, dentre os quais a escolha da cultivar se destaca, pois é na semente que está contido todo o potencial produtivo que, estimulado de forma adequada, alcançará patamares elevados de produtividade. Vários fatores externos têm impacto direto no desempenho da cultivar, por isso é de fundamental importância que o agricultor e o técnico extensionista conheçam bem a propriedade e os objetivos do cultivo do milho no momento da definir qual a melhor cultivar a ser utilizada.

Considerando o local de cultivo, é necessário observar as características de solo, médias de chuvas, declividade, nível tecnológico, disponibilidade de recursos, sistema de produção e previsões climáticas da região e do ano em questão. A partir dessas informações, a escolha da cultivar deverá ser baseada no objetivo da produção, ciclo, e tipo de cultivar, época de semeadura (Zoneamento Agrícola de Risco Climático - Zarc), histórico de ocorrência de pragas e doenças e a indicação de cultivo para a região.

4.1.1 Objetivo da produção

O milho pode ser utilizado de diferentes formas, sendo as mais comuns a produção de grãos e de silagem. Existem aqueles desenvolvidos para usos específicos, os chamados “milhos especiais”, são eles: milho verde, milho doce, milho para artesanato, milho pipoca, milho farináceo, entre outros. Sua finalidade de uso depende da constituição do grão e, no caso do uso para artesanato, das características da palha.

Para a produção de grãos, uma das características mais importantes a ser observada na escolha da cultivar é o seu potencial produtivo. Para que o milho atinja esse potencial, é fundamental avaliar a adaptabilidade da cultivar à região de cultivo, a estabilidade da produção em diferentes condições ambientais e o nível de resistência às principais doenças que ocorrem na área. Além disso, é essencial considerar fatores como bom empalhamento, que contribui para a qualidade dos grãos; tolerância ao acamamento e tombamento, facilitando o processo de colheita; e a altura de inserção da primeira espiga, que não deve ser muito elevada, evitando o acamamento e simplificando a colheita.

O milho é a espécie mais utilizada na produção de silagem devido à sua elevada produção de massa seca por área, alta densidade energética (com mais de 68% de nutrientes digestíveis totais), alto teor de amido, baixa concentração de carboidratos fibrosos e baixo poder tampão. Os programas de melhoramento têm se dedicado à seleção de genótipos de milho específicos para silagem, visando cultivares que apresentem alta produção de massa verde, elevada produtividade de grãos, bom equilíbrio entre colmos, folhas e espigas, maior período útil de colheita e boa sanidade.

O tipo e a distribuição do endosperma influenciam as características dos grãos de milho e, consequentemente, sua forma de uso. O grão de milho é composto por dois tipos de endosperma: o endosperma córneo, duro ou vítreo, formado por grande número de grãos de amido pequenos e poligonais; e o endosperma mole ou farináceo, composto por grãos de amido maiores e arredondados. Conforme o tipo e a distribuição de endosperma nos grãos, as cultivares podem ser classificadas nos seguintes grupos: dentado, duro, pipoca e doce.

Os grãos dentados são mais moles e de fácil trituração, sendo indicados para fornecimento “in natura”. No entanto, eles requerem maior cuidado no armazenamento em

comparação aos grãos mais duros, que apresentam melhor condição de armazenamento e menor germinação na espiga.

O milho pipoca também é considerado um milho duro, diferindo apenas pelo fato de que os grãos são menores que os de milho duro comum. Além disso, possuem o pericarpo rígido e espaçamento entre os grânulos de amido no interior do grão, características que conferem capacidade de expansão ao endosperma.

O milho doce é cultivado para consumo humano no estado de grãos leitosos. O cultivo de milho doce apresenta três grandes restrições: baixa produtividade de grãos, devido ao baixo vigor da planta; elevada incidência de pragas; e a rápida perda de qualidade dos grãos após a colheita, caso não sejam consumidos ou processados industrialmente. As suas principais vantagens em relação ao milho comum estão na maior qualidade para consumo, devido ao maior teor de açúcar nos grãos; alta palatabilidade, devido ao pericarpo fino; e o maior tempo de permanência em ponto ótimo de colheita da espiga.

A cor e a qualidade dos grãos de milho são fatores que devem ser considerados na escolha da cultivar. A maioria das cultivares de milho apresenta grãos com coloração amarela, amarelo-alaranjada, vermelho-alaranjada e alaranjada. Existem também cultivares com pericarpo e endosperma brancos, o que permite misturar a farinha de milho à de trigo, em certas proporções, sem alterar a cor da farinha de trigo.

4.1.2 Quanto ao tipo de cultivar

Quanto ao tipo, as cultivares de milho são classificadas em dois grupos: cultivares híbridas e cultivares de polinização aberta (variedades ou VPA).

De acordo com o número de linhagens envolvidas nos cruzamentos, as cultivares híbridas podem ser ainda divididas em:

- a) **Híbrido Simples:** resultante do cruzamento de duas linhagens endogâmicas.
- b) **Híbrido Simples Modificado:** utiliza-se como genitor feminino o híbrido de duas linhagens “irmãs” e, como genitor masculino, outra linhagem.
- c) **Híbrido Triplo:** resultante do cruzamento de um híbrido simples com uma terceira linhagem. O híbrido triplo também pode ser obtido sob a forma de híbrido modificado.
- d) **Híbrido Duplo:** resultante do cruzamento de dois híbridos simples, envolvendo quatro linhagens.

As variedades de polinização aberta também são divididas em:

- **Variedades sintéticas:** são subproduto de híbridos onde utilizadas linhagens de elevada capacidade de combinação entre si. Geralmente utiliza-se de seis a oito linhagens na sua composição.
- **Variedades Melhoradas:** população de plantas que se inter cruzam livremente. Em razão de terem passado por processo de seleção, apresentam frequência de genes favoráveis mais elevada que populações originais ou não melhoradas.
- **Variedades Locais ou Crioulas:** população de plantas que se inter cruzam livremente, e não passaram por processo de seleção em programas de melhoramento. Não apresentam registro junto ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento e são mantidas por agricultores (guardiões de sementes crioulas).

Os diferentes tipos de cultivares de milho apresentam vantagens e desvantagens, que podem ser analisadas sob três aspectos principais: uniformidade, produtividade e estabilidade (menor variação em uma gama de ambientes).

As variedades melhoradas, apresentam menor potencial produtivo, mas tem menor custo da semente, são mais rústicas e não apresentam redução no potencial produtivo quando semeadas na safra seguinte, o que possibilita aos agricultores a produção de semente própria, por período não superior a três safras consecutivas.

Os híbridos simples apresentam as vantagens de maior uniformidade e potencial produtivo quando comparados aos híbridos triplos, duplos e variedades melhoradas. No

entanto, apresentam maior custo na aquisição de sementes e necessidade de maior aporte de insumos.

Para que os híbridos atinjam seu potencial máximo de produtividade, é necessário um manejo adequado. Isso inclui práticas culturais apropriadas, tratamentos fitossanitários, disponibilização suficiente de água, adubação de base e aplicação de nitrogênio em cobertura nas doses recomendadas. Portanto, esses híbridos são mais indicados para lavouras com maior nível de investimento e elevada expectativa de rendimento.

Em lavouras com maior investimento em insumos (adubos, herbicidas, inseticidas, irrigação, etc.), onde se espera obter rendimento de grãos elevado, a utilização de híbridos é mais indicada. O maior potencial de rendimento de grãos dos híbridos deve-se ao chamado vigor híbrido, ou efeito de heterose, que se manifesta na geração F1. Desta forma, para pleno uso do vigor híbrido, indica-se a aquisição de semente a cada ano de cultivo. A redução do potencial de produtividade de plantas da segunda geração em relação à da primeira é de 10 a 15%.

Na escolha do tipo de híbrido a ser utilizado, deve-se considerar o nível de investimento a ser adotado. Resultados de pesquisa obtidos recentemente com híbridos simples modernos mostram que há vantagem técnico-econômica com sua adoção, mesmo sob condições em que há risco de estresse. Neste sentido, um dos aspectos importantes na escolha do tipo de cultivar é o poder aquisitivo do produtor, já que com as sementes de híbrido simples há maior dispêndio para aquisição do que com as de híbrido duplo ou de variedade de polinização aberta melhorada.

4.1.3 Quanto a versão da cultivar

Cultivares híbridas de milho estão disponíveis em versão convencional ou transgênica. Se transgênicas, as cultivares podem apresentar um ou mais eventos, combinando resistência a insetos, tolerância a herbicidas ou outras características. A Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio) regula a liberação de cultivares de milho transgênico no Brasil, e dispõe dos dados sobre as tecnologias associadas à transgenia que estão sendo comercializadas nos cultivares. Em Setembro de 2025, a relação de genótipos de milho na base de dados daquela Comissão conta com 66 materiais, que apresentam distintas características e eventos. A relação consta no [site da CTNBio](#). Neste, deve-se acessar a aba lateral 'Serviços da CTNBIO', opção 'Liberação Comercial', então 'Plantas', e, na grade de opções que surgir, selecionar "Tabela de Plantas – Uso Comercial".

Se a opção for pelo plantio de uma cultivar de milho transgênico, o produtor deve:

a) Plantar Refúgio quando optar pelo plantio de milho com gene de resistência a insetos: que consiste no plantio de, no mínimo, 10% da área total de milho plantada na propriedade, com milho sem o gene de resistência a insetos. **O Refúgio deve ser plantado, no máximo, a uma distância de 800 metros da lavoura.**

b) Observar norma de coexistência: Para garantir a coexistência, a distância entre uma lavoura comercial de milho geneticamente modificado e outra de milho não modificado em área vizinha deve ser de no mínimo 100 metros. Alternativamente pode ser adotada a distância de 20 metros, desde que acompanhada de bordadura com pelo menos 10 fileiras de plantas de milho convencional com porte e ciclo vegetativo semelhantes ao milho geneticamente modificado.

A adoção dessas regras é fundamental para preservar a liberdade de escolha dos produtores, tanto pelo milho convencional quanto pelo milho transgênico. É fundamental o cumprimento das normas estabelecidas pela CTNBio e Lei de Biossegurança.

4.1.4 Quanto ao ciclo da cultivar

O ciclo de uma cultivar de milho é definido em função da soma térmica (graus-dia). Cada cultivar apresenta uma necessidade específica e constante de unidades de calor, sem a qual não completa o ciclo.

As cultivares de milho indicadas para cultivo na região sul do Brasil, com base nas informações dos obtentores, são classificadas em cinco grupos de maturação: hiperprecoce, superprecoce, precoce, semiprecoce ou normal. A classificação das cultivares nos respectivos grupos de maturação é de exclusiva responsabilidade das empresas obtentoras.

De acordo com Francelli & Dourado-Neto (2000), que definem valores de referência para cada um desses grupos de maturação, cultivares de ciclo hiperprecoces devem apresentar soma térmica (graus-dia) inferior a 780, as superprecoces entre 780 e 830, as de ciclo precoce entre 831 e 890 e as de ciclo normal superior a 890. Cultivares semiprecoces não são consideradas. Estas informações dão subsídio à escolha da cultivar e devem estar relacionadas com Zarc-milho.

Cultivares de ciclo precoce e superprecoce são as mais demandadas. Nesse sentido, classificar cultivares nestes grupos de maturação pode ser uma estratégia de *marketing* interessante. Por esta razão, se deve usar os valores de referência como critério para identificação do ciclo de uma dada cultivar.

Existem ainda outros dois aspectos importantes a serem considerados no processo de escolha do ciclo de uma cultivar, que são: a velocidade de secagem ou perda de umidade de cada cultivar e a época de semeadura. Cultivares que apresentam o mesmo ciclo podem atingir o ponto de colheita em momentos diferentes, em função da velocidade com que cada uma perde umidade (velocidade de secagem ou “*dry-down*”). Essa característica, por indicar o momento ideal de colheita, tem maior relevância prática para o produtor do que a precocidade no florescimento, embora este ainda seja o critério mais comum para definir ou classificar as cultivares quanto ao ciclo.

Como as diversas fases do desenvolvimento do milho e o fechamento do ciclo são dependentes do acúmulo diário de temperatura, o ciclo de uma dada cultivar pode ser prolongado ou encurtado em razão da época de semeadura e da região de cultivo.

Caso exista a expectativa de estabelecer uma outra cultura após a colheita do milho, no mesmo período primavera-verão, deve-se priorizar o plantio de cultivares de ciclo superprecoce ou precoce e que apresentem uma rápida taxa de perda de umidade após a maturação fisiológica.

Porém, se o produtor optar por semear o milho como única cultura de verão ou pretende armazenar o milho na lavoura (situação comum na pequena propriedade), não há razão para optar por uma cultivar de ciclo superprecoce. Nessas circunstâncias, cultivares precoces ou normais com alto potencial de rendimento, sanidade e excelente empalhamento devem ser priorizadas.

Cultivares de ciclo hiperprecoce e superprecoce geralmente não são as mais produtivas e tendem a apresentar problemas de empalhamento.

Quando o plantio é realizado em regiões muito quentes ou em épocas com ocorrência de altas temperaturas, ocorre um rápido acúmulo de unidades de calor, reduzindo o ciclo e, consequentemente a produtividade. Nessas circunstâncias, deve-se optar pelo plantio de cultivares de ciclo precoce. Cultivares de ciclo hiperprecoce ou superprecoce tendem a ser mais afetadas nessas condições.

O plantio realizado tardiamente, a partir de dezembro, em sucessão ao feijão da safra e ao fumo, deve-se indicar a utilização de cultivares de ciclo precoces e superprecoces.

Já o plantio realizado a partir de meados de fevereiro, período em que já se verifica redução das temperaturas médias, provocando um prolongamento do ciclo, cultivares hiperprecoces e superprecoces são mais adequadas pois permitem reduzir o risco de geadas no final do ciclo.

Em áreas de várzea, em sistemas de rotação com arroz irrigado, deve-se também considerar na escolha das cultivares com tolerância ao excesso de umidade no solo e ao

acamamento e quebramento, colmos vigorosos, baixa estatura e baixa inserção de espiga. De modo geral, as cultivares transgênicas de ciclo superprecoces e precoces têm melhores resultados nessas áreas.

Considerando a dificuldade de reunir em uma mesma cultivar todas as características desejáveis, recomenda-se o plantio de duas ou mais cultivares, que combinem um balanço de características, de modo a promover a redução de riscos para a propriedade.

4.2 Cultivares de sorgo

O sorgo é originário da África e adapta-se a uma ampla variação de ambientes, produzindo maior quantidade de biomassa e grãos sob condições desfavoráveis, quando comparado a outros cereais (MAGALHÃES et al., 2021).

O sorgo apresenta boa tolerância à seca e ao encharcamento. Para as condições do sul do Brasil, o sorgo pode ser semeado quando a temperatura do solo estiver acima de 20 °C, o que em geral ocorre em fins de setembro e estende-se até meados de fevereiro. Devido à sua rusticidade, adapta-se bem em solos médios e arenosos, profundos e permeáveis, livres de acidez nociva, com pH variando de 5,5 a 6,5. Possui desempenho satisfatório em solos com fertilidade adequada. Em geral, os sorgos apresentam sensibilidade a fotoperíodo, o que deve ser levado em consideração para determinar a época de semeadura mais apropriada.

As cultivares de sorgo apresentam boa capacidade de rebrota, o que possibilita seu aproveitamento para a produção de grãos, forragem ou cobertura do solo, desde que haja condições adequadas de temperatura e umidade.

A combinação de potencial genético e o uso de práticas de cultivo, como fertilização adequada; controle de doenças, insetos e plantas daninhas; manejo da água de irrigação; zoneamento agroclimático e altas populações de plantas, têm propiciado altos rendimentos de grãos e forragem em regiões e condições ambientais desfavoráveis para a maioria dos cereais.

O sorgo é classificado de acordo com seu uso em: granífero, silageiro, sacarino, forrageiro, biomassa e vassoura.

4.2.1 Sorgo granífero

O sorgo granífero é de porte baixo, que produz uma panícula (cacho) compacta com muitos grãos. Nesse tipo de sorgo, o produto principal é o grão. Ele pode substituir parcialmente o milho nas rações para aves e suínos e totalmente para ruminantes, com uma vantagem comparativa de menor custo de produção e valor de comercialização menor que o milho. Além disso, a cultura tem mostrado bom desempenho como alternativa para uso no sistema de integração lavoura/pecuária. Após a colheita, a planta continua verde, possibilitando uma pastagem e proporcionando maior proteção do solo contra a erosão, maior quantidade de matéria orgânica disponível e melhor capacidade de retenção de água no solo, além de propiciar condições para uso no plantio direto.

Dentre as cultivares de sorgo granífero disponíveis, tem predominado o uso de híbridos simples. Os híbridos expressam a produtividade máxima na primeira geração, sendo necessária a aquisição de sementes todos os anos. Na segunda geração (F_2), a produtividade é reduzida em 15 a 40%, dependendo do híbrido, e aumenta a variação entre plantas, com efeito negativo na qualidade do produto. Na escolha do híbrido devem ser observadas as seguintes características:

1. Tolerância a períodos de déficit hídrico principalmente em pós-florescimento;
2. Resistência ao acamamento e ao quebramento;
4. Porte entre 1 e 1,5 m, com boa produção de massa residual;
4. Ciclo curto a médio;
5. Resistência às doenças predominantes na região de cultivo;
6. Presença de folhas verdes após a maturação fisiológica dos grãos;

7. Presença de tanino nos grãos, para cultivo em áreas com presença abundante de pássaros.

4.2.2 Sorgo corte-pastejo

O sorgo corte-pastejo é uma forrageira anual de verão, de colmos suculentos, eretos, dispostos em forma de touceiras. As folhas dessa gramínea são lineares, entrecruzando-se, com 25 a 50 mm de largura e 50 a 100 cm de comprimento. A panícula é mais aberta e com menos grãos que a do sorgo granífero.

São plantas com alto valor energético, elevado teor de proteína, maior digestibilidade, grande capacidade de perfilhamento e crescimento acelerado.

Os sorgos para corte e/ou pastejo são híbridos interespecíficos de *Sorghum bicolor* x *Sorghum sudanense* (capim sudão) utilizados principalmente para alimentação animal (pastejo, corte verde, fenação) e cobertura de solo. A maioria das espécies de sorgo pode ser utilizada no manejo para corte/pastejo. No entanto, há cultivares que têm características específicas, como capacidade de rebrote, produtividade e resistência para suportar melhor os cortes e pastejos sucessivos.

Há uma tendência das cultivares específicas, quando semeadas mais cedo, a partir de 15 de setembro, permitirem mais cortes no ciclo de verão (cinco cortes). Inclusive fornecer pastejos ou cortes até meados de junho. Com essa característica, possibilita que os pastejos nas culturas de inverno se desenvolvam. É recomendável que a altura do corte ou pastejo seja acima de 60cm e abaixo de 130cm, para melhor aproveitamento da qualidade nutricional e desempenho posterior da cultura. Os animais precisam de adaptação ao pastejo de sorgo. É importante colocar os animais alimentados (rúmen cheio) para evitar consumo excessivo e desequilíbrio alimentar, devido ser um pasto de alta qualidade e teor alto de umidade, podendo provocar timpanismo. O tempo de pastejo deve ser inicialmente controlado para não haver ingestão excessiva nos primeiros dias. É aconselhável que os animais permaneçam na pastagem de sorgo por meia hora no primeiro e no segundo dia, e uma hora no terceiro dia. Após o terceiro dia, o controle não é mais necessário na prevenção do timpanismo. Animais jovens não devem pastejar sorgo.

O sorgo forrageiro apresenta grande tolerância ao pisoteio e alta palatabilidade. Essa gramínea responde bem à aplicação de nitrogênio após cada corte ou pastejo. Sob condições favoráveis, pode ser cortado a cada três a quatro semanas. Produz de 30 a 50 t/ha de forragem verde e possui em torno de 11,5% de proteína bruta na massa seca.

4.2.3 Sorgo silageiro e sacarino

O sorgo silageiro caracteriza-se por produzir massa verde de boa qualidade e quantidade, podendo ser usado na alimentação direta ou armazenado na forma de silagem. Mesmo em condições de estresse hídrico, pode produzir um volume satisfatório de massa verde. Entretanto, quando as condições são favoráveis e a semeadura é feita em período adequado, expressam seu potencial rapidamente, permitindo um segundo corte.

São plantas de porte alto, podendo chegar a mais de dois metros de altura, com muitas folhas, uma panícula com mais grãos (quando comparado com o sorgo corte e pastejo), não possui tanino e possui colmo açucarado que auxilia no processo de fermentação da silagem. O corte para silagem deve ser realizado no estágio de grão pastoso. Apresenta entre 30% a 40% de massa seca e digestibilidade próxima de 60%.

O sorgo sacarino é considerado uma cultura de alta qualidade energética, assim como a cana-de-açúcar, adequado à produção de biocombustível de todas as partes da planta (colmos, grãos e parte aérea). As cultivares apresentam porte alto e possuem alto teor de açúcares diretamente fermentáveis no colmo. Cultivares de sorgo sacarino também produzem grãos, cujo rendimento varia em torno de 2 a 5 t/ha. Em algumas circunstâncias, também é usado para a produção de silagem, mas apresenta qualidade inferior ao sorgo silageiro.

4.2.4 Sorgo biomassa

O sorgo biomassa foi originalmente desenvolvido para produção de energia renovável, pois apresenta qualidade para gerar energia com grande poder calorífico. O material pode ser utilizado em usinas termelétricas e indústrias que utilizam caldeiras e geram energia própria (Mamedes et al., 2010). Tem capacidade de produção de até 150 toneladas de massa verde e, devido ao elevado teor de fibras, em média 36% (Silva et al., 2016), tem potencial elevado na produção de cobertura de solo em curto intervalo de tempo.

O sorgo biomassa possui sensibilidade a fotoperíodo, florescendo quando os dias são mais curtos (menos de 12 horas).

4.3 Consultar cultivares

É importante que sejam utilizadas apenas cultivares indicadas pelos obtentores/mantenedores de sementes no Sistema de Zoneamento Agrícola de Risco Climático - SISZARC. A lista de cultivares cadastradas para cada safra e região, pode ser consultada no site:

<https://sistemasweb.agricultura.gov.br/siszarcc/consultarCultivares.action?sgJAASAplicacaoPrincipal=siszarcc>

Essa lista de cultivares possui informações como: o tipo de cultivar, número médio de dias entre a emergência e o pendoamento, número médio de dias entre a emergência e a maturação fisiológica e o potencial produtivo.

Alternativamente, todas cultivares indicadas pelos obtentores/mantenedores de sementes, reunidas em grupos com características homogêneas, podem ser consultadas diretamente nas portarias do Ministério de Agricultura e Pecuária. As Portarias para a safra vigente podem ser obtidas no site:

<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/riscos-seguro/programa-nacional-de-zoneamento-agricola-de-risco-climatico/portarias>

4.4 Referências

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. Ecofisiologia e fenologia. In: FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. Produção de milho. **Guaíba: Agropecuária**, 2000. p. 21-54.

MAGALHÃES, P. C.; DE SOUZA, T. C. de; SOUZA, K. R. D. de. Biologia e fisiologia do sorgo. In: MENEZES, c. b. DE (ed.). Melhoramento genético de sorgo. Brasília, DF: Embrapa 2021.p.81-114.

MAMEDES, J. A.; RODRIGUES, M. P. J.; VANISSANG; C. A. Biomassa no Brasil. Bolsista de Valor: **Revista de divulgação do Projeto Universidade Petrobras e IF Fluminense**, v. 1, p. 65-73, 2010.

5. ESTABELECIMENTO DA LAVOURA

Revisores técnicos:
Eberson Diedrich Eicholz
Fernando Machado dos Santos
Tamara Pereira Felicio

5.1 Época de semeadura

5.1.1 Fatores determinantes da escolha

A região de clima temperado (Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Sudoeste do Paraná) apresenta condições adequadas de clima e solo que permitem o cultivo de milho em praticamente todas as regiões ecoclimáticas. Contudo, alguns aspectos devem ser observados quanto à época de semeadura, no sentido de maximizar o potencial produtivo e evitar perdas: a) os riscos de deficiência hídrica nos períodos críticos; b) os riscos de temperaturas baixas e de geada no início ou no fim da estação de crescimento; c) no regime de temperatura do ar e radiação solar quando a disponibilidade hídrica não é limitante; d) no sistema de rotação e sucessão de culturas adotado. Com isso, observam-se, nas regiões mais quentes, semeaduras durante até oito meses no ano, desde julho até fevereiro, enquanto em regiões mais frias a faixa de época de semeadura é mais restrita, geralmente de outubro a meados de dezembro.

Apesar da ampla faixa de semeadura, plantios muito no cedo ou muito tardios comumente resultam em uma produtividade limitada, abaixo do potencial da cultura. Na medida em que se prioriza o aumento na produtividade de grãos, deve-se considerar com maior atenção os fatores temperatura do ar e radiação solar, que devem ser altos durante o pré-florescimento e enchimento de grãos, pois a cultura responde à soma térmica e luminosidade. Com isso, quando o objetivo é maximizar o rendimento de grãos da cultura, geralmente a melhor época de semeadura coincide com o início da primavera, de forma que o florescimento ocorra em dezembro e o enchimento de grãos em janeiro e fevereiro. Entretanto, esta recomendação deve ser adotada apenas em regiões com baixo risco de deficiência hídrica em dezembro, janeiro e fevereiro ou sob condições de irrigação suplementar.

A opção por realizar semeadura de milho até o final do inverno ou em janeiro/fevereiro (semeadura tardia) ocorre quando o risco de falta de água no verão é elevado ou quando a sequência de cultivos do sistema obriga a tomada dessa decisão. Em uma situação ou outra, a lavoura não se beneficia das vantagens da plenitude de radiação solar que ocorre no final de dezembro e, potencialmente, obtém-se um rendimento mais baixo.

Os períodos de deficiência hídrica no RS são ocasionais e, embora ocorram predominantemente no período de verão, não são bem definidos na época em que acontecem. Entretanto, quando ocorrem no período crítico da lavoura de milho (15 dias antes e 15 dias após, o florescimento), seus efeitos são muito drásticos, resultando em grande redução do rendimento de grãos. Isto dificulta a tomada de decisão de escolher a época de semeadura e mesmo quanto ao manejo da cultura. Nesse sentido, ressalta-se a importância do produtor estar a par das informações sobre o clima, em especial da condição (intensidade) do evento La Niña, que é associado à uma condição mais seca no verão do extremo sul do Brasil.

Para cada região, observa-se que há uma concentração de semeadura em época bem definida. Esta decisão é geralmente tomada em razão dos riscos de deficiência hídrica durante o ciclo da cultura. As semeaduras do início da estação (em geral, em agosto) são menos sujeitas à falta de água no período mais crítico da cultura. O prejuízo decorrente das menores radiação solar e temperatura do ar disponíveis às plantas no início do ciclo é parcialmente compensado pela alta radiação solar verificada em dezembro/janeiro, o que

beneficia o enchimento de grãos. Rendimentos de grãos acima de 10 t ha⁻¹ podem ser atingidos em sementeiras de agosto e setembro, entretanto o potencial genético dos híbridos poderá ser ainda melhor expresso se a sementeira for realizada no mês de outubro, desde que não haja risco de falta de água. As sementeiras tardias (dezembro/janeiro) apresentam menor potencial de rendimento de grãos, pois o florescimento vai ocorrer no início de março, quando a radiação solar e a temperatura do ar são baixas, reduzindo a translocação de fotoassimilados e prejudicando o enchimento de grãos nos meses seguintes.

Quando o fator disponibilidade hídrica não é limitante, a melhor época de sementeira é aquela que faz coincidir o florescimento e o início do subperíodo de formação e enchimento de grãos (quando a planta está com a maior área foliar) com o período de mais elevada temperatura do ar e radiação solar. No entanto, nesses meses (dezembro e janeiro) pode ocorrer deficiência hídrica, já que a demanda evaporativa é alta. Esta é uma forte razão pelo qual a sementeira fora do período “ideal” são, muitas vezes, as que mais se adaptam às condições do agricultor, caso este não disponha de sistema de irrigação.

Quando semeado no início da estação de crescimento, ainda durante o inverno, a cultura de milho se desenvolve com base nas precipitações que ocorrem na primavera (menor probabilidade de seca), com temperatura mais amena e com menor demanda evaporativa. Com isto, a planta atinge o estágio de formação de grãos de meados de novembro a meados de dezembro, pouco antes dos meses mais quentes e de maior frequência de deficiência hídrica.

Se o agricultor semear no final da estação de crescimento (sementeira tardia de dezembro e janeiro), a planta pode enfrentar eventuais períodos secos e quentes quando ainda estiver se desenvolvendo vegetativamente. A época mais crítica à falta de água será atingida em fins de fevereiro e início de março, quando a demanda evaporativa já é menor (menos radiação solar incidente) e, portanto, são maiores as chances de ocorrerem condições hídricas mais adequadas e temperatura mais amena.

Em síntese, nas regiões, ou safras, ou sob irrigação, onde há baixa probabilidade de ocorrer deficiência hídrica, a melhor época de sementeira é aquela que considera as melhores disponibilidades de temperatura e radiação solar, conforme exposto. Nas sementeiras tardias (dezembro e janeiro) há diminuição no rendimento de grãos, pois o florescimento, a formação e o enchimento de grãos ocorrem com baixas disponibilidades térmicas e de radiação solar. De qualquer modo, considerando o risco climático (sobretudo por estiagem) o escalonamento da época de sementeira e o uso de cultivares de ciclos distintos são recomendáveis para o cultivo de milho no sul do Brasil, em especial para o estado do RS.

5.1.2 Efeitos sobre as características da planta

A planta de milho sofre modificações na duração do ciclo e em outras características em função da época de sementeira, com reflexos no rendimento de grãos. Quanto ao ciclo, a duração do período entre a sementeira e o florescimento é o que mais varia com a época de sementeira. O fator mais importante neste caso é a temperatura do ar. Com baixa temperatura (ex.: sementeiras de agosto) a planta leva mais tempo para se desenvolver, ocorrendo o oposto nas sementeiras de dezembro em diante. Já a duração do período de formação e enchimento de grãos é mais estável, variando menos com a época de sementeira; exceção ao período de secagem dos grãos (da maturação fisiológica à maturação de colheita), que pode variar muito de acordo com a temperatura e a umidade relativa do ar. As diferenças de ciclo entre cultivares hiperprecoces, superprecoces, precoces e de ciclo normal diminuem à medida que se retarda a época da sementeira.

Nas sementeiras tardias (dezembro-janeiro), além do encurtamento do ciclo, constata-se geralmente maior acamamento de plantas e maior incidência de insetos pragas e de doenças (especialmente as de colmo e de folhas). Por estarem mais sujeitas ao ataque de moléstias de colmo, as plantas tornam-se mais suscetíveis ao acamamento nessas épocas. O fator acamamento pode ser minimizado pelo uso de densidades mais baixas que as

indicadas para as épocas precoce e intermediária. Em determinados anos, estes fatores contribuem de maneira muito expressiva para diminuir o rendimento de grãos, além da redução já esperada pelo efeito da temperatura do ar e da baixa radiação solar incidente durante o subperíodo de enchimento de grãos. Este conjunto de aspectos adversos faz com que o agricultor tenha que ter maiores cuidados na lavoura semeada na tarde, comparativamente àquela semeada mais cedo.

Considerando o exposto, a escolha do cultivar a ser utilizada pode variar conforme a época de semeadura. Seu ciclo (hiperprecoce, superprecoce, precoce ou normal) torna-se importante especialmente quando há restrições na extensão da estação de crescimento e se quer evitar a coincidência de estresses ambientais com os estádios mais críticos de desenvolvimento da planta. Com relação às doenças, a escolha de cultivares mais resistentes deve ser enfatizada em regiões mais propícias ao aparecimento de patógenos e em épocas de semeadura tardias. Maiores informações sobre a escolha de cultivares encontram-se descritas no Capítulo 4 - Cultivares.

5.2 Semeadura

5.2.1 Qualidade, classificação e tratamento de sementes

É recomendável que a semente a ser empregada na lavoura seja certificada, S1 ou S2, com elevado padrão de qualidade no que se refere a germinação, pureza e presença de sementes de outras espécies. Embora não seja a prática mais indicada, é possível utilizar sementes próprias (cultivares de polinização aberta) ou semente salva; neste caso alguns cuidados devem ser tomados no armazenamento na propriedade, pois pode haver redução na qualidade das sementes e prejuízos posteriores. Armazenar as sementes em ambiente seco, limpas, livre de pragas, da umidade e do excesso de calor são as medidas básicas mais importantes nesse sentido.

A porcentagem de germinação é descrita na embalagem das sementes certificadas, S1 e S2, mas é desconhecida em sementes que não passam pelo processo de produção supervisionado. Ao utilizar sementes salvas, é importante que o agricultor realize, antes da semeadura, um teste com uma pequena amostra das sementes para avaliar a germinação e o vigor.

Além das perdas ocasionadas pelo uso de sementes com baixa germinação, há outras perdas que ocorrem até que as plantas estejam bem estabelecidas. Estas perdas são de natureza variável e, de maneira geral, são estimadas em até 15%, ocorrendo principalmente em lavouras de baixa tecnologia. Este valor deve ser levado em conta ao se calcular a quantidade de sementes a utilizar por unidade de área. As causas das perdas podem ser relacionadas ao ataque de insetos praga e/ou doenças nas sementes ou nas plântulas, à semeadura muito profunda, dentre outras causas.

Para prevenir o ataque das lagartas elasmó (*Elasmopalpus lignosellus*) e rosca (*Agrotis ypsilon*), que cortam plantas, uma das práticas indicadas é o tratamento de sementes com inseticida (Capítulo 9). Isto é especialmente válido nas semeaduras mais tardias, quando a incidência destas pragas geralmente é maior. O prejuízo ocasionado pelo ataque desses insetos advém da redução da população de plantas, que é um dos principais fatores de definição do rendimento de grãos em milho, já que há baixa compensação das perdas pelas plantas remanescentes, diferentemente de outras espécies de poaceae, que têm maior capacidade de perfilhamento.

As sementes de milho são classificadas por peneiras quanto à sua largura, espessura e comprimento, para facilitar e uniformizar a semeadura. Além de interferir no ajuste das semeadoras, a forma e o tamanho das sementes pode afetar a velocidade e a percentagem de germinação e a uniformidade da densidade de plantas na lavoura. Sementes oriundas do ápice da espiga possuem menor quantidade de reservas, o que pode ocasionar desuniformidade na lavoura em condições de estresse. Este comportamento pode ser acentuado com o aumento da profundidade de semeadura e redução da temperatura do solo,

características que retardam a emergência das plântulas e aumentam a vulnerabilidade da planta no subperíodo semeadura-emergência. Os efeitos podem ser observados pelo menor desenvolvimento inicial das plantas, não havendo mais diferenças após esse período.

Como o milho tolera uma profundidade de semeadura maior em relação aos outros cereais, raramente o tamanho das sementes é fator relevante em sementes de alta qualidade e vigor. No entanto, quando as sementes não são utilizadas no mesmo ano e são armazenadas em condições inadequadas, poderá haver baixo índice de germinação e também demora na emergência de plântulas, devido ao esgotamento das reservas no armazenamento, e afetar o rendimento de grãos devido à baixa densidade de plantas.

Um aspecto importante a ser observado na regulação da semeadura é o uso de discos apropriados a cada tipo de peneira de classificação de sementes. Para agilizar a operação de semeadura, o produtor deve adquirir lotes de sementes da mesma peneira. Atualmente, a maioria das empresas comercializa as sementes com embalagens com 60.000 sementes, independentemente de seu tamanho.

5.2.2 Arranjo de plantas

A expressão do potencial produtivo de milho depende da duração do período de interceptação da radiação solar incidente, da eficiência de uso da radiação interceptada na fotossíntese e da distribuição adequada dos fotoassimilados à região de maior demanda (espigas). O arranjo de plantas tem grande importância na interceptação e na eficiência de conversão da radiação fotossinteticamente ativa interceptada pelo dossel para se obter altos rendimentos de grãos. O arranjo influencia na velocidade de 'fechamento' da cultura, no índice de área foliar, no ângulo foliar, na interceptação de luz por outras partes da planta, na disposição de folhas e distribuição das plantas na área, bem como nas características de absorção de luz pelas folhas na comunidade. Este efeito é mais significativo em milho do que em outras poaceae, por razões de natureza morfo-fisiológica e anatômica da planta.

O arranjo de plantas pode ser ajustado pela densidade de plantas, pelo espaçamento entrelinhas, pela distribuição de plantas na linha e pela variabilidade entre plantas.

5.2.2.1 Densidade de plantas

A densidade de plantas é uma variável crucial na maximização da interceptação da radiação solar, dentro de limites específicos. No entanto, é importante notar que um aumento excessivo na densidade pode prejudicar a atividade fotossintética da cultura e a eficiência na conversão de fotoassimilados em grãos. Além disso, altas densidades podem favorecer a esterilidade feminina, devido ao prolongamento do intervalo entre os florescimentos masculino e feminino, resultando na redução do número de grãos por espiga. A escolha adequada da densidade de plantas deve levar em consideração as características da cultivar, as condições ambientais, especialmente a disponibilidade de água e a fertilidade do solo.

No contexto do milho, a densidade de plantas é o principal fator que influencia o rendimento de grãos. Pequenas variações na densidade podem acarretar em mudanças significativas na produção. Isso ocorre porque, ao contrário de outras espécies, o milho tem uma capacidade limitada de compensar espaços vazios entre as plantas, já que raramente produz afilhos efetivos e possui uma expansão foliar e prolificidade limitadas. Assim, embora o rendimento de grãos aumente com o aumento da densidade de plantas, há um ponto ótimo que é determinado pela interação entre cultivar, ambiente e manejo da cultura.

É crucial considerar que a determinação da densidade ótima de plantas depende de múltiplos fatores. A escolha deve ser feita levando em conta não apenas as características da cultivar e as condições ambientais, mas também a tecnologia e o manejo da cultura. A densidade de plantas ideal é aquela que equilibra a maximização da interceptação da radiação solar com a otimização da atividade fotossintética e da produção de grãos, levando em consideração as limitações e as potencialidades da cultura do milho.

a) Cultivar

Houve avanços significativos na tolerância de híbridos modernos de milho ao adensamento, em comparação com genótipos anteriores, relatados em várias regiões de produção de milho. Esses avanços foram alcançados através da seleção de híbridos com maior rendimento de grãos sob densidades mais altas do que as normalmente recomendadas. No entanto, ainda há uma lacuna no conhecimento sobre como características morfo-fisiológicas, fenológicas e alométricas contribuem para essa maior tolerância dos genótipos modernos à alta densidade de plantas. É essencial compreender essas bases morfo-fisiológicas para continuar aprimorando a conversão de energia solar em produção de grãos por área, por meio do aumento da densidade de plantas.

De modo geral, cultivares mais precoces, de menor estatura e com menor exigência em soma térmica para florescer, requerem maior densidade de plantas em relação aos de ciclo normal, para atingir seu potencial de rendimento. Isso se deve ao fato de que geralmente estes materiais apresentam menor área foliar por planta e menor sombreamento do dossel da cultura.

A arquitetura das plantas de milho também influencia a resposta à densidade de plantas, afetando a qualidade da luz que penetra no dossel. Híbridos com menor número de folhas, folhas mais eretas e menor área foliar competem menos entre si, o que reduz a quantidade de luz vermelha refletida pela comunidade. Isso pode resultar em uma relação de luz Ve/V (vermelho extremo/vermelho) mais baixa sob altas densidades, comparada com híbridos que possuem folhas mais numerosas e maiores. Uma melhoria no aproveitamento da luz com um ideótipo compacto pode levar a um desenvolvimento mais equilibrado das inflorescências da planta e reduzir a esterilidade feminina, favorecendo um maior número de espiguetas funcionais.

Uma limitação importante ao uso de densidades mais altas é o aumento da susceptibilidade à quebra e ao acamamento das plantas. Isso ocorre porque o aumento da densidade reduz a disponibilidade de fotoassimilados para o enchimento dos grãos e a manutenção das estruturas da planta. Após a floração, os fotoassimilados são direcionados principalmente para os grãos. Quando a produção de fotoassimilados não atende às demandas, os tecidos da raiz e da base do colmo começam a senescer precocemente, enfraquecendo a planta. A altura da planta também afeta a susceptibilidade ao acamamento, sendo que plantas mais baixas tendem a ser mais resistentes à quebra de colmos até a colheita.

b) Ambiente

b.1) Disponibilidade hídrica

A disponibilidade de água é o principal fator que influencia a escolha da densidade ideal de plantas. O período mais sensível do milho à deficiência hídrica ocorre aproximadamente duas a três semanas em torno do espigamento. Em situações em que há previsão de escassez de água durante esse período crítico (ex.: nos anos com La Niña), é recomendável reduzir a densidade de plantio para permitir que o solo atenda às necessidades hídricas das plantas. Estudos indicam que densidades mais altas são aconselhadas apenas em condições de alta precipitação pluvial ou quando há irrigação suplementar e manejo intensivo, uma vez que o aumento do índice de área foliar associado à alta densidade amplia o consumo de água.

Levando em conta uma condição de estiagem, índices elevados de área foliar intensificam o estresse na planta devido ao aumento da transpiração em decorrência da maior área foliar, resultando em uma demanda hídrica mais elevada. Nessas condições, a natureza protândrica do milho se evidencia, com a planta retardando o crescimento das gemas laterais (espigas), ocasionando um descompasso entre o desenvolvimento do pendão e da espiga superior, o que resulta em uma assincronia na floração dessas duas estruturas.

Como o período de viabilidade e a longevidade dos grãos de pólen são limitados, a discrepância entre o pendão e a espiga compromete a fertilização, reduzindo tanto o número de grãos por espiga quanto o rendimento total de grãos.

b.2) Fertilidade do solo

A necessidade nutricional das plantas é outro aspecto a ser considerado na escolha da densidade de plantas, pois a cultura do milho é altamente exigente em fertilidade do solo. O milho responde de forma progressiva a níveis crescentes de adubação, desde que os demais fatores estejam em níveis ótimos, sendo o nitrogênio o nutriente que apresenta maior resposta no aumento do rendimento de grãos. Estudos envolvendo genótipos, densidades de plantas e níveis de fertilidade do solo evidenciam que, à medida que a densidade de plantas aumenta, são necessários níveis mais altos de nutrientes. Por outro lado, em situações de baixa disponibilidade de nutrientes, nas quais se espera um menor rendimento de grãos, a densidade indicada deve ser reduzida.

c) Manejo da cultura

c.1) Época de semeadura e latitude

A época de semeadura e a latitude do local são fatores também relevantes a se considerar na escolha da densidade de plantas para o cultivo de milho. Em regiões temperadas, onde a estação de crescimento encurta rapidamente a partir do solstício de verão, é necessário optar por cultivares com menor exigência em soma térmica para completar o ciclo. Essas cultivares, por sua vez, requerem uma densidade de plantas maior para maximizar o rendimento de grãos, devido ao seu menor número de folhas, área foliar reduzida e menor estatura. No caso de semeaduras realizadas até o final do inverno, especialmente em certas regiões temperadas e subtropicais, geralmente são necessárias densidades de plantas mais elevadas. Nestas condições, as temperaturas mais baixas e a menor disponibilidade de radiação solar limitam o crescimento vegetativo da cultura, tornando recomendável aumentar a densidade de plantas para otimizar a eficiência no uso da radiação solar. Portanto, na semeadura até o final do inverno, nas regiões mais quentes do estado do Rio Grande do Sul, é possível aumentar a densidade de plantas em até 20% em comparação com as semeaduras realizadas em outubro.

c.2) Incidência de doenças

Um dos fatores limitantes ao incremento da densidade de plantas na lavoura é que o uso de altas densidades pode aumentar a incidência de doenças. Densidades mais altas implicam em menor insolação e menor circulação de ar no interior da comunidade, aumentando o período de deposição de orvalho nas folhas e estimulando a germinação de esporos de fungos que ocasionam doenças foliares. Isso se verifica principalmente para os patógenos que são exigentes em período de molhamento, tais como a *Phaeosphaeria*. Altas densidades impõem restrições à atividade fotossintética das folhas, que induz o colmo a redirecionar fotoassimilados em maior quantidade para enchimento de grãos, fragilizando-o e facilitando a ocorrência de podridões, tais como as ocasionadas por *Diplodia*. Altas densidades aumentam a ocorrência de grãos ardidos na lavoura por dois motivos: primeiro por favorecer o aparecimento de podridões de colmo, cujos agentes causais migram posteriormente para a espiga e, segundo, porque, normalmente, o empalhamento da espiga é menos efetivo em altas densidades, o que também expõe mais os grãos a este tipo de problema, prejudicando sua qualidade.

Compatibilizar características morfo-fisiológicas positivas para altas densidades com sanidade de plantas é, atualmente, um dos maiores desafios aos programas de melhoramento. A maioria dos atributos que aumentam a tolerância ao adensamento, tais como redução no número de folhas, na área foliar, na estatura de planta e na altura de

inserção de espiga, apresenta alta correlação com a duração do subperíodo emergência-pondoamento. Quanto mais precoce for a cultivar, normalmente mais compacto é o ideótipo de planta decorrente e maiores são as possibilidades de se obter maiores rendimentos com o adensamento de plantas. Neste sentido, os programas de melhoramento atuaram de forma marcante no Sul do Brasil, introduzindo genes de materiais de clima temperado e reduzindo a duração do período vegetativo. O número de híbridos superprecoces e precoces disponíveis hoje é muito maior do que há alguns anos atrás. Contudo, estas cultivares são também mais suscetíveis a doenças e estresses ambientais. A utilização de práticas de manejo que previnam a incidência de doenças, tais como rotação de culturas, adequação do genótipo à região de cultivo e tratamento de sementes, é fundamental para que se possa utilizar altas densidades como estratégia de manejo do arranjo de plantas para se obter maior rendimento de grãos de milho.

Considerando-se os aspectos anteriormente descritos, pode-se estabelecer faixas de densidade de plantas que se deseja por hectare (Tabela 5.1).

Tabela 5.1. Indicação de densidade de plantas de milho para o estado do Rio Grande do Sul.

Faixa de densidade (pl m ⁻²)	Condições para utilização
4 a 5	Expectativa de rendimento de grãos de 6 t ha ⁻¹ . Variedades de polinização aberta melhoradas e híbridos duplos; regiões com precipitação pluvial média; adubação na semeadura e nitrogenada de cobertura para atingir esse teto de rendimento; controle adequado de plantas daninhas e pragas.
6 a 7	Expectativa de rendimento de grãos em torno de 9 t ha ⁻¹ . Híbridos simples, triplos ou duplos; época de semeadura de até o final de inverno (agosto a meados de setembro) em regiões mais quentes e com precipitação pluvial média; adubação na semeadura e nitrogenada de cobertura para atingir esse teto de rendimento; controle adequado de plantas daninhas e pragas. Precisão na época de aplicação das práticas de manejo.
8 a 9	Expectativa de rendimento de grãos de 12,0 t ha ⁻¹ ou mais. Híbridos simples ou triplos; regiões com precipitação pluvial em volume adequado e bem distribuído ou em outras regiões com precipitação pluvial média ou baixa com disponibilidade de irrigação complementar; adubação na semeadura e nitrogenada de cobertura para atingir esse teto de rendimento; controle adequado de plantas daninhas, doenças e pragas; alta precisão na aplicação das práticas de manejo.

A cultura do sorgo apresenta resposta mais elástica à variação na densidade de plantas, devido ao afilhamento. A densidade de plantas indicada para a cultura do sorgo é bem maior que a de milho e depende do objetivo da produção. Assim, para o sorgo granífero, a densidade de plantas indicada é de 20 pl m⁻², enquanto para o sorgo silagem é de 15 pl m⁻².

5.2.2.2 Necessidade de ressemeadura

Por diversas razões, uma lavoura de milho pode apresentar uma população de plantas abaixo do esperado. Entre essas razões, destacam-se a baixa umidade do solo, a compactação excessiva ou a salinidade do solo, geadas, ataques de pragas ou doenças, e problemas na regulação ou na utilização de semeadoras com velocidade acima da recomendada (5 km/h). Diante desses cenários, o agricultor enfrenta o dilema de decidir se

deve realizar uma nova semeadura. Embora a planta de milho possua uma capacidade limitada de compensação por falhas na densidade de plantas, as plantas adjacentes às falhas podem compensar parcialmente, dentro de certos limites. Essa compensação depende de diversos fatores.

Pesquisas indicam que em situações com uma densidade entre 30 e 70 mil plantas por hectare e uma diminuição aleatória entre 10 e 40% na quantidade de plantas, ocorrendo em duas épocas de semeadura, as perdas médias de rendimento foram de aproximadamente 50% em relação ao planejado inicialmente. Portanto, ao decidir pela ressemeadura, é necessário considerar a perda teórica esperada no rendimento de grãos, os custos financeiros envolvidos na nova operação e, muito importante, os potenciais efeitos negativos de uma semeadura mais tardia no rendimento de grãos

5.2.2.3 Espaçamento entrelinhas

Grande parte dos produtores de milho do Brasil utiliza espaçamentos entrelinhas compreendidos entre 80 e 100 cm. Esta distância convencionalmente utilizada entre fileiras permite um adequado funcionamento dos equipamentos necessários à semeadura, à aplicação de práticas de manejo e à colheita, independentemente do sistema de produção e do tipo de tração utilizados.

Uma forma importante de modificar o arranjo de plantas e interferir na eficiência de utilização dos recursos do ambiente é reduzir a distância entre as linhas de semeadura. O interesse em cultivar milho utilizando espaçamentos entrelinhas reduzidos, como de 45 a 60 cm, têm crescido nos últimos anos em diferentes regiões produtoras, principalmente entre os produtores que trabalham com densidades de semeadura maiores que 50.000 plantas por hectare e alcançam rendimentos de grãos superiores a 6,0 t ha⁻¹. O desenvolvimento de híbridos mais tolerantes a altas densidades de plantas, o maior número de herbicidas disponíveis para controle seletivo de plantas daninhas e a maior agilidade da indústria de máquinas agrícolas no desenvolvimento de equipamentos adaptados ao cultivo de milho com linhas mais próximas têm estimulado a adoção desta prática cultural.

Para a cultura do sorgo, o espaçamento entrelinhas recomendado é o de 70 a 80 cm, independentemente do objetivo da produção.

a) Redução do espaçamento entrelinhas

A redução do espaçamento entrelinhas na lavoura de milho, por exemplo, dos tradicionais 80 a 100 cm para valores em torno de 45 a 60 cm, traz algumas vantagens. Uma delas é a promoção de um arranjo mais equidistante entre as plantas, reduzindo a competição por recursos entre as plantas na linha, otimizando o uso dos recursos. Esse arranjo favorece o crescimento inicial da cultura, aumentando a interceptação da luz solar e a eficiência de uso da radiação, o que pode resultar em maior rendimento de grãos. Além disso, ao reduzir o espaçamento entre as plantas, o fechamento mais rápido dos espaços disponíveis limita a transmissão da radiação pelo dossel, inibindo o desenvolvimento de plantas daninhas, especialmente as intolerantes ao sombreamento.

Outra aspecto positivo da diminuição do espaçamento entrelinhas é a redução da evaporação de água no início do ciclo do milho, devido ao sombreamento precoce do solo. Isso, associado à melhor exploração do solo pelo sistema radicular, aumenta a eficiência de absorção e uso da água. Além disso, a cobertura antecipada do solo pode atenuar a erosão causada por chuvas intensas nas primeiras fases do desenvolvimento da lavoura.

Em termos de mecanização agrícola, a redução do espaçamento entrelinhas também traz vantagens. Espaçamentos menores, entre 45 e 50 cm, facilitam a operacionalidade das semeadoras, que não precisam de grandes alterações ao mudar do cultivo de soja para milho. Além disso, a distribuição mais uniforme das plântulas no sulco de semeadura é alcançada com espaçamentos reduzidos, devido à menor velocidade de trabalho dos

sistemas distribuidores de sementes. Finalmente, a distribuição dos fertilizantes em uma maior quantidade de linhas por hectare melhora a eficiência no uso de nutrientes, uniformiza a distribuição dos nutrientes no solo, e reduz o risco de efeitos fitotóxicos devido ao excesso de sais, especialmente em formulações com alto teor de potássio.

b) Limitações à redução do espaçamento entre linhas

Apesar de algumas vantagens, os efeitos da redução do espaçamento entrelinhas sobre o rendimento de grãos de milho são variáveis. No Sul do Brasil, os ganhos obtidos com a redução do espaçamento são, em média, de pequena magnitude, oscilando entre zero e 10%, dependendo da cultivar e do ambiente. A resposta da cultura de milho à redução do espaçamento entrelinhas em regiões subtropicais é influenciada pela época de semeadura, a cultivar e a densidade de plantas, sendo mais benéfica quando o milho é semeado no final do inverno, em regiões mais quentes. O benefício da redução do espaçamento entrelinhas é mais evidente quando se utilizam densidades de plantas superiores a 5,0 pl m⁻², evitando a competição excessiva por recursos e a limitação na disponibilidade de fotoassimilados para a produção de grãos. É importante ressaltar que a simples redução do espaçamento entrelinhas não garante o aumento no rendimento de grãos, uma vez que diversos fatores interagem nessa relação como o tipo de híbrido, densidade de plantas, condições climáticas, fertilidade do solo e a irrigação. Além destes aspectos agronômicos, a recomendação de redução no espaçamento entrelinhas deve considerar também os aspectos econômicos e operacionais, como, por exemplo, a adequação de semeadoras e colhedoras.

5.2.2.3 Cultivo manual: distribuição de plantas e variabilidade

Na semeadura manual de milho em pequenas áreas, onde não há uma distribuição uniforme das sementes ao longo das linhas, é prática comum o estabelecimento de duas a três plantas por cova. A vantagem da utilização deste sistema é a facilidade de controle manual e/ou mecanizado de plantas daninhas, além do baixo custo e baixa exigência tecnológica para a implantação da cultura. Trabalhos de pesquisa desenvolvidos nos estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina indicam não haver redução no rendimento de grãos de milho com a utilização de duas a três plantas por cova em relação à distribuição uniforme de sementes em linha, desde que seja mantida a mesma densidade de plantas. Nestes trabalhos entretanto, os tetos de produtividade de grãos foram limitados, variando entre 6 a 9 t ha⁻¹.

A diferença no desenvolvimento entre as plantas (ou seja, a variabilidade entre plantas) é influenciada pela época de semeadura, mas sobretudo pelo vigor de semente e pela qualidade da semeadura. Nas semeaduras precoces, usar sementes de baixo vigor e ter uma alta variação na profundidade de semeadura aumentam a variabilidade entre plantas, por influenciarem a velocidade de emergência das plântulas. A variabilidade temporal no desenvolvimento das plantas na linha é uma característica desfavorável à obtenção de elevado rendimento de grãos, pois as plantas que emergem tardiamente são dominadas pelas maiores, e menos eficientes no aproveitamento dos recursos do ambiente, o que limita a performance agrônômica do dossel.

5.2.3 Profundidade de semeadura

A profundidade de semeadura afeta a velocidade de emergência e pode interferir na quantidade de plântulas emergidas. Embora a semente de milho seja de tamanho grande em relação a outros cereais e consiga emergir a uma profundidade relativamente maior, ainda assim este pode ser um problema em solos mal preparados, no uso de sementes de baixo vigor ou com semeadoras mal reguladas.

A profundidade de semeadura pode variar de 3 a 7 cm, dependendo da época de semeadura e da região de cultivo. Nas semeaduras precoces, em que a temperatura do solo é mais baixa e normalmente não há deficiência hídrica durante o subperíodo semeadura-emergência, deve-se utilizar menores profundidades de semeadura (ao redor de 3 a 4 cm).

Pelas mesmas razões, a profundidade de semeadura deve ser menor em regiões mais frias. Por outro lado, nas semeaduras em épocas intermediária e tardia, pode-se empregar uma maior profundidade de semeadura, devido à maior temperatura do solo e para possibilitar que a umidade ao redor da semente seja adequada para uma germinação e emergência uniformes. Deve-se salientar que semeaduras profundas geralmente implicam em maior duração do subperíodo semeadura-emergência, o que pode diminuir a densidade de plantas, favorecer o ataque de algumas pragas e causar a desuniformidade na emergência.

5.2.4 Semeadura na pequena propriedade: orientações básicas

A semeadura pode ser realizada manualmente ou com semeadora mecanizada. O emprego da semeadura manual é uma prática ainda comum em pequenas propriedades e na produção de subsistência. Após marcadas as linhas (espaçadas em cerca de um metro), as sementes são depositadas com auxílio de uma semeadora manual (tipo saraquá), com enxada ou outra ferramenta, em distâncias previamente estabelecidas. A utilização de semeadoras tratorizadas ou à tração animal traz a vantagem de distribuir as sementes a distâncias e profundidades mais uniformes. Ambos os métodos podem entregar resultados adequados e o aspecto mais importante nesse sentido é que a distribuição de sementes seja o mais uniforme possível. O objetivo maior é não se afastar do número de sementes pré-estabelecido para serem distribuídas por metro linear, para manter a densidade de plantas desejada.

Na regulação das semeadoras tracionadas por trator ou animais, alguns aspectos principais são: manter uma velocidade adequada para a operação da semeadora, que deve ser ao redor de 5 km/h para que não haja grande variação na distribuição espacial das sementes; usar discos adaptados ao tamanho das sementes, determinado pela peneira de classificação; distribuir o adubo ao lado e abaixo das sementes, para evitar que o efeito salino do fertilizante inviabilize a emergência de algumas plântulas ou mate plantas já emergidas, refletindo-se em redução da densidade de plantas e, por conseguinte, no rendimento de grãos. A regulação deve ser feita previamente sobre uma área de gramado, estrada ou lona, com a semeadora levantada para que na velocidade estabelecida as sementes caiam e possam ser contadas, bem como o fertilizante possa ser coletado e pesado.

6. MANEJO INTEGRADO DE PLANTAS DANINHAS

Revisores técnicos:
Fernando Machado dos Santos
Joanei Cechin
Michelangelo Muzell Trezzi
Siumar Pedro Tironi

6.1 Interferência de plantas daninhas em milho e sorgo

As perdas na produtividade ocasionadas pela interferência de plantas daninhas com a cultura do milho podem superar 80%. Levando-se em consideração as perdas médias mundiais de produção devido à presença de plantas infestantes, pode-se estimar que as perdas de grãos de milho no Brasil superam cinco milhões de toneladas anualmente. No caso de sorgo, as perdas de produtividade podem superar 70%, se as espécies daninhas não forem adequadamente manejadas.

Os efeitos decorrentes da interferência de plantas daninhas na produtividade de grãos de milho e sorgo são variáveis e dependem, entre outros fatores, da espécie daninha presente e do período (estádio e duração) no qual ocorre. Em relação ao espectro de plantas daninhas que ocorrem em lavouras de milho e sorgo na região Sul do Brasil, tem-se observado tanto espécies eudicotiledôneas, como *Amaranthus* spp. (caruru), *Bidens* spp. (picão-preto), *Euphorbia heterophylla* (leiteira), *Ipomoea* spp. (corda-de-violão), *Raphanus sativus* (nabiça), *Richardia brasiliensis* (poaia-branca), quanto monocotiledôneas, como *Lolium multiflorum* (azevém), *Urochloa plantaginea* (papuã), *Digitaria* spp. (milhã), *Echinochloa* spp. (capim-arroz), *Eleusine indica* (capim pé-de-galinha), *Comellina* spp. (trapoeraba) (Figura 1). De uma forma geral, as espécies monocotiledôneas, especialmente da família das Poaceas, causam maiores prejuízos à produtividade de milho do que as espécies eudicotiledôneas.

A época de início do controle de plantas daninhas apresenta grande influência no desenvolvimento das plantas e na produtividade de grãos da cultura. O período em que as plantas daninhas efetivamente causam prejuízos à cultura e durante o qual não se pode permitir sua presença é denominado 'período crítico de prevenção da interferência (PCPI)'. Para a cultura do milho, esse período é variável, mas, na maioria das situações, ele inicia aos 15 e persiste até os 50 dias após a emergência. As variações no PCPI devem-se à cultivar, às épocas de semeadura e de emergência da cultura, à disponibilidade de água e nutrientes, às espécies daninhas presentes, à época de emergência da cultura em relação às plantas daninhas (e vice-versa) e à densidade populacional das mesmas.

O lento desenvolvimento de sorgo, nos primeiros estádios de desenvolvimento, torna-o suscetível à interferência de plantas daninhas, uma vez que essas apresentam rápidas germinação e emergência, desse modo utilizando antecipadamente os recursos do meio. O PCPI para a cultura do sorgo situa-se em torno de 20 a 45 dias após a emergência, com variação entre as cultivares de sorgo, comunidade infestante e fatores ambientais de desenvolvimento da cultura.

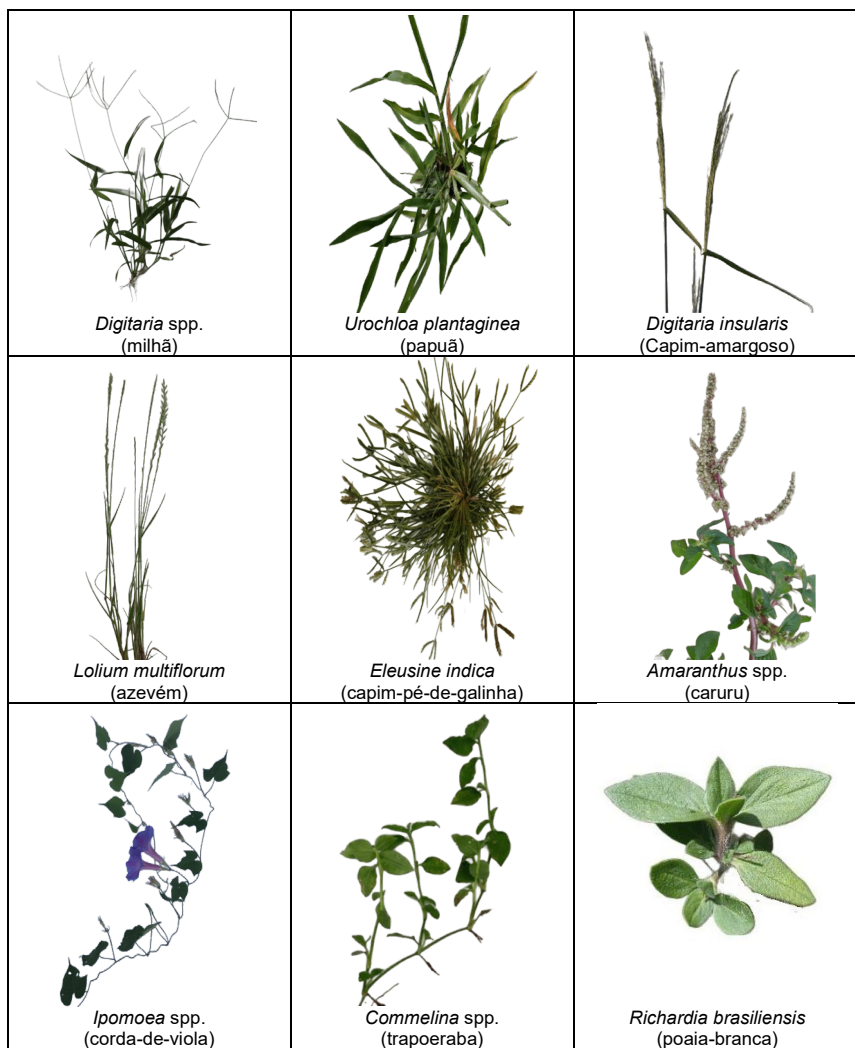


Figura 1. Algumas das principais espécies daninhas de importância para as culturas do milho e do sorgo na região Sul do Brasil.

A intensidade do efeito negativo causado pela interferência de plantas daninhas está relacionado a qual ou quais componente(s) do rendimento da cultura estão sendo afetados no período em que ocorre a interferência. No caso do milho, o componente do rendimento mais sensível pelo aumento da infestação é o número de grãos por espiga, seguido pelo número de espigas por planta e pela massa dos grãos. O número de grãos por espiga e o número de espigas por planta são influenciados negativamente quando as plantas daninhas infestam a cultura nas fases em que a mesma diferencia suas estruturas reprodutivas. Esses dois componentes são definidos nos estádios iniciais de desenvolvimento, com início com

quatro folhas completamente expandidas (V4), podendo diferenciar-se até as plantas apresentarem oito a nove folhas totalmente expandidas (V8 à V9). O terceiro componente, peso do grão, é definido no período entre a emissão dos estigmas e a maturação fisiológica, em virtude da quantidade de carboidratos acumulados no processo da fotossíntese.

A infestação de plantas daninhas também influencia o período de tempo entre a emissão do pendão e a emissão da espiga do milho, interferindo negativamente no processo de polinização da cultura. O estresse causado pela falta de luz fotossinteticamente ativa durante a fase vegetativa do milho atrasa a emissão do pendão e dos estigmas; já, a exteriorização dos estigmas é atrasada quando a falta de luz ocorre no período reprodutivo. Assim, o déficit luminoso prejudica a polinização em razão da defasagem no período entre a receptividade dos estigmas e a maturação dos grãos de pólen, reduzindo o número de óvulos fecundados, ou promovendo o seu abortamento e, por consequência, diminuindo o número de grãos formados.

6.2 Prevenção de infestações

A importância em se prevenir infestações de plantas daninhas está na premissa de se evitar a introdução, o estabelecimento e a disseminação de novas espécies daninhas, especialmente as que adquiriram resistência a herbicidas, uma vez que a erradicação torna-se economicamente inviável em grandes áreas de cultivo. Algumas práticas de prevenção que devem ser adotadas, incluem:

- utilizar sementes de qualidade garantida, livre de propágulos de plantas daninhas;
- promover limpeza rigorosa de máquinas e implementos agrícolas antes de serem transportados para áreas livres de plantas daninhas ou onde elas ocorram em baixas densidades populacionais, bem como não permitir que animais tornem-se vetores de sua disseminação;
- controlar o desenvolvimento de plantas daninhas, impedindo sobretudo a produção de sementes e/ou de outras estruturas de reprodução em margens de estradas, cercas, terraços, pátios, canais de irrigação ou outros locais da propriedade;
- controlar os focos de infestação, utilizando todos os métodos disponíveis para tal finalidade;
- utilizar as rotações de culturas e de herbicidas como meios para diversificar o ambiente e prevenir o aparecimento de biótipos resistentes a herbicidas, principalmente naquelas situações de uso de cultivares de milho resistentes ao glyphosate.

6.3 Métodos de manejo e controle

A busca por alternativas que diminuam os custos, mantendo ou melhorando a eficiência do controle de plantas daninhas, relaciona-se, diretamente, com a utilização de um sistema diversificado de práticas agrícolas. Neste sentido, o manejo integrado de plantas daninhas deve ser utilizado continuamente, com o objetivo de racionalizar o uso de herbicidas, preservar o ambiente e reduzir o custo de produção.

O manejo das plantas daninhas deve ser realizado com planejamento a longo prazo, envolvendo uma série de práticas de manejo que visam o controle das plantas daninhas em uma determinada cultura, mas que promovam a redução do banco de sementes, para reduzir problemas com essas espécies no futuro.

6.3.1 Manejo cultural

O método cultural é comumente utilizado pelos agricultores, embora, na maioria das vezes, não estejam conscientes de estarem empregando uma técnica de manejo de plantas daninhas. Esse método consiste na utilização de características da cultura e do ambiente

que aumentem a capacidade competitiva das plantas de milho ou sorgo, favorecendo seu crescimento e desenvolvimento em detrimento das plantas daninhas. Entre as medidas culturais, destacam-se: uso de cultivares adaptadas, arranjo de plantas, época de semeadura apropriada, adubações adequadas, uso da cobertura morta e da alelopatia e emprego da rotação e sucessão de culturas.

6.3.1.1 Uso de cultivares adaptadas

Cultivares que se desenvolvem mais rapidamente e que contenham dossel capaz de cobrir o solo com maior velocidade e intensidade, mostram potencial superior em suprimir as plantas daninhas e tendem a ser menos impactadas pela interferência. Deve-se optar por cultivares mais adaptadas à região de cultivo, capazes de apresentar resistência ou tolerância aos principais insetos-praga e doenças e que mostrem crescimento acelerado, além de potencial produtivo elevado.

6.3.1.2 Arranjo de plantas

Entre as práticas de manejo de plantas daninhas que objetivam reduzir sua interferência, incluem-se modificações do arranjo das plantas de milho ou sorgo, como redução do espaçamento entre fileiras e aumento da densidade de plantas.

A modificação no arranjo de plantas possibilita alcançar-se maior e mais rápida cobertura do solo, ao se utilizar espaçamento mais estreito e densidade de plantas mais elevada, o que aumenta a competição da cultura e favorece a supressão das plantas daninhas. O arranjo mais equidistante das plantas da cultura, como redução do espaçamento entre fileiras e aumento do espaço entre plantas na linha, diminui o potencial de crescimento das plantas daninhas ao aumentar a quantidade de luz que é interceptada pelo dossel da cultura. Porém, qualquer alteração no arranjo de plantas deve respeitar as características da cultivar e do ambiente de cultivo.

A densidade representa o número de plantas por unidade de área, a qual apresenta importante papel na produtividade de uma lavoura. A cultura apresenta uma densidade ótima (em que o rendimento é máximo), que é variável para cada situação e depende da cultivar e das disponibilidades hídrica e de nutrientes. Alteração desses fatores interferirá a densidade ótima de semeadura.

A escolha de híbridos de milho com menor estatura de planta e com folhas mais verticalizadas (eretófilas) permite cultivar-se o cereal em menores espaçamentos e maiores densidades. Esses híbridos são capazes de se desenvolver precocemente, apresentar menor massa vegetal e originar plantas com menor auto-sombreamento, favorecendo a interceptação da luz pelas folhas inferiores da planta.

A maior interceptação da luz, associada ao rápido fechamento do dossel, permite reduzir a incidência de luz direta na entrelinha, reduzindo a emergência e o desenvolvimento de plantas daninhas, além de melhorar a eficiência do controle de plantas daninhas com herbicidas aplicados em pré-emergência.

6.3.1.3 Época de semeadura

A época de semeadura é delimitada por fatores como disponibilidade hídrica, radiação solar e temperatura. A época mais adequada para semeadura de milho é aquela em que o período de floração coincide com os dias mais longos do ano e a fase de enchimento de grãos com o período de temperaturas mais elevadas e maior disponibilidade de radiação solar, desde que sejam satisfeitas as necessidades de água requeridas pela cultura.

No sul do País é comum a realização de semeaduras ainda no período de inverno, nos meses de agosto e setembro, épocas em que o solo pode estar com baixas temperaturas, que pode dificultar o processo de emergência e reduzir a velocidade de estabelecimento da cultura, o que reduz a sua habilidade competitiva.

6.3.1.4 Culturas de cobertura

A crescente utilização do sistema de semeadura direta (SSD) decorre, além de outros benefícios, da dificuldade em controlar plantas daninhas e do incremento no uso de herbicidas. A impossibilidade de revolver o solo no SSD implica em impedir a eliminação das plantas daninhas por meio de operações de preparo do solo. Por outro lado, a manutenção da cobertura vegetal sobre o solo dificulta a emergência de plantas daninhas, em comparação ao solo descoberto ou ao pousio. A utilização de culturas de cobertura aproveita tanto os efeitos físicos quanto os químicos (alelopáticos) dessas espécies, reduzindo as infestações de plantas daninhas.

No SSD é necessário realizar operações de manejo, que consiste em formar uma cobertura morta sob a qual a cultura será semeada, com o objetivo de suprimir a emergência e o crescimento das plantas daninhas. O manejo mecanizado pode ser realizado com roçadeira, rolo-faca ou grade-niveladora destravada. A eficiência do manejo depende da época de sua realização, sendo normalmente mais eficiente quando efetuado no estágio de floração plena da cultura de cobertura, como deve ocorrer para espécies como aveia preta (*Avena strigosa*), ervilhaca (*Vicia sativa*) e nabo forrageiro (*Raphanus sativus*).

No manejo químico, são utilizados herbicidas, geralmente à base de glyphosate. Entretanto, apesar da sua eficácia em controlar poáceas nas doses usuais, é pouco eficiente em várias espécies eudicotiledôneas, especialmente em fases mais avançadas do desenvolvimento das plantas. Nessas situações, a associação de herbicidas à base de glyphosate com outros de ação latifolicida amplia o espectro de controle das espécies daninhas.

Uma das dificuldades do processo de dessecação química é o controle de plantas resistentes a herbicidas, especialmente aquelas resistentes ao glyphosate. Nesse caso devem ser realizadas associações de herbicidas, tendo cuidado para realizar a rotação de herbicidas com diferentes mecanismos de ação, para evitar a pressão de seleção de biótipos resistentes a outros herbicidas. Dependendo da espécie alvo, podem ser utilizados herbicidas de contato, como glufosinate amônio e herbicidas sistêmicos, como 2,4-D e clethodim.

6.3.1.5 Rotação de culturas

No manejo de plantas daninhas em culturas como milho e sorgo, deve-se utilizar práticas diversificadas, que incluem a rotação de culturas. Ela rompe a especificidade das comunidades de plantas daninhas associadas à cultura, impedindo o crescimento populacional de determinadas espécies daninhas que obtêm sucesso com o sistema cultural praticado sucessivamente. Além disso, a rotação de culturas propicia alternância de métodos de cultivo e de herbicidas usados no controle das infestações de plantas daninhas.

Através da alternância de diferentes culturas, em sequência sazonal numa determinada área, modifica-se a intensidade de competição e agregam-se efeitos alelopáticos ao sistema. Com isso, diminui-se o estabelecimento de uma comunidade padrão de plantas daninhas e se obtém redução da população dessas espécies, comparativamente a um sistema de sucessão de culturas fixo. Além disso, oportuniza-se praticar rotação de herbicidas na área de cultivo, dificultando a perpetuação de certas espécies e o aparecimento de biótipos resistentes.

O azevém é uma planta daninha importante na cultura do trigo, apresentando resistência a alguns herbicidas utilizados na cultura. Neste sentido, trabalhos de pesquisa evidenciaram que a rotação com milho diminuiu a incidência do azevém nos cultivos subsequentes, quando comparado com a cultura da soja. Cabe ressaltar, que a viabilidade do banco de sementes do azevém fica ao redor de 2 à 3 anos, assim a rotação com milho nessas áreas pode ser uma alternativa ao controle do azevém. No controle de azevém resistente a glyphosate com inibidores da ACCase ou ALS, deve-se respeitar o período

mínimo entre aplicação do herbicida e semeadura do milho, do contrário pode haver efeito residual e prejuízos ao desenvolvimento da cultura.

6.3.2 Controle mecanizado

O controle físico ou mecanizado consiste em arrancar, enterrar ou cortar as plantas daninhas com o uso de vários equipamentos (enxada, arado, grade, etc.). O método pode ser realizado manualmente (capina manual) ou com o auxílio de outros implementos (cultivadores tratorizados).

6.3.2.1 Capina manual

A capina manual é um método amplamente utilizado em pequenas lavouras. Geralmente, os produtores a empregam duas a três vezes durante os primeiros 40 a 50 dias de ciclo da cultura. A partir daí, o próprio crescimento da cultura contribuirá para reduzir as condições favoráveis à germinação e ao crescimento das plantas daninhas. A capina não deve ser operada em solos úmidos, por ser ineficiente, devendo ser realizada em dias quentes e secos. Cuidados devem ser tomados para se evitar danos às plantas de milho ou sorgo. Esse método de controle demanda grande quantidade de mão-de-obra, visto que o rendimento da operação é da ordem de 8 (oito) dias-homem por hectare. Pode ser associada ao uso do nitrogênio em cobertura.

6.3.2.2 Capina mecanizada

A capina mecanizada, que utiliza cultivador de tração animal ou tratorizado, é um sistema de controle de plantas daninhas ainda utilizado no Brasil. As capinas mecanizadas, assim como as manuais, devem controlar a infestação durante os primeiros 40 a 50 dias do ciclo da cultura. Nesse período, os danos físicos ocasionados à cultura são minimizados, comparados aos possíveis danos (quebra e arrancamento de plantas) decorrentes de capinas realizadas tardiamente. O cultivo deve ser realizado em solo seco, de preferência em dias de elevada temperatura e baixa umidade do ar, e operado superficialmente, aprofundando-se a enxada apenas o suficiente para arrancar ou cortar as plantas daninhas. O rendimento do método é de, aproximadamente, 0,5 a 1 dia-homem por hectare quando a tração for animal, e de 1,5 a 2 h por hectare quando for tratorizada. Pode ser associada ao uso do nitrogênio em cobertura.

6.3.3 Controle químico

O método de controle químico de plantas daninhas consiste em utilizar produtos herbicidas devidamente registrados em órgãos oficiais. A seleção do herbicida ou de associação de herbicidas deve basear-se nas espécies daninhas presentes na área e do seu estágio de desenvolvimento, bem como nas características físico-químicas dos produtos, no impacto ambiental potencial e no custo do tratamento, entre outros.

Na aplicação, deve-se atentar para as condições meteorológicas, como temperatura, umidade relativa do ar, ocorrências de vento e de precipitação pluvial, bem como para as condições do solo e das plantas. Para se aplicar herbicidas de pré-emergência, deve-se conferir, especialmente, a condição de umidade do solo, evitando-se aplicar quando houver deficiência de umidade. Para aplicações em pós-emergência devem ser observadas as condições em que se encontram as plantas daninhas, evitando-se aplicar herbicidas sob situação de estresse. É importante averiguar o efeito residual dos herbicidas no solo, uma vez que diversos produtos apresentam potencial de intoxicar culturas semeadas em sucessão (*'carry-over'*). Na escolha de um herbicida, também é fundamental respeitar o intervalo de segurança, que se refere ao período de tempo decorrente entre aplicação do herbicida e colheita da cultura.

O uso continuado e repetido de herbicidas com o mesmo mecanismo de ação pode provocar a seleção de biótipos resistentes. A ocorrência da resistência depende de vários

fatores, tais como: adaptabilidade ecológica e capacidade de reprodução da espécie; dormência e longevidade dos propágulos da espécie ou do biótipo sob seleção; área abrangida e infestação de plantas daninhas; frequência na utilização de herbicidas que possuam o mesmo mecanismo de ação; eficácia do herbicida e sua persistência no solo e dos métodos adicionais empregados no controle de plantas daninhas.

Os herbicidas disponíveis para controle de plantas daninhas nas culturas do milho e sorgo podem ser acessados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), no Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários (Agrofit).

O acesso ao Agrofit pode ser realizado utilizando um navegador de internet através do link: https://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Na plataforma do “Agrofit consulta aberta” pode-se pesquisar todos os herbicidas com registro para as culturas do milho e do sorgo e das respectivas espécies daninhas, seguindo os passos descritos abaixo (Figura 2).

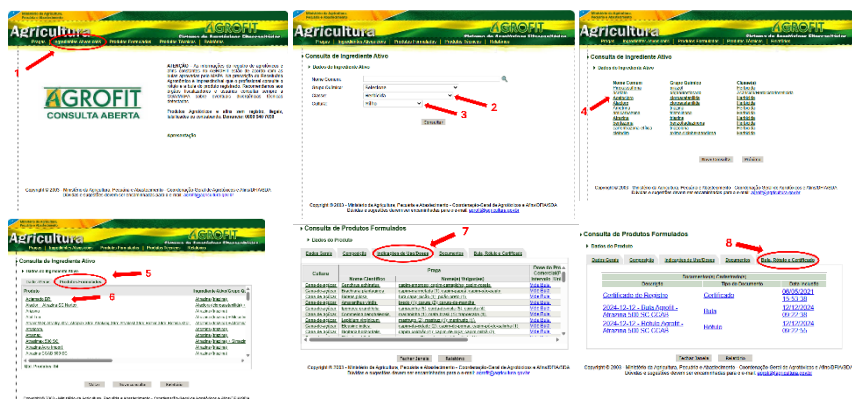


Figura 2. Tutorial para a consulta dos herbicidas. Primeiramente acesso o link: https://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons, posteriormente siga as indicações na imagem a cima: 1) clique no “Ingredientes Ativos”; 2) selecione a classe “Herbicida”; 3) selecione a cultura “Milho” ou “Sorgo” e clique em consultar; 4) abrirá uma página com a lista de herbicidas (ingredientes ativos), selecione um da lista; 5) na próxima página clique em “produto formulado”, serão listados todos os produtos formulados com o ingrediente ativo selecionado; 6) selecione o produto formulado de interesse; 7) abrirá uma aba, clique em “Indicações de Usos/Doses”, serão listas as culturas e espécies daninhas registrados; 8) clicando em “Bula, Rótulo e Certificado”, terá acesso a bula, com indicações de uso e doses para a cultura e espécie daninha de interesse.

No momento da escolha de um herbicida comercial deve-se observar se a marca comercial possui registro para a cultura, no caso milho ou sorgo, e para as espécies daninhas que deseja-se realizar o controle. Também se deve dar ênfase para outras características desses produtos, como as doses de registro, o intervalo de segurança, classificação toxicologia, periculosidade ambiental, formulação entre outras características que podem reduzir os riscos da manipulação e aplicação desses produtos.

6.3.3.1 Aplicação em pré-semeadura

Esta modalidade consiste na eliminação de plantas daninhas estabelecidas, antes da semeadura da cultura, utilizando-se, para isso, herbicidas de contato ou sistêmicos. O período entre a aplicação do herbicida e a semeadura da cultura varia em função de

características do produto, da dose utilizada, da cobertura vegetal presente, da textura do solo e das condições de ambiente.

É importante salientar que as plantas daninhas interferem no desenvolvimento das plantas de milho com intensidade variável, em função da população, das espécies presentes e da época e duração de sua ocorrência. A presença de elevada população de plantas daninhas no início do desenvolvimento da cultura pode acarretar perdas acentuadas de produtividade, se a dessecação não for adequada ou não for realizada no momento oportuno. É importante destacar que a operação de dessecação é considerada fundamental, considerando tanto a eficiência na eliminação da vegetação apresentada por muitos produtos, tanto em aplicações isoladas, associações ou em aplicações sequenciais, como também por haver em geral redução de custos aos produtores em relação a aplicações em outras modalidades.

Uma das dificuldades na dessecação é o controle de biótipos de plantas daninhas resistentes a herbicidas, especialmente aquelas resistentes a glyphosate, nesse caso, são realizadas aplicações associadas entre herbicidas, utilizando-se glyphosate mais um herbicida para o controle das espécies daninhas resistentes, como 2,4-D, clethodim entre outros. Em alguns casos há necessidade de aplicação sequencial, com uso de herbicidas sistêmicos e de contato, em aplicações com intervalo de 20 a 30 dias. Importante atentar que para controle de azevém resistente a glyphosate com o uso de herbicidas inibidores da ACCase deve-se respeitar período superior a duas semanas para semear o milho.

Nas aplicações em pré-semeadura, em determinadas situações podem-se utilizar herbicidas dessecantes combinados com produtos de ação residual. Essa prática pode ser vantajosa, considerando-se que se obtém a dessecação da cultura de inverno, que servirá como cobertura morta, e a ação residual do herbicida pré-emergente, que manterá a cultura no limpo durante a primeira parte do seu ciclo.

6.3.3.2 Aplicação em pré-emergência

Os herbicidas pré-emergentes são aplicados no período entre a semeadura e a emergência da cultura. Com a finalidade de ampliar o espectro de controle, frequentemente combinam-se herbicidas de ação preponderante sobre espécies magnoliopsidas com produtos que mostram atuação preferencial sobre monocotiledôneas (especialmente da família Poaceae).

Os herbicidas aplicados em pré-emergência apresentam comportamento diferenciado de acordo com o tipo de solo, as espécies daninhas e a quantidade de palha. Situações de reduzida umidade do solo e alta quantidade de palha proveniente da cobertura morta podem resultar em baixo nível de controle.

As plantas de sorgo geralmente são pouco tolerantes aos herbicidas de ação pré-emergente sobre monocotiledôneas (Poaceae), assim, o controle desse grupo de plantas é um problema de difícil solução. Diversos herbicidas de pré-emergência que são eficientes no controle de monocotiledôneas (Poaceae) em milho, como acetochlor, alachlor e s-metolachlor, não podem ser usados em sorgo. Os danos causados pela aplicação desses herbicidas costumam ser severos, podendo causar reduções superiores a 90% na produtividade do sorgo. Contudo, o sorgo apresenta elevada tolerância ao herbicida atrazine, usado principalmente para controle de eudicotiledôneas, tanto em aplicações em pré como em pós-emergência. A utilização de atrazine, tanto em aplicação isolada quanto em mistura com óleo mineral, constitui-se em alternativa viável para a cultura do sorgo.

6.3.3.3 Aplicação em pós-emergência

Este tipo de aplicação é realizado quando as plantas daninhas e a cultura já se encontram emergidas. Para se obter os melhores resultados é necessário observar alguns fatores, como condições meteorológicas por ocasião do tratamento e estágio de desenvolvimento das plantas daninhas. A eficiência dos herbicidas aplicados em pós-emergência está condicionada, sobretudo, em não aplicar com umidade do ar inferior a 60%.

As plantas daninhas nos estádios iniciais de desenvolvimento são mais suscetíveis à ação herbicida de pós-emergência, devendo ser as épocas preferenciais de tratamento. Também deve-se atentar para o estágio de desenvolvimento da própria cultura, que pode provocar o chamado efeito guarda-chuva, que consiste no impedimento das gotas de pulverização alcançarem as plantas daninhas que estão abaixo do dossel de folhas do milho. Assim a aplicação dos pós-emergentes deve ser realizada antes do fechamento das entrelinhas, para que ocorra uma cobertura adequada da pulverização, até no máximo o estágio de 6 folhas completamente desenvolvidas (V6).

Alguns herbicidas utilizados em pós-emergência também podem apresentar ação de pré-emergência, com controle do fluxo de emergência das plantas daninhas por algum tempo. É comum o uso de formulações de herbicidas com dois ingredientes ativos, que aumentam o espectro de ação e podem apresentar melhor performance no controle em pós e pré-emergência, como é o caso dos herbicidas formulados com atrazine + mesotrione, atrazine + nicosulfuron entre outros herbicidas (Tabela 6.1).

6.3.3.4 Aplicação em jato dirigido

A aplicação dirigida ou localizada de herbicidas representa uma opção quando ocorrerem falhas de aplicação ou de atividade do herbicida ou, mesmo, como uma estratégia de controle sequencial de plantas daninhas. Aplicações sequenciais podem alcançar melhores resultados por proporcionarem, através da primeira operação, o controle das plantas daninhas antes do início da interferência, ao passo que a segunda aplicação possibilita controlar as plantas não eliminadas inicialmente e, também, aquelas que emergiram após o primeiro tratamento.

Aplicações dirigidas ou nas entrelinhas de milho são realizadas quando a cultura estiver com 50 a 80 cm de estatura, evitando-se que atinjam diretamente as plantas de milho. Adaptações especiais, como colocação de pingentes na barra para aproximar as pontas do alvo, bem como o uso de pontas de grande ângulo, de modo que o jato atinja apenas as entrelinhas e utilização de pontas de aspersão que operam sob baixa pressão, podem evitar ou minimizar a ocorrência de deriva. Aplicações dirigidas geralmente utilizam produtos não seletivos com ação de contato.

O uso do herbicida diquat em jato dirigido, aplicado às entrelinhas de milho, é uma prática que vem sendo frequentemente utilizada, sem causar efeitos negativos à cultura. Esse tratamento minimiza possíveis interferências de plantas daninhas que escaparam ao controle por herbicidas aplicados em pré-emergência ou daquelas que emergiram após a aplicação de pós-emergência. Além disso, constitui-se em estratégia eficiente para reduzir o banco de sementes de plantas daninhas no solo e para manejar biótipos de plantas daninhas resistentes a herbicidas.

6.3.4 Manejo de espécies daninhas de difícil controle

Capim-amargoso (*Digitaria insularis*) - espécie Poaceae perene, com reprodução por sementes e rizomas, o que lhe confere alta capacidade de rebrote e persistência no solo. Seu ciclo fotossintético C4 favorece o crescimento em temperaturas elevadas e alta luminosidade, comuns no verão. Uma única planta pode produzir mais de 100 mil sementes, com germinação elevada e baixa dormência, facilitando a infestação. É uma espécie altamente agressiva e de difícil controle, principalmente em estágios avançados de desenvolvimento. Biótipos de capim-amargoso resistentes a herbicidas inibidores da EPSPs (glyphosate) estão espalhados por diversas regiões do Brasil. Foram identificados biótipos com resistência aos herbicidas inibidores da ACCase, o que pode tornar o controle químico mais desafiador. O controle desta espécie daninha deve ser realizada com plantas jovens, evitando seu perfilhamento e formação de rizomas. O controle com herbicidas pré-emergentes, na cultura do milho, podem ser uma ótima ferramenta com uso de produtos dos grupos dos inibidores do fotossistema II (atrazine) e inibidores da HPPD (como tembotrione e mesotrione) podem apresentar efeito complementar no controle. O ideal é sempre realizar

o controle eficiente na pré-semeadura das culturas do milho e do sorgo. Caso haja rebrota do capim amargoso durante o desenvolvimento das culturas do milho e sorgo as opções de controle são limitadas, restando, basicamente, o controle mecânico.

Capim-pé-de-galinha (*Eleusine indica*) – planta anual, da família Poaceae, típica de verão, muito frequentemente encontrada infestando as culturas do milho e sorgo. Esta espécie pode atuar como hospedeira alternativa de patógenos como o vírus do mosaico listrado do milho. O capim-pé-de-galinha apresenta resistência simples e múltipla a herbicidas, incluindo inibidores da EPSPs e da ACCase (como cletodim e haloxyfop). Essa resistência está disseminada em várias regiões do Brasil. A infestação com esta espécie pode comprometer severamente a produtividade e aumentar os custos de controle. Para manejo eficaz, recomenda-se o manejo nos estágios iniciais de desenvolvimento, incluindo o uso de herbicidas pré-emergentes.

Caruru (*Amaranthus* spp.) – uma das espécies mais comuns é o caruru-roxo (*A. hybridus*), com ciclo anual, dicotiledônea, com reprodução por sementes e alta capacidade de competição. Seu mecanismo fotossintético lhe confere vantagem em ambientes quentes e secos. Seu rápido crescimento e emergência escalonada dificultam o controle, especialmente em lavouras de verão, como milho e sorgo. Casos de resistência aos inibidores da EPSPs e da ALS foram relatados no Brasil. O manejo desta espécie deve ser integrado, combinando cobertura vegetal (palhada), rotação de culturas e uso de herbicidas com diferentes mecanismos de ação. Associações de herbicidas são frequentemente utilizados na dessecação de pré-semeadura do milho, com uso glyphosate, saflufenacil e/ou 2,4-D.

Corda-de-viola (*Ipomoea* spp.) – várias espécies do gênero *Ipomoea* podem causar danos às culturas do milho e sorgo. São plantas trepadeira de ciclo anual, com reprodução por sementes e hábito de enrolar-se sobre as culturas, dificultando a colheita e causando danos no final do ciclo das culturas. A tolerância dessas espécies ao glifosato é um dos fatores que mais tem causado problemas de controle na cultura do milho. A rotação de culturas e o uso de cobertura vegetal ajudam a reduzir a emergência da corda-de-viola. O manejo integrado é essencial para evitar a disseminação e a pressão de seleção de biótipos resistentes.

7. MANEJO INTEGRADO DE DOENÇAS

Revisores técnicos: Cley Donizeti Martins Nunes

Maria Cristina Canale

O potencial de produtividade da cultura do milho e do sorgo pode ser afetado negativamente por uma série de fatores bióticos ou abióticos, que alteram a fisiologia e morfologia da planta e, conseqüentemente, reduzem o rendimento e qualidade dos grãos. As **doenças abióticas** (não infecciosas) são causadas, entre outros, por agentes como temperatura, deficiência nutricional, fitotoxidez causada por herbicidas, fertilizantes, etc. e estresse hídrico. As **doenças bióticas** (infecciosas) são causadas por fungos, bactérias, vírus, micoplasmas e nematóides e exigem a adoção de medidas de controle visando manter o potencial de produtividade da cultivar. A severidade das doenças infecciosas e os danos causados nestas duas espécies cultivadas dependem da ocorrência de patógeno virulento, do ambiente favorável e da suscetibilidade do material genético. Neste capítulo serão abordadas as principais doenças do milho e do sorgo e as medidas de controle que poderão ser empregadas. O manejo integrado de doenças consiste no uso harmônico e simultâneo de múltiplas táticas de proteção de plantas, combinando tecnologias disponíveis a serem aplicadas após considerações econômicas, sociais e ambientais, que visam interferir em ciclo vital do patógeno de modo a manter as doenças em níveis toleráveis. As práticas de controle usadas de modo integrado visam evitar o processo de infecção e/ou reduzir o progresso da doença, caso já tenha ocorrido a colonização dos tecidos vegetais da planta. Nesse contexto, as estratégias de controle devem ser adotadas com o objetivo de eliminar e/ou reduzir o inóculo inicial (fonte de inóculo dos patógenos) e reduzir e/ou retardar os processos de infecção de patógenos policíclicos (doenças no qual o agente causal apresenta mais de um ciclo durante período de cultivo do milho; por exemplo ferrugens e manchas foliares).

7.1 Principais doenças do milho

As principais doenças do milho e seus agentes causais estão listados na Tabela 7.1. As podridões do colmo podem causar morte prematura das plantas ou acamamento devido ao enfraquecimento de tecidos medulares. Lesões pardas, negras ou rosadas ficam mais evidentes nos primeiro e segundo entrenós quando as plantas são afetadas por essas doenças. Internamente, o tecido da medula se apresenta apodrecido e separado da camada externa com os feixes vasculares desintegrados, o que prejudica a firmeza da planta. A antracnose e a diplódia também são causadoras destas podridões de colmo, assim como a fusariose, a murcha e a giberela.

A sanidade das folhas é importante para a produção de fotoassimilados que serão realocados para o enchimento de grãos. As doenças que afetam as folhas são as ferrugens, a cercosporiose, a helmintosporiose (mancha-parda), as manchas branca, de macrospora, ocular e pardo-escura, o míldio, a antracnose e diplódia. A estria bacteriana do milho, causada pela bactéria *Xanthomonas vasicola* pv. *vasculorum*, é uma doença que afeta as folhas da planta, causando estrias alongadas e estreitas com bordas onduladas e um halo amarelado. A doença pode reduzir a área foliar e comprometer o crescimento da planta, afetando a produtividade.

Podridões nas espigas causam diminuição na produtividade e qualidade dos grãos. A infecção dos grãos pode acontecer pelo estigma, pela penetração do fungo na ponta ou na base da espiga ou pela seiva. Grãos com sintomas de ataque de fungos recebem o nome de “grãos ardidos”, exibem uma aparência que deprecia o valor comercial e podem conter micotoxinas, que podem causar intoxicação em animais. São associadas às podridões de espiga, as doenças conhecidas como giberela, causando a podridão-rosada, a diplódia,

causando a podridão-branca, e as fusarioses. As espigas e os estigmas também são afetadas por carvões, que provocam uma grande alteração morfológica das estruturas do milho. Os grãos podem ser afetados por *Penicillium* spp. durante a fase de armazenamento, resultando em sintoma de mofo.

Os enfezamentos vermelho e pálido são doenças vasculares sistêmicas ocasionadas por bactérias que são transmitidas pela cigarrinha-do-milho, *Dalbulus maidis*. A transmissão ocorre na ocasião da alimentação do inseto na planta. A planta fica enfraquecida, com diminuição de entrenós que resultará em nanismo, sintomas de avermelhamento e palidez nas folhas, dependendo do patógeno que ali estiver ocorrendo. O enchimento de grãos será afetado, produzindo espigas menores e com menos grãos.

As sementes, quando no solo, podem ser atacadas por patógenos habitantes de solo como os saprófitas *Pythium* spp. e *Fusarium* spp., que causam o tombamento e morte de plantas nas fases de germinação e emergência, além de ocasionar podridão de raízes. Os nematoides, vermes habitantes de solo, também podem se alojar e se alimentar em raízes de milho, causando galerias necróticas que favorecem microrganismos saprófitas ou ocasionando o aparecimento de galhas.

Tabela 7.1. Principais doenças do milho e seus respectivos agentes causais

Nome da Doença	Agente Causal
Ferrugem comum	<i>Puccinia sorghi</i>
Ferrugem polissora	<i>Puccinia polysora</i>
Ferrugem tropical	<i>Physopella zeae</i>
Cercosporiose	<i>Cercospora zeae-maydis</i>
Helmintosporiose comum	<i>Exserohilum turcicum</i>
Mancha-de-bipolaris	<i>Bipolaris maydis</i>
Mancha-branca	<i>Pantoea ananatis</i> , <i>Phaeosphaeria maydis</i>
Mancha-de-macrospora	<i>Stenocarpella macrospora</i>
Mancha ocular	<i>Kabatiella zeae</i>
Mancha pardo-escura	<i>Physoderma maydis</i>
Enfezamento pálido	<i>Spiroplasma kunkelli</i>
Enfezamento vermelho	Fitoplasma
Míldio do sorgo	<i>Peronosclerospora sorghi</i>
Antracnose	<i>Colletotrichum graminicola</i>
Diplodia	<i>Stenocarpella maydis</i> e <i>S. macrospora</i>
Fusariose	<i>Fusarium verticillioides</i>
Murcha	<i>Acremonium strictum</i>
Giberela	<i>Gibberella zeae</i>
Nigrospora	<i>Nigrospora oryzae</i>
Carvão da espiga	<i>Ustilago maydis</i>
Carvão do pendão	<i>Sphacelotheca reiliana</i>
Mofo azulado dos grãos	<i>Penicillium</i> spp.
Tomabemento e morte de plântulas	<i>Pythium</i> spp., <i>Fusarium</i> spp.
Podridão de raízes	<i>Pythium</i> spp., <i>Fusarium</i> spp.
Necrose de raízes	<i>Pratylenchus</i> spp.
Nematoide de galhas	<i>Meloidogyne</i> spp.

7.2 Medidas gerais de controle das doenças do milho

7.2.1 Resistência genética

A resistência genética ou controle genético é a medida preferencial de controle de doenças por ser o mais prático, eficiente, econômico e ambientalmente sustentável para o agricultor controlar as doenças. Essas qualidades são devido a escolha e semeadura de variedade ou híbrido resistente ou tolerante às principais doenças que ocorrem em determinada região.

As empresas que comercializam sementes disponibilizam informações de reação de resistência dos híbridos às doenças foliares, normalmente atribuindo graus de resistência às principais doenças (R - Resistente; MR - Moderadamente Resistente; MS - Moderadamente Suscetível; S - Suscetível) ou de tolerância (AT- Alta Tolerância; T - Tolerante; MT - Medianamente Tolerante; BT - Baixa Tolerância). Comumente, a resistência a doenças do colmo e da espiga é atribuída com base em escalas de notas ou descrições subjetivas, como "boa sanidade de colmo", "resistente ao acamamento", "boa sanidade de espiga", "boa qualidade de grãos" e "resistência a grãos ardidos". No entanto, nos últimos anos, as empresas detentoras de sementes têm se mostrado mais dispostas a disponibilizar informações mais detalhadas sobre a resistência a essas doenças, fornecendo dados mais específicos ao setor produtivo. Recomenda-se, que estejam atentos às doenças predominantes em cada sistema de cultivo e busquem junto às empresas detentoras dos genótipos informações atualizadas e específicas sobre o comportamento das cultivares frente aos principais patógenos.

Não existem informações disponíveis quanto ao uso de híbridos resistentes aos fungos patogênicos que sobrevivem no solo e provocam deterioração de semente, morte de plantas novas e podridão radicular. Para esses patógenos, são recomendadas outras medidas, como uso de sementes de procedência conhecida para ter certificação de sua sanidade, e tratamento de sementes com fungicidas.

Existem informações sobre graus de resistência e/ou fator de reprodução dos nematoides causadores de necrose em raízes e de galhas. O grau de reação ou a não compatibilidade do milho está relacionada à população do nematoide presente no solo.

7.2.2 Sanidade de semente

O uso de sementes milho de alta qualidade e principalmente em sanidade propicia melhor estabelecimento inicial da lavoura devido a maior percentagem de germinação da semente e velocidade de emergência de plantas, aumenta a eficiência de uso de fertilizantes, evita a introdução de patógenos na área de cultivo e, conseqüentemente, resulta em maior produtividade.

Alguns patógenos do milho utilizam as sementes como meio de sobrevivência e veículo para sua disseminação, podendo ser introduzidos em área previamente isenta de sua ocorrência. Sementes infectadas acarretam problemas de deterioração na pós semeadura, no tombamento de plantas novas, na velocidade de emergência e no vigor das plantas. Os fungos que provocam problemas na fase do armazenamento, pertencentes aos gêneros *Penicillium*, *Aspergillus*, *Rhizopus*, e alguns habitantes de solo, como *Fusarium* e *Stenocarpella*, são prevalentes nessa situação. Por outro lado, a associação de fungos na semente pode não acarretar problemas na fase de estabelecimento de plantas, mas sim durante o desenvolvimento da cultura, provocando podridão de raízes e/ou na base do colmo, como é o caso dos patógenos fúngicos: *Fusarium verticillioides*, *F. graminearum*, *Stenocarpella maydis* e *S. macrospora*.

A sanidade de sementes de híbridos de milho é de responsabilidade da empresa que as produziu e comercializou. Em geral, as sementes de híbridos são comercializadas já com tratamento com agrodefensivos. O tratamento de sementes industrial tem como principais objetivos controlar e/ou erradicar fungos associados à semente e protegê-las de patógenos

habitantes do solo (*Fusarium*, *Pythium*, *Aspergillus*, *Penicillium*) nas fases de germinação e emergência.

As sementes de cultivares crioulas devem ser obtidas em áreas com baixa incidência de doenças, com emprego de manejo com integração das estratégias disponíveis para o controle de doenças nas lavouras, a fim obter uma boa qualidade fisiológica e sanitária das sementes. A assistência técnica e/ou o agricultor pode monitorar a incidência desses fungos nas sementes realizando teste de sanidade em laboratório credenciado. Ainda assim, recomenda-se o tratamento com fungicida anteriormente à semeadura.

A escolha do fungicida com maior eficiência para determinados patógenos será definido com base no teste de sanidade de semente, que apontará os patógenos que eventualmente estão incidindo. Os fungicidas que estão registrados para o milho no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) para tratamento de sementes estão disponíveis em: https://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons

7.2.3 Rotação e sucessão de culturas

A rotação de culturas consiste no plantio alternado de espécies diferentes, na mesma área de cultivo e na mesma época do ano, ao longo dos anos. A alternância de gramínea com leguminosa no verão é recomendada. Por exemplo, o milho sendo semeado no verão de um ano, e no ano seguinte sendo rotacionado com feijão ou soja na mesma época, para voltar a semeadura do milho apenas dois anos depois. A rotação visa a eliminação de restos culturais do milho que servem de substrato para a fase de sobrevivência dos patógenos que atacam a gramínea. Então, patógenos fúngicos que sobrevivem nos restos culturais do milho, que apresentam baixa gama de hospedeiros e que não formam estruturas de repouso livres no solo tem seu inóculo diminuído em decorrência do desfavorecimento de substrato para sua manutenção e aumento de inóculo. Os patógenos potencialmente controlados pela rotação de culturas são: *S. macrospora*, *S. maydis*, *Cercospora zeae-maydis*, *Exserohilum turcicum*, *Bipolaris maydis* e *F. verticillioides*. Cabe salientar que o controle de ferrugens pela rotação é baixo ou nulo, pois a disseminação dos uredosporos de *Puccinia* é feita pelo vento à longa distância.

O cultivo alternado de diferentes espécies, na mesma área, em estações diferentes dentro do mesmo ano agrícola, constitui a sucessão anual de culturas. Como exemplo, semeia-se o milho no verão e secede-se por trigo no inverno, na mesma área. No sul do Brasil, o cultivo de cereais de inverno antecedendo o milho pode predispor a ocorrência de algumas doenças. Nos casos de antracnose (*Colletotrichum graminicola*) e giberela (*F. graminearum*), uma das principais fontes de inóculo primário são os restos culturais de trigo, cevada, aveia, triticale, centeio e avevém. Porém, essas culturas antecedendo ao do milho não predispoem a ocorrência de ferrugens (*Puccinia sorghi*, *P. polysora* e *P. zeae*) e das helmintosporioses (*E. turcicum* e *B. maydis*).

A escolha de espécies vegetais para integrar um sistema de rotação e sucessão de culturas deve ser definida em função da capacidade de manter e/ou multiplicar os agentes causais de doenças do milho, considerando também a aptidão agrícola e a viabilidade econômica para cada propriedade.

7.2.4 Eliminação de hospedeiros secundários e plantas voluntárias

Hospedeiros secundários são plantas nativas ou daninhas, normalmente sem importância econômica, que servem de reservatórios para patógenos do milho. Por exemplo, o capim massambará é hospedeiro de *E. turcicum*; o avevém, hospedeiro de *C. graminicola* e *F. graminearum*; a "azedinha" (*Oxalis* spp.) é hospedeiro alternativo para *P. sorghi*, causador da ferrugem comum.

Plantas voluntárias são aquelas que se desenvolvem espontaneamente numa lavoura a partir dos grãos que são perdidos no momento da colheita ou transporte. As plantas voluntárias de milho também são conhecidas como tiguerras ou "milho guaxo". Essas plantas

se constituem na principal alternativa de sobrevivência para ferrugens, vírus e as bactérias causadoras dos enfezamentos, se constituindo como uma “ponte verde” para esses patógenos, pois garante a manutenção dos patógenos na área de cultivo. Isso interfere na eficiência da prática de rotação/sucessão de culturas. Para diminuir as tigueras, as colhedoras devem estar reguladas e o meio de transporte bem vedado. As tigueras devem ser eliminadas na entressafra por meios mecânicos ou com o emprego de herbicidas. As tigueras de milho em cultivos de outras espécies, como a soja, podem ser também controladas através do uso de herbicidas.

O cultivo de milho de segunda safra, pela sua atual importância para a produção deste cereal no país e pela extensão de sua área cultivada, tem determinado uma alteração profunda e imprevisível no comportamento das doenças, como ferrugens, manchas, enfezamentos e podridões de espiga. Aliado a presença de plantas voluntárias, há a disponibilidade de substrato hospedeiro para os patógenos do milho por um longo período do ano, com agravante no incremento da população de insetos-vetores de viroses e bactérias, como pulgões e cigarrinhas.

7.2.5 Balanço de fertilidade

A nutrição do milho é um fator crucial para o sucesso da cultura, exigindo uma adubação balanceada que forneça os nutrientes necessários em cada fase de desenvolvimento. A falta principalmente dos macronutrientes como nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) podem acarretar as doenças abióticas, como as deficiências e assim como as toxidez provocado pelo desbalanceamento dos nutrientes da adubação. O Nitrogênio, um dos elementos químicos mais demandados pelas plantas, participa da fotossíntese e síntese de proteínas, e está diretamente ligado ao crescimento vegetativo e tamanho da espiga. A deficiência de N pode ser conferida em reboleiras, com redução da altura das plantas, com aspecto pálido e nas folhas velhas ficam amareladas, que inicia na ponta e se move para meio da folha, na forma de um V invertido. O fósforo é fundamental para processo de respiração, fotossíntese e síntese de proteínas. A deficiência de P é geralmente mais evidente em plantas jovens de milho com redução no crescimento e apresenta sintoma principalmente no limbo das folhas intermediárias, com manchas de cor vermelho-púrpura. O potássio é responsável pelo uso eficiente de água e aumenta a resistência a seca e robustez da planta. Os sintomas lembram queimaduras nas folhas ou secamento das pontas e das margens e evolui em direção à nervura central das folhas inferiores.

O desequilíbrio de nutrientes, especialmente o excesso de N e a deficiência de K, pode predispor ao surgimento de doenças bióticas nas plantas de milho, como o aumento das podridões do colmo. Para adequar adubação de base e/ou de cobertura deverá ser feita de acordo com a recomendação da análise química do solo (Item 3, p.39).

7.2.6 População de plantas

À medida que se aumenta a população de plantas (densidade do plantio), ocorre maior demanda por nutrientes e água. Quando indevidamente supridas, tanto qualidade quanto quantitativamente, há a predisposição das plantas à infecção por fungos causadores de podridões do colmo e da espiga. Nas situações onde a população de plantas é alta ou acima do indicado para o híbrido ou variedade, pode ocorrer o aumento do período de molhamento foliar, ou a permanência de umidade sobre a folha da planta, o que favorece a infecção por patógenos foliares (ferrugens, helmintosporioses, cercosporiose). Recomenda-se, portanto, estabelecer a população adequada de plantas para o respectivo híbrido, conforme recomendação técnica, considerando o sistema de cultivo e o nível tecnológico implantado na área onde o material será semeado, evitando fatores de predisposição para infecção por patógenos.

7.2.7 Manejo da irrigação

Plantas com balanço nutricional adequado e fornecimento de água adequada para a sua demanda podem apresentar menor intensidade de podridões do colmo devido à menor predisposição à infecção e à colonização por fungos necrotróficos. Atenção deve ser atribuída à irrigação por aspersão, como por exemplo por pivô central. A aspersão por longo período de tempo de irrigação, acima do recomendado, pode propiciar longos períodos de molhamento foliar, o que pode aumentar significativamente a intensidade de doenças foliares e podridões da espiga. As ferrugens e as manchas foliares, cujos os agentes causais comumente apresentam mais de um ciclo biológico durante o ciclo da cultura, são favorecidas nessa situação. O aumento do molhamento foliar, no dossel das plantas, favorece o incremento da taxa de progresso da doença. Irrigações sucessivas durante a polinização e a fecundação do milho, seguidas de dias nublados e quentes, podem favorecer a infecção de fungos nas espigas, levando ao incremento da incidência de grãos ardidos. A irrigação realizada nas primeiras horas da manhã pode propiciar mais horas de molhamento foliar, por se adicionar com o orvalho.

7.2.8 Aplicação de fungicida

O objetivo do controle químico de doenças foliares pela aplicação de fungicidas é manter a planta o mais tempo possível com área foliar sadia. A aplicação de fungicidas é um método complementar eficiente no controle de doenças foliares em lavouras com histórico de danos frequentes e em anos em que ocorrerem condições climáticas muito favoráveis ao processo de infecção dos fungos. A necessidade da aplicação de fungicidas é determinada através do monitoramento da lavoura em visitas periódicas para a procura de primeiras infecções e para verificar o nível de incidência de doenças. É importante realizar uma boa diagnose de doenças para que a recomendação de controle seja apropriada e o problema ser, de fato, controlado.

Maior probabilidade de retorno financeiro pela aplicação de fungicidas ocorre quando: i) o híbrido é suscetível ou apresenta baixa tolerância a doenças foliares; ii) o ambiente é favorável (excesso de chuva e dias nublados); iii) o sistema de cultivo predominante é plantio direto e monocultura; iv) o milho é cultivado na segunda safra e onde o cereal é cultivado em extensas áreas. A tomada de decisão do momento, escolha do fungicida e do número de aplicações deve ser estabelecida pela assistência técnica para cada situação de cultivo. O técnico deve avaliar, por exemplo, a reação de resistência do híbrido, o ambiente para o desenvolvimento da doença, práticas culturais, nível tecnológico do produtor, custo de controle, preço de venda do milho.

Para um eficiente controle das doenças, a calda deve ser preparada conforme é recomendado na bula do produto, com água de boa qualidade. Os intervalos de aplicação indicados na bula também devem ser respeitados. É interessante a rotação de defensivos quando pertinente, utilizando produtos com diferentes modos de ação para evitar o surgimento de patótipos resistentes. O equipamento utilizado para a aplicação deve estar calibrado e bem regulado para uma adequada deposição do produto no alvo, evitando perdas. Evitar aplicação em horários muito quentes, a fim de evitar rápida evaporação da gota, e também aplicação com vento para não haver desperdício do produto por deriva. Por fim, o aplicador deve seguir as instruções de proteção através do uso de Equipamentos de Proteção Individual pictografados na embalagem do produto.

Aplicações em pré e pós-pendoamento apresentam melhores resultados no que se refere ao ganho de produtividade, pois os fungicidas apresentam potencial de proteção principalmente da folha da espiga e folhas superiores. Além do aumento de produtividade o controle químico pode garantir e/ou melhorar a qualidade de grãos.

O controle específico da mancha de macrospora na folha da espiga reduz a ocorrência da podridão de diplodia na espiga; e as aplicações que coincidam com a exteriorização dos

estilo-estigamas (“cabelo do milho”) podem reduzir a ocorrência de giberela na ponta de espiga. Nesses casos consequentemente haverá redução da porcentagem de grãos ardidos, podendo haver reflexo na redução de níveis de micotoxinas em grãos.

Os fungicidas com registro no Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA) - Agrofit, para controle dos respectivos agentes causais das doenças parte aéreas do milho podem ser acessados em:

https://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons.

Na aba chamada “pragas”, escolha-se “insetos e doenças”.

Ali, é possível consultar todos os problemas fitossanitários que acometem a cultura do milho e os defensivos disponíveis e regulamentados, que podem ser consultados para cada doença.

Atualmente também existem aplicativos de celular que podem auxiliar na diagnose de problemas fitossanitários através de fotos e descrição de sintomas, além de permitir a consulta dos produtos fitossanitários que podem ser empregados no cultivo do milho.

7.2.9 Controle de fungos de armazenamento

Medidas de controle de fungos de armazenagem já podem ser aplicadas desde a colheita e transporte, e posteriormente na secagem e armazenagem. As medidas incluem: i) realizar a colheita preferencialmente quando a umidade do grão atingir 18 a 22%; ii) regular a colhedora para prevenir ou minimizar injúrias mecânicas nos grãos (um grão íntegro é mais resistente à penetração por fungos do que um grão que tenha sido quebrado ou rachado) e obter melhor limpeza possível da massa colhida; iii) uma vez colhido, o produto deve ser imediatamente seco (dentro de 24 a 48 h, no máximo) até níveis de 13-14% de umidade; iv) manter os níveis de umidade abaixo do ótimo durante o armazenagem para evitar o crescimento dos fungos (<13%); v) evitar o desenvolvimento de insetos na massa de grãos pelo manejo preventivo (limpeza das instalações e evitar mistura de lotes) e curativo (expurgo); vi) usar temperatura baixa para prevenir o crescimento de fungos e o desenvolvimento de insetos e vii) limpar as instalações de armazenagem ao receber novos lotes de grãos.

7.3 Principais doenças do sorgo

O desenvolvimento da cultura de sorgo pode tornar-se limitado devido a doenças se as condições ambientais forem favoráveis à patógenos e a cultivar for suscetível. Dependendo do ano e da região onde o sorgo é cultivado, pode haver a ocorrência local de patógenos causadores de doenças foliares, da panícula e de doenças sistêmicas, viroses, além de fungos habitantes de solo causadores de podridões radiculares (Tabela 7.4).

Nos últimos anos, a antracnose tem sido a mais importante doença da cultura do sorgo no Brasil. Caracteriza-se pelas lesões produzidas nas folhas com a presença de acérvulos (frutificação típica do patógeno), sendo esse o principal fator para identificação da doença no campo. O míldio manifesta-se tanto pela produção de lesões localizadas nas folhas, como pela produção de plantas com infecção sistêmica. A helmintosporiose é uma doença cuja importância vem aumentando e cujo desenvolvimento de lesões alongadas e elípticas de coloração vermelho-púrpura ou amarelo-alaranjadas.

Em relação ao ergot, que ocorre nos plantios tardios, o sinal externo mais evidente é o exsudato viscoso e açucarado que sai das flores infectadas, caracterizando o nome comum da doença, “doença açucarada do sorgo”. A pulverização de fungicidas na parte aérea das plantas visa, principalmente, proteger contra novos sítios de infecção, representados pelos floretes individuais da panícula, do desenvolvimento do fungo *Claviceps africana*, agente causal do ergot. A podridão seca de macrophomina tem sido um problema maior em semeaduras de safrinha, quando a cultura enfrenta situações de deficiência hídrica, condição

que é, também, favorável ao desenvolvimento do patógeno. O sorgo não é suscetível aos patógenos dos enfezamentos do milho, visto que a cigarrinha-do-milho, *D. maidis*, não se alimenta ou se alimenta pouco dessa espécie.

7.3.1 Medidas gerais de controle de doenças do sorgo

Existem diversas cultivares e híbridos de sorgo que podem se mostrar resistentes a doenças. Essas cultivares indicadas para determinado local, podem ser usadas em integração com outras práticas culturais e com o controle químico, quando for necessário, podem diminuir os problemas ocasionados por doenças. Entre as práticas culturais se destaca a rotação de culturas, eliminação de hospedeiros alternativos e das plantas daninhas e da semeadura de cultivares resistente ou tolerante. A eliminação do capim massambará (*Sorghum halepense*) pode contribuir, por exemplo, para redução do potencial de inóculo de *Colletotrichum graminicola*, agente causal da antracnose, e de *Peronosclerospora sorghi*, agente causal do mildio de sorgo. Além disso, a utilização de cultivares resistentes ao acamamento, bem como a utilização de níveis adequados de adubação, sementes de qualidade e a semeadura na época recomendada podem amenizar os danos causados pelas doenças que afetam a cultura.

Tabela 7.4 Principais doenças da cultura de sorgo e seus respectivos agentes causais

Nome da doença	Agente causal
Antracnose	<i>Colletotrichum graminicola</i>
Fungo-de-armazenamento	<i>Aspergillus</i> spp.
Ergot; Doença-açucarada-do-sorgo	<i>Claviceps africana</i>
Mofo-da-panícula-e-grãos	<i>Curvularia</i> spp.
Helminthosporium	<i>Exserohilum turcicum</i>
Podridão-de-Fusarium; Podridão-do-colmo;	<i>Fusarium moniliforme</i>
Podridão-cinza-do-caule; Podridão-seca-do-colmo	<i>Macrophomina phaseolina</i>
Fungo-de-armazenamento	<i>Penicillium</i> spp.
Mildio-do-sorgo	<i>Peronosclerospora sorghi</i>
Ferrugem	<i>Puccinia purpurea</i>
Estiolamento; Podridão-de-raízes; Tombamento	<i>Pythium</i> spp.
Damping-off; Tombamento	<i>Rhizoctonia solani</i>
Podridão-de-raízes; Tombamento	<i>Rhizoctonia</i> spp.
Mofo-preto	<i>Rhizopus</i> spp.
Murcha-de-Sclerotium; Podridão-de-Sclerotium	<i>Sclerotium rolfsii</i>

7.3.2 Resistência genética a doenças do sorgo

A resistência genética constitui-se em uma das medidas mais comum e, ao mesmo tempo, mais eficiente para controle de doenças. Em muitas situações, a resistência tem apresentado durabilidade e estabilidade, mas existem relatos de quebra de resistência, ou seja, o material se torna suscetível devido à adaptação do patógeno. Considerando-se a antracnose, a principal doença de sorgo no Brasil, a principal medida de controle é a utilização de cultivares resistentes. Entretanto, o uso da resistência genética é dificultado pela elevada variabilidade apresentada por *C. graminicola*, que pode determinar, muitas vezes, que uma cultivar deixe de ser resistente pela rápida adaptação de uma nova raça do patógeno. Para a obtenção de novos cultivares resistentes, o piramidamento de genes tem sido usado para que esse material, seja resistente a um maior número de raças de *C. graminicola*.

7.3.3 Controle químico

Outra medida complementar e eficiente de controle de doenças do sorgo é o uso de fungicidas, tanto para da área foliar como para tratamento de sementes de baixa sanidade ou de sementes vindas de outras regiões produtoras.

Mas, até o presente momento, não há fungicidas registrados no Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA) para controle de doenças que ocorre na aérea foliar do sorgo, com exceção para o ergot (*Claviceps africana*).

A escolha dos fungicidas deve ser determinado pela assistência técnica de cada região podendo encontrar informações no Agrofit se encontra na *homepage* do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

*Agrofit - Disponível em: https://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons

8. MANEJO INTEGRADO DE PRAGAS DA CULTURA DO MILHO E SORGO

Revisores técnicos: Ana Paula Schneid Afonso da Rosa
Cinei Teresinha Riffel
Leandro do Prado Ribeiro

8.1 Introdução

No sul do Brasil, as culturas de milho e sorgo são cultivadas em épocas climaticamente propícias ao desenvolvimento de inúmeras espécies de insetos e de outros organismos fitófagos. Em todos os estádios fenológicos dessas culturas, há inúmeras espécies de artrópodes associadas em seu dossel, embora poucas delas sejam consideradas pragas do ponto de vista econômico.

Nas principais regiões de cultivo, especial destaque deve ser dado às pragas iniciais, que atacam sementes, plântulas e plantas nos primeiros estádios de desenvolvimento, cujos danos se traduzem na redução da população estabelecida da cultura, que é considerado um dos principais componentes de rendimento de ambas as culturas. Além disso, a sucção de seiva e injeção de toxinas e o intenso dano de lagartas desfolhadoras (lagarta-do-cartucho, especialmente) pode reduzir a área fotossinteticamente ativa da cultura, prejudicando o seu desenvolvimento inicial e, em alguns casos, condicionando a morte prematura de plantas. Mais recentemente, surtos populacionais da cigarrinha-do-milho, inseto vetor das doenças do complexo de enfezamentos, têm sido a principal preocupação dos produtores de milho do sul do Brasil.

Além das pragas incidentes durante as fases vegetativa e reprodutiva, cuidados no armazenamento do milho e sorgo devem ser tomados, mesmo após limpos e secos, com a ocorrência de insetos-praga. Essa biota danifica os grãos estocados, reduzindo o seu valor de mercado ou mesmo dificultando a sua comercialização. Além disso, os insetos-praga de armazenamento podem favorecer a disseminação de fungos e propiciar condições para o desenvolvimento de micotoxinas nocivas ao homem e aos animais.

Com poucas exceções, as pragas de campo e de armazém de milho e de sorgo são comuns e o que varia são os níveis de incidência e a importância de algumas espécies. Todavia, oscilações na abundância das espécies-praga nas respectivas culturas podem ser observadas em decorrência das especificidades das regiões de cultivo e sistemas produtivos adotados e das variações climáticas observadas em escalas temporais (safra-safra), espaciais (regiões) e em épocas de cultivo distintas ("safra" e "safrinha"). Além disso, níveis variados de resistência para as pragas-chave dessas culturas são observados nos diferentes genótipos disponíveis no mercado.

8.2. Principais insetos-praga incidentes nas lavouras de milho e sorgo

8.2.1 Insetos-praga de sementes e raízes

Corós – *Diloboderus abderus*, *Phyllophaga triticiphaga*
Larva-alfinete – *Diabrotica speciosa*

Os corós são larvas escarabeiformes (corpo recurvado em forma de letra "C"), de coloração geral branca, com cabeça e pernas (3 pares) marrons. As espécies rizófagas que ocorrem em milho e sorgo podem atingir de 4 a 5 cm de comprimento em seu último estágio de desenvolvimento larval. Seus danos decorrem da destruição de plantas, as quais

são puxadas para dentro do solo ou que secam e morrem pela falta de raízes ou, ainda, que originam plantas adultas menos produtivas. Os danos de corós são mais acentuados durante os meses de inverno e início da primavera, época que coincide com a ocorrência de larvas grandes (terceiro instar) com maior capacidade de ocasionar danos ao sistema radicular.

A larva-alfinete é a forma jovem da vaquinha verde-amarela, comumente denominada patriota. O adulto, que é polígrafo, oviposita no solo ou junto às plantas de milho ou sorgo, geralmente de 2 a 4 semanas após a semeadura. Nesse caso, o período crítico de ataque dessa praga estende-se da germinação da cultura até 45 dias depois da emergência.

No sul do Brasil, a população de adultos de *D. speciosa* aumenta a partir de dezembro, tem pico populacional de fevereiro a março e se reduz em maio, tornando-se inexpressiva no inverno. Dessa forma, os danos mais expressivos da larva-alfinete acontecem em lavouras semeadas tardiamente ou naquelas cultivadas na “safrinha”. Embora não seja um fator determinante devido a grande mobilidade dos adultos, a presença de outros hospedeiros (p. ex.: feijão) nas proximidades das áreas de cultivo pode facilitar a incidência de larvas em milho e sorgo.

As plantas atacadas pela larva-alfinete têm menor número de raízes, o que diminui a absorção de nutrientes e a sua sustentação, provocando o aparecimento do sintoma conhecido por “pescoço-de-ganso” ou “milho-sentado”, que reduz a produtividade das lavouras e dificulta a colheita mecânica em virtude do acamamento das plantas.

8.2.2 Insetos-praga de colmos e da base de plantas

Broca-do-colo – *Elasmopalpus lignosellus*

Lagarta-rosca – *Agrotis ipsilon*

Lagarta-do-cartucho – *Spodoptera frugiperda*

Percevejo barriga-verde – *Diceraeus melacanthus*, *Diceraeus furcatus*

Percevejo-marrom – *Euschistus heros*

A broca-do-colo ou lagarta-elasmó é uma lagarta de coloração marrom-esverdeada, muito ativa, que mede cerca de 2 cm de comprimento e ataca as plantas com até 30 cm de altura. Faz uma galeria ascendente a partir do colo da planta, provocando o secamento da folha central (“coração morto”) e até mesmo a morte de plantas. Sua incidência está associada a períodos de seca e solos arenosos, não sendo geralmente problema em sistemas de plantio direto e em cultivos irrigados.

A lagarta-rosca é uma praga que vive enterrada no solo durante sua fase larval, à pequena profundidade, junto à rizosfera das plantas. Tem coloração pardo-acinzentada, é robusta e atinge até 5 cm de comprimento. Sai à noite e corta as plantas ao nível do solo. Além disso, pode abrir galeria na base de plantas mais desenvolvidas, provocando o sintoma de “coração morto” e o aparecimento de estrias claras nas folhas. A planta que sobrevive ao ataque pode perfilhar excessivamente, gerando uma “touceira” improdutiva. Sua ocorrência pode ser influenciada pela existência de plantas hospedeiras na área, como língua-de-vaca e caruru, antes da semeadura.

Mais recentemente, sintomas semelhantes aos descritos para a lagarta-rosca tem sido verificados também pelo ataque da lagarta-do-cartucho com “hábito de rosca”, as quais possuem a capacidade de infestar as plantas usadas na cobertura vegetal de lavouras conduzidas pelo sistema de plantio direto (especialmente gramíneas). Depois da dessecação e implantação da cultura, essa lagarta se alimenta de plantas de milho e sorgo, seccionando-as rente ao solo, o que reduz a população de plantas das lavouras. Essa praga também pode abrir uma galeria na base de plantas que estão nas fases iniciais de desenvolvimento, causando a morte da planta. Mais detalhes dos aspectos morfológicos e bioecológicos dessa praga estão apresentados na próxima seção deste capítulo.

As duas espécies de percevejos barriga-verde (*D. melacanthus* e *D. furcatus*) incidentes em lavouras no sul do Brasil são bastante semelhantes morfológicamente e caracterizadas por duas expansões pontiagudas na face frontal da cabeça (jugas), situadas entre os olhos, e um “espinho” disposto em cada lado do protórax. Independentemente das espécies, os percevejos causam danos quando se alimentam de seiva no ponto de crescimento (meristema apical) das plantas, porque simultaneamente injetam substâncias que têm ação tóxica. As plantas atacadas por percevejos emitem perfilhos anormais e desenvolvem folhas retorcidas e deformadas, que podem ter perfurações dispostas perpendicularmente às nervuras. Plantas com esses sintomas crescem mais lentamente e são sombreadas pelas outras plantas, tornando-se improdutivas ou com espigas pequenas, o que reduz a produtividade das lavouras. Quando aparecem os sintomas do ataque dessa praga nas plantas, os danos já aconteceram, não podendo ser revertidos. Nas plantas com mais de 5 folhas expandidas ou com o colmo medindo mais de 1 cm de diâmetro, o ataque desse inseto não causa dano econômico. No entanto, quanto menor for a planta atacada, maior a sensibilidade às toxinas injetadas pelos percevejos no momento de sua alimentação.

Em sistemas de produção soja-milho amplamente praticados no estado do Paraná, o percevejo-marrom, *Euschistus heros*, também poderá ser encontrado abundantemente em cultivos de “milho safrinha”, dada a multiplicação da praga em cultivos de soja antecedentes a implantação dessa cultura. O percevejo-marrom possui hábito alimentar polífago. Na fase adulta, esse inseto mede em torno de 11 mm de comprimento, tem cor marrom-escuro, possui dois prolongamentos nas laterais do protórax parecidos com “espinhos” e apresenta uma mácula branca com formato de meia lua, situada na extremidade posterior do escutelo. Embora os níveis de danos ocasionados pelo percevejo-marrom sejam menos intensos daqueles observados pelo ataque de percevejos barriga-verde, os sintomas e o período crítico de ataque ao milho por essas espécies são semelhantes.

8.2.3 Insetos-praga de folhas de plântulas e de plantas

Cigarrinha-do-milho - *Dalbulus maidis*

Lagarta-do-cartucho - *Spodoptera frugiperda*

Lagarta-dos-capinzais - *Mocis latipes*

Pulgão-do-milho - *Rhopalosiphum maidis*

Cigarrinha-das-pastagens – *Deois flavipicta*, *Deois schach*, *Notozulia entreriana*

Tripes-do-milho – *Frankliniella williamsi*

Atualmente, entre as pragas que atacam a fase vegetativa da cultura, a cigarrinha-do-milho e a lagarta-do-cartucho ou lagarta-militar são consideradas a de maior importância no sul do Brasil. O adulto da cigarrinha-do-milho apresenta coloração amarelo-pálida, com duas pontuações negras no dorso da cabeça e asas transparentes, com comprimento variável entre 3 e 4 mm. As ninfas também possuem coloração amarelada e alojam-se, preferencialmente, na parte inferior da folha. Os maiores níveis populacionais da praga geralmente acontecem nas lavouras cultivadas na “safrinha”, embora surtos populacionais têm sido verificados também na “primeira safra” em detrimento de condições favoráveis para sobrevivência do milho guaxo ou tiguera (“ponte verde”) e condições de temperaturas elevadas associadas a estresse híbrido no início da janela do zoneamento agroclimático da cultura para o sul do Brasil (meados de agosto).

A cigarrinha-do-milho transmite para as plantas de milho, de forma persistente-propagativa, os agentes causais do enfezamento-pálido (espiroplasma), do enfezamento-vermelho (fitoplasma), da virose-da-risca (Marafivírus) e do mosaico-estriado-do-milho (Mastrevírus). Esse complexo de doenças está presente em todas as regiões produtoras de milho do sul do Brasil, causando reduções de produtividade que podem ser superiores a 90%, dependendo da suscetibilidade do genótipo cultivado, momento da inoculação e condições climáticas favoráveis. Infecções múltiplas, ou seja, presença de cigarrinhas ou

plantas infectadas com mais de um dos patógenos têm sido comumente verificadas nos monitoramentos conduzidos no sul do Brasil.

Os sintomas decorrentes dos enfezamentos ocasionados pelos mollicutes (fitoplasma e espiroplasma) incluem a redução do porte das plantas (redução de entrenós) e da área foliar, multiespigamento, redução da altura de inserção da espiga e má-formação de espigas e grãos, que afeta diretamente a produtividade da cultura. Os sintomas de enfezamento-vermelho incluem o avermelhamento a partir das margens e do ápice das folhas seguido de seca, enquanto o enfezamento-pálido apresenta estrias cloróticas localizadas, principalmente, na base das folhas. Os sintomas da virose-da-risca, por sua vez, se caracterizam por lesões na forma de pequenos pontos cloróticos alinhados, acompanhados de menor desenvolvimento e porte da planta. Por outro lado, o mosaico-estriado-do-milho é caracterizado por manchas com estrias cloróticas leves e redução acentuada do porte da planta (altura). Todavia, a expressão de tais sintomas são variáveis de acordo com o genótipo do milho, podendo tais doenças ocorrer associadamente como infecções múltiplas, o que dificulta grandemente a diagnose. Relatos e estudos recentes indicam que a planta altamente suscetível a enfezamentos, associada à época de infecção e a condições ambientais favoráveis, pode enfraquecer e tombar em condições de campo, em decorrência da má distribuição de nutrientes na planta infectada e do enfraquecimento do colmo. Isso também torna a planta predisposta a podridões ocasionadas por fungos e bactérias fitopatogênicas oportunistas de solo, comumente verificadas em áreas em que não se adota a rotação de culturas adequadamente. Cabe ressaltar, no entanto, que os danos das doenças do complexo de enfezamentos não são observados em sorgo, assim como o desenvolvimento/multiplicação de populações do inseto vetor nessa cultura. Porém, a cigarrinha-do-milho pode utilizar o sorgo e outras gramíneas como plantas abrigos.

Lagartas de *S. frugiperda* recém-eclodidas raspam as folhas e depois se alojam no cartucho das plantas, onde se observa seus excrementos. As lagartas são de coloração variável, que vai do cinza ao marrom, e atingem 4 cm de comprimento. Além disso, possuem 4 máculas escuras no dorso do penúltimo segmento abdominal, que formam os vértices de um quadrado, facilitando seu reconhecimento.

Pela destruição do cartucho, o ataque da lagarta-do-cartucho pode causar danos expressivos que se acentuam em períodos de seca. Os danos são maiores quando o ataque ocorre em plantas com até 8 a 10 folhas expandidas. Embora as maiores frequências de posturas sejam observadas nos primeiros estágios do desenvolvimento vegetativo (V1-V6), o ataque da praga também pode ocorrer, em menor proporção, em plantas a partir de 12 folhas expandidas. Também podem ser encontradas atacando plântulas ou plantas nos primeiros estágios de desenvolvimento, com hábito semelhante ao da lagarta-rosca (ver descrição realizada anteriormente). Além disso, o ataque pode ocorrer na base da espiga ou penetrar na espiga para se alimentar de grãos antes que atinjam a maturação fisiológica. Esse comportamento acontece quando o inseto ainda não completou o desenvolvimento larval antes de a planta emitir o pendão. Quando penetra na espiga, a lagarta dilacera a palha ao sair para empupar, o que permite diferenciar seu dano daquele da lagarta-da-espiga. Lavouras com elevada população dessa praga pode ter a produtividade reduzida em mais de 50%.

A lagarta-dos-capinzais (*M. latipes*), quando completamente desenvolvida, atinge cerca de 4 cm de comprimento, possui coloração geral amarelada, com estrias longitudinais de coloração castanho-escura. Possuem a característica de locomoção como se estivessem medindo palmo. É uma praga de ocorrência cíclica e ataca as folhas, destruindo o limbo foliar a partir das bordas, deixando apenas as nervuras centrais e prejudicando o desenvolvimento da planta.

O pulgão-do-milho (*R. Maidis*) possui corpo alongado de coloração amarelo-esverdeada ou azul-esverdeada, com manchas negras na área ao redor dos sínculos, pernas e antenas de coloração escura e tamanho variando de 0,9 a 2,6 mm de

comprimento. Os danos causados são uma resposta fisiológica da planta e estão associados com a interação entre a ação dos pulgões e os seguintes fatores: estresse hídrico, elevadas populações de pulgões, possível ação tóxica da saliva do pulgão, compactação dos grãos de pólen e cobertura dos estilo-estigmas pela excreção do excesso da seiva ingerida (*honeydew*), causando falhas na polinização e deficiências na granação das espigas, desenvolvimento do fungo (*Capnodium* sp.) causador da fumagina, cobrindo a superfície foliar e prejudicando a fotossíntese e outros processos fisiológicos, e também o genótipo utilizado para cultivo. Os sintomas observados com mais frequência são a morte de plantas, o perfilhamento de espigas, espigas atrofiadas e espigas com granação deficiente. Além disso, o pulgão-do-milho pode ser vetor de viroses, principalmente do vírus-do-mosaico-comum do milho, doença que tem se destacado nos últimos anos devido ao aumento na incidência e às perdas que pode causar na produtividade da cultura.

No sul do Brasil, as cigarrinhas-das-pastagens incidentes em cultivos de milho e sorgo constituem um complexo de espécies (majoritariamente *D. flavopicta*, *D. schach* e *N. entreliana*) oriundas de pastagens alocadas em áreas adjacentes aos locais de cultivo. Nesse contexto, os adultos migram de pastagens e injetam toxinas nas folhas e colmos, provocando seu amarelecimento, em forma de estrias, e posterior secamento. Normalmente as ninfas não colonizam o milho ou sorgo. Nos primeiros 20 dias, as plantas são mais sensíveis ao ataque, secando sob uma infestação de 3 a 4 cigarrinhas por planta.

O trips-do-milho é um inseto muito pequeno (1,1 mm de comprimento) de coloração geralmente amarela, com dois pares de asas franjadas e aparelho bucal raspador-sugador. A fase jovem alada possui coloração mais clara. As fêmeas põem um número variável de ovos dentro do tecido das plantas. Tanto a fase jovem quanto a fase adulta dos trips atacam as folhas, alimentando-se da seiva das plantas, provocando o dobramento dos bordos para cima e a descoloração esbranquiçada. Quando o ataque ocorre nas inflorescências, a descoloração é avermelhada e pode resultar em esterilidade das panículas. O desenvolvimento da população da praga evolui conforme o crescimento das plantas, atingindo seu pico no florescimento. O ataque é mais intenso nas primeiras semanas após a emergência da cultura e em condições de déficit hídrico. Em populações elevadas, pode causar a morte de plântulas ou plantas nos primeiros estágios de desenvolvimento.

8.2.4 Insetos-praga de espigas e panículas

Lagarta-da-espiga - *Helicoverpa zea*

Mosca-do-sorgo - *Stenodiplosis sorghicola*

A lagarta-da-espiga (*H. zea*) apresenta colorações variadas (verdes, marrons e até pretas), dotadas de listras de outras cores dispostas nas laterais do corpo. No final da fase larval, a lagarta mede aproximadamente 35 mm de comprimento, quando desce ao solo para empupar, emergindo a mariposa em torno de 15 dias depois. O ciclo biológico dessa espécie completa-se em cerca de 40 dias. A lagarta-da-espiga tem hábito alimentar polífago, infestando gramíneas, solanáceas, leguminosas e plantas de outras famílias botânicas.

A lagarta-da-espiga é uma praga bastante nociva ao milho, normalmente incidindo na ponta da espiga, onde se alimenta de estigmas e de grãos, antes que atinjam a maturação fisiológica. Uma espiga pode inicialmente ser infestada por várias lagartas dessa espécie, principalmente se o nível populacional de mariposas no cultivo for elevado. No entanto, devido ao seu hábito canibal, no final da fase larval geralmente sobrevive apenas uma lagarta em cada espiga. A espiga infestada por essa praga apresenta falhas na granação e tem menor número de grãos devido à alimentação da lagarta, reduzindo a produtividade das lavouras. Além disso, a espiga infestada normalmente também é infectada por patógenos causadores de podridões, reduzindo a qualidade desse cereal. O orifício que a lagarta abre na palha da espiga para sair no final da fase larval predispõe à infestação de

pragas oportunistas, incluindo a mosca-da-espiga, as traças de armazenamento e os gorgulhos. Seus danos nas lavouras de milho normalmente são maiores nos cultivos de "safrinha".

A mosca-do-sorgo, praga específica do sorgo, é uma pequena mosquinha de coloração alaranjada a avermelhada, de asas transparentes, medindo cerca de 2 mm de comprimento, que efetua a postura nas flores originando larvas rosadas, que ao se alimentarem do ovário impedem a formação dos grãos. As panículas são suscetíveis apenas durante 10 dias, podendo por isso haver escape. Por outro lado, as plantas que florescem mais tarde são mais prejudicadas, devido ao aumento da população da praga. Em consequência, geralmente as panículas ficam finas, sem grãos formados, e os prejuízos podem ser totais em certas variedades comerciais.

8.3 Insetos-praga de grãos armazenados

Gorgulhos - *Sitophilus zeamais* e *Sitophilus oryzae*

Besourinho-dos-cereais - *Rhyzopertha dominica*

Besouro-castanho - *Tribolium castaneum*

Traça-dos-cereais - *Sitotroga cerealella*

As duas espécies de gorgulhos são morfologicamente muito semelhantes, podendo ser separadas somente pela observação da genitália. Podem ocorrer juntas na massa de grãos, sendo a densidade populacional variável dependendo da região geográfica e nível de resistência das cultivares/híbridos. Os adultos medem cerca de 2 a 3,5 mm de comprimento, e têm coloração castanha-escura, com manchas mais claras nos élitros, visíveis logo após a emergência; a cabeça é projetada à frente em rostro curvado. O ciclo de ovo até à emergência dos adultos é de cerca de 34 dias. São considerados pragas primárias internas de grande importância, pois podem apresentar infestação cruzada, ou seja, infestar os grãos tanto no campo quanto no armazém. Apresentam elevado potencial de reprodução e grande número de hospedeiros, como milho, sorgo, arroz, trigo, cevada, triticale etc. Tanto as larvas como os adultos são prejudiciais e atacam grãos inteiros em profundidades variáveis na massa de grãos armazenada. Os danos se verificam na redução do peso e da qualidade do grão, além da capacidade de disseminação de fungos deteriorantes e aumento da umidade e temperatura dos grãos armazenados.

R. dominica é considerada praga primária de grãos armazenados, atacando também outros produtos alimentícios. Originariamente nativa dos trópicos, foi disseminada pelo comércio para todas as partes do mundo, sendo seu ataque mais intenso nas regiões tropicais e subtropicais. Os insetos adultos têm o corpo cilíndrico e a cabeça voltada para baixo, com tamanho variando de 2,5 a 3,5 mm de comprimento.

T. castaneum tem coloração castanha-avermelhada, corpo achatado, duas depressões transversais na cabeça e mede de 2,3 a 4,4 mm de comprimento. As larvas são branco-amareladas e cilíndricas (aspecto de larva-aramé), e medem até 7 mm de comprimento. As fêmeas colocam ovos nas fendas das paredes, na sacaria e sobre os grãos. Uma geração pode durar menos de 20 dias. Como é praga secundária, depende do ataque de outras pragas para se instalar nos grãos armazenados; porém, possui capacidade de se alimentar de vários tipos de grãos. Os adultos de *S. cerealella* são mariposas com 10 a 15 mm de envergadura e de 6 a 8 mm de comprimento. As asas anteriores são de cor palha, com franjas, e as posteriores mais claras, com franjas maiores. Os ovos são colocados sobre os grãos, preferentemente naqueles quebrados e fendidos. Após a eclosão, as larvas penetram no interior do grão, onde se alimentam e completam a fase larval. As larvas podem atingir 6 mm de comprimento e são brancas com as mandíbulas escuras. O período de ovo a adulto dura, em média, 30 dias. É uma praga primária, que ataca grãos inteiros, porém afeta a superfície da massa de grãos. As larvas destroem o grão, alterando o peso e a qualidade.

8.4 Estratégias de manejo das principais espécies de insetos-praga

8.4.1 Pragas de lavoura

Insetos-praga associados às lavouras de milho e de sorgo devem ser manejados de modo a evitar que atinjam níveis capazes de causar danos econômicos. Para isso, os preceitos do manejo integrado de pragas (MIP) devem ser seguidos nas intervenções de manejo, uma vez que essa estratégia leva em consideração os custos, os benefícios e os impactos sociais e ambientais das táticas empregadas. Nesse contexto, o MIP fundamenta-se na bioecologia das pragas, pois considera as interferências que os inimigos naturais e os fatores ambientais exercem sobre as suas populações. Por outro lado, em vez de recomendar a erradicação das pragas, o MIP preconiza que estejam presentes nas lavouras, mas em níveis populacionais que não causem dano econômico (nível de equilíbrio), o que favorece a sobrevivência e a proliferação de inimigos naturais, potencializando o controle biológico natural.

Em um programa de MIP, a população das pragas devem ser monitoradas por amostragens, apenas controlando para evitar que atinjam o nível de dano econômico. Para isso, a identificação das espécies-praga e dos seus inimigos naturais é de fundamental importância. A prevenção da ocorrência de pragas pela adoção conjunta de táticas, incluindo rotação de culturas, semeadura em época recomendada, escolha de híbridos e variedades resistentes e pela realização do tratamento de sementes com inseticidas sistêmicos são medidas importantes. Além disso, a preservação do controle biológico natural exercido por inimigos naturais (entomófagos e entomopatógenos) e o emprego de práticas culturais que favoreçam as plantas e desfavoreçam as pragas deve ser uma preocupação permanente.

Na necessidade de aplicar controle químico nas lavouras, o MIP estabelece que sejam preferencialmente usados agrotóxicos seletivos, sobretudo aqueles que atuam sobre a fisiologia das pragas e/ou que tenham origem biológica ou botânica, alternando o uso dos ingredientes ativos de acordo com os seus mecanismos de ação (Tabela 9.2) e adotando a tecnologia de aplicação adequada para cada situação. Seletividade também pode ser obtida através de inseticidas sistêmicos e de aplicação dirigida, como é o caso de iscas tóxicas, tratamento de sementes e tratamento no sulco de semeadura. Tratamentos seletivos permitem maximizar o controle biológico natural, que é um fator importante para o equilíbrio biológico e redução do impacto das pragas-chave das culturas de milho e de sorgo.

Informações sobre os agrotóxicos registrados para controlar as pragas da cultura do milho e sorgo estão disponíveis no sistema Agrofit, que se encontra na *homepage* do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (https://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons). Além disso, antes da prescrição, o profissional deverá verificar a disponibilidade de registro do produto no âmbito estadual e, para isso, as seguintes *homepages* poderão ser consultadas: Rio Grande do Sul (<https://secweb.procergs.com.br/sdae/consultaPublica/SDA-ConsultaPublica-ProdutoAgrotox-Pesquisar.jsf>), Santa Catarina (<https://sigen.cidasc.sc.gov.br/consultaagrotoxicocadastropublico/consultaagx>) e Paraná (<http://celepar07web.pr.gov.br/agrotoxicos/pesquisar.asp>).

8.4.1.1 Manejo de pragas iniciais

As pragas iniciais, que atacam sementes, raízes, plântulas e plantas nos primeiros estágios de desenvolvimento, já encontram-se presentes no solo, em sua maioria, por ocasião da semeadura, enquanto que outras são provenientes de posturas efetuadas no solo ou em plantas recém-emergidas ou mesmo plantas daninhas ou espontâneas. Por outro lado, os percevejos que atacam o milho e sorgo na fase inicial são oriundos de indivíduos hibernantes (diapausa) ou de áreas com cultivo de soja como cultura antecessora, no caso de cultivos de "safrinha".

Especialmente em milho, implantado após coberturas vegetais dessecadas com herbicidas (majoritariamente gramíneas), a cultura antecessora é determinante quanto às espécies-praga que poderão ocorrer na fase inicial e sua abundância. Para isso, a ocorrência de pragas (especialmente lagartas remanescentes e percevejos) deverão ser amostrados de modo a planejar as ações de controle, incluindo a dessecação antecipada (preferencialmente de 30-40 dias antes da semeadura), a escolha dos produtos a serem utilizados em tratamento de sementes e a necessidade de aplicação de inseticidas na pré-emergência da cultura. Todavia, em caso da necessidade de aplicação de inseticidas em pré-emergência, associadas ou não ao herbicida, produtos registrados para essa modalidade deverão ser adotados.

Para corós-praga, uma alternativa para se minimizar o dano é o retardamento da época de semeadura, de outubro em diante, pois nesse período os insetos não mais se alimentam por estarem, na maioria, iniciando a fase de pupa. Em áreas infestadas por corós, uma decisão deste tipo deve ser precedida pelo monitoramento dos danos nas plantas de inverno e/ou por levantamentos (abertura de trincheiras no solo) nas culturas de primavera-verão, identificando as espécies corretamente e distinguindo-as daquelas espécies saprófitas/coprófitas comumente encontradas em áreas sob sistema plantio direto. O nível de controle de corós em milho é de 0,5 larvas/m².

Em semeadura direta, sob cobertura vegetal de inverno, deve ser feito o monitoramento e a avaliação das espécies-praga potenciais ao milho e sorgo, bem como a quantificação de suas populações. O cultivo dessas culturas sobre azevém, aveia-preta, leguminosas ou nabo-forrageiro dessecados, aumenta o risco da ocorrência da broca-da-coroa, da lagarta-do-trigo, de percevejos e de lesmas, respectivamente. Da mesma forma, semeaduras após gramíneas dessecadas podem favorecer a infestação de tripses, assim como após pastagens, pode aumentar a possibilidade de ocorrência de cigarrinhas, gafanhotos, tripses e cupins. A lagarta-rosca é muito difícil de ser controlada com inseticidas, sendo que a pulverização deve ser dirigida para o colo das plantas a serem protegidas. A eliminação de hospedeiros da lagarta-rosca da área antes da semeadura é uma prática que pode contribuir para o manejo dessa praga.

O controle químico das larvas de solo que atacam milho na fase inicial da cultura oferece melhor resultado quando feito via tratamento de sementes, pela aplicação de granulados no sulco ou mesmo pela pulverização no sulco de semeadura. Geralmente, em razão da maior quantidade de ingrediente ativo que permitem aplicar no alvo, os tratamentos de sulco têm melhor resultado em termos de eficácia e de efeito residual. Além disso, eventos de milho geneticamente modificados que conferem resistência à larva-alfinete pela expressão da proteína inseticida Cry3Bb1 e suas variantes sintéticas (Tabela 8.2) estão disponíveis no mercado brasileiro.

Sugadores na fase de plântulas, como os pulgões, podem ser controlados de forma eficaz com inseticidas sistêmicos aplicados às sementes ou em pulverização após a emergência. Controlar o percevejo barriga-verde nas lavouras de soja, evitando sua migração aos cultivos de milho e a aplicação de inseticidas em pré-emergência, em caso de alta população, são medidas capazes de reduzir a pressão dessa praga na fase inicial de desenvolvimento dos cultivos. O tratamento de sementes com inseticidas sistêmicos e a pulverização de inseticidas em pós-emergência do milho [entre 4 e 7 dias após a emergência ("aplicação no palito")] são medidas efetivas para manejar o complexo de percevejos incidentes na fase inicial da cultura.

Em relação a cigarrinha-do-milho, o período crítico da cultura compreende o estágio da emergência (VE) até 40 dias após (V8), sendo o período de VE-V5 ("período supercrítico") aquele que requer maior atenção na adoção de medidas de manejo, uma vez que compreende o período de migração do inseto para a lavoura e a disseminação primária da doença (primeiras infecções). Salienta-se, no entanto, que, quanto mais cedo as plantas forem infectadas, mais cedo os sintomas dos enfezamentos e da viroses aparecem;

contudo, tais sintomas tornam-se mais perceptíveis no período reprodutivo da cultura, especialmente dos enfezamentos causados por molicutes.

Apenas o controle químico do inseto-vetor na pós-emergência da cultura não tem sido suficiente para a redução dos danos ocasionados pelas doenças transmitidas pela cigarrinha-do-milho. Dessa forma, é necessário adotar outras estratégias de manejo de forma integrada e regionalizada, incluindo: 1) eliminação de plantas voluntárias de milho (guaxas ou tigueras) no período de entressafra; 2) evitar semeaduras fora do zoneamento agroclimático da cultura e cultivos sucessivos ou com milho na mesma área ou em áreas próximas; 3) evitar o escalonamento da semeadura de milho para reduzir a dispersão do inseto entre cultivos; 4) diversificar as variedades e/ou híbridos cultivados porque existem diferenças na tolerância aos patógenos (para mais informações, consultar: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sanidade-animal-e-vegetal/sanidade-vegetal/enfezamentos-do-milho>) transmitidos pela cigarrinha-do-milho; 5) evitar o cultivo de outras espécies de plantas hospedeiras nas proximidades das lavouras de milho que podem servir de abrigo para sobrevivência da praga; 6) utilizar sementes tratadas com inseticidas sistêmicos (neonicotinoides, especialmente) para proteger as plantas nas fases iniciais de desenvolvimento, especialmente até o estágio V3; 7) o manejo em pós-emergência da cultura é imprescindível na constatação da presença da praga no período crítico da cultura (nível de controle = presença do inseto vetor). Assim, recomenda-se, inicialmente, associar o manejo de cigarrinha-do-milho com aplicações direcionadas para o manejo de percevejos e de outras pragas-chave da cultura, considerando o monitoramento constante da presença e da distribuição da cigarrinha-do-milho na lavoura como subsídio para tomada de decisão. Dado o grande número de pulverizações a serem empregadas no manejo de *D. maidis* na fase inicial da cultura, recomenda-se a rotação de inseticidas com diferentes modos de ação (Tabela 8.2), de modo a retardar a evolução de populações resistentes. Além disso, a combinação de inseticidas sintéticos com produtos biológicos à base de fungos entomopatogênicos [*Cordyceps fumosorosea* (Wize) (Hypocreales: Cordycipitaceae) e *Beauveria bassiana* (Balsamo- Crivelli) Vuillemin (Hypocreales: Clavicipitaceae) ou mesmo de misturas comerciais com diferentes agentes biológicos] é uma medida importante para o manejo da resistência e também aumentar a eficácia das pulverizações e incrementar o “período residual”. Todavia, as condições ambientais favoráveis para os fungos incitarem a doença na população (temperatura entre 26 e 27°C, umidade relativa do ar acima de 75% e baixa radiação ultravioleta) deverão ser respeitadas. Além disso, a compatibilidade dos inseticidas sintéticos a serem empregados com os micoinseticidas comercialmente disponíveis deverão ser rigorosamente respeitadas.

8.4.1.2 Manejo de pragas da fase vegetativa e reprodutiva das culturas

O controle químico bem sucedido da lagarta-do-cartucho de milho depende da tecnologia de aplicação, incluindo a utilização de um volume mínimo de calda de 200 litros por hectare e da aplicação no momento certo, ou seja, antes que as lagartas se alojem no cartucho e com base no nível de controle (NC). Assim, sugere-se que o controle seja iniciado quando 10% (NC) das plantas apresentarem os sinais do ataque inicial de lagartas, conhecidos como “raspagens” [lesões de até 1,3 cm de comprimento nas folhas do cartucho (nota 3 na Escala de Davis)]. Quando do controle dessa praga deve ser feito um rodízio de inseticidas com diferentes mecanismos de ação (Tabela 8.2), de modo a retardar o processo de evolução da resistência aos ingredientes ativos disponíveis. Para supressão populacional da lagarta-do-cartucho, lagarta-rosa e lagarta-da-espiga, eventos *Bt* que expressam proteínas inseticidas de diferentes grupos poderão ser utilizados (Tabela 8.3). Entretanto, populações resistentes a tais proteínas têm sido verificadas no Brasil, exigindo a adoção de medidas complementares de manejo.

Dentre os procedimentos para se evitar o ataque do pulgão-do-milho, pode-se citar a escolha de cultivares menos suscetíveis; a não realização de semeaduras em diferentes épocas para que não existam plantas de milho em diferentes estágios em áreas próximas;

o tratamento de sementes utilizando inseticidas sistêmicos com o objetivo de evitar a infestação precoce nas lavouras de milho, quando as plantas estão na fase mais suscetível e o monitoramento do inseto, observando em detalhe plantas ao acaso na região do cartucho. O monitoramento da população de pulgões deve ser realizado na fase vegetativa da cultura, examinando-se 100 plantas, em grupos de 20, formados aleatoriamente, repetindo-se esta operação para cada 10 hectares. O nível de infestação para cada planta é classificado da seguinte forma: 0 - sem pulgões; 1 - de 1 a 100 pulgões por planta; 2 - mais de 100 pulgões por planta. O tratamento é justificado quando 50% das plantas amostradas estiverem na classe 2, as plantas estiverem sob estresse hídrico e a população de pulgões estiver crescendo. O uso de inseticidas de amplo espectro de ação pode facilitar a ressurgência de populações. Na fase de pendramento, quando o dano já foi causado, o controle não resultará em benefício econômico.

8.4.2 Pragas de grãos armazenados

Os melhores resultados no controle das pragas de grãos armazenados são obtidos quando é adotado o Manejo Integrado de Pragas de Grãos Armazenados (MIP Grãos), que compreende a adoção de várias medidas de forma integrada, tais como:

a) Medidas preventivas

- Armazenamento de milho e de sorgo com nível de umidade máximo de 13%;
- Higienização e limpeza de silos, depósitos e equipamentos;
- Eliminação de focos de infestação mediante a retirada, queima ou expurgo dos resíduos do armazenamento anterior;
- Pulverização das instalações que receberão os grãos, usando-se produtos e doses registradas para tal finalidade;
- Evitar a mistura de lotes de grãos não infestados com outros já infestados, dentro do silo ou armazém.

b) Tratamento curativo

Sempre que houver a presença das pragas nos grãos, deve-se fazer o expurgo, usando produtos à base de fosfina. Esse processo deve ser feito em armazéns, em silos de concreto, em câmaras de expurgo, em porões de navios ou em vagões, sempre com vedação total, observando-se o período mínimo de exposição de 7 dias para controle de todas as fases das pragas e a dose indicada do produto.

c) Tratamento protetor de grãos

O tratamento com inseticidas protetores de grãos deve ser realizado no momento de abastecer o armazém e pode ser feito na forma de pulverização na correia transportadora ou em outros pontos de movimentação de grãos, com emprego dos inseticidas químicos líquidos, ou pelo polvilhamento com o inseticida natural à base de terra de diatomácea em formulação do tipo pó seco. Esse último é um inseticida proveniente de algas diatomáceas fossilizadas, que é extraído e moído em um pó de baixa granulometria e alta área superficial específica. Age no inseto por contato, causando a morte por dessecação, não sendo tóxico e não alterando as características alimentares dos grãos.

É importante que haja uma perfeita mistura do inseticida com a massa de grãos. Também pode ser usado a pulverização ou polvilhamento para proteção de grãos armazenados em sacaria, na dose registrada. No caso de inseticidas químicos, para proteção de grãos em relação aos gorgulhos, recomenda-se o uso de inseticidas organofosforados (pirimifós-metilico), uma vez que estes inseticidas são específicos para essas espécies.

d) Monitoramento da massa de grãos

Uma vez armazenado, o milho ou sorgo deverão ser monitorados durante todo o período em que permanecer estocado. O acompanhamento de pragas que ocorrem na massa de grãos armazenados é de fundamental importância, pois permite detectar o início da infestação que poderá alterar a qualidade final do grão. Esse monitoramento tem por base um sistema eficiente de amostragem de pragas, independentemente do método empregado, e a medição das variáveis temperatura e umidade do grão, as quais influenciam a conservação de grão armazenado.

Da mesma forma que para as pragas incidentes nas lavouras, recomenda-se praticar o rodízio de inseticidas com distintos mecanismos de ação também para o manejo de pragas de grãos armazenados, de modo a evitar ou retardar o surgimento de populações resistentes aos inseticidas disponíveis.

8.5 Área de refúgio para semeadura de cultivares transgênicas

O objetivo do refúgio é preservar a eficácia e, consequentemente, os benefícios da tecnologia do milho *Bt*, mantendo uma população de pragas-alvo sensível às proteínas inseticidas expressas nos distintos eventos. O refúgio estruturado pode, portanto, ser definido como sendo uma área ou talhão na qual a praga-alvo tenha condições de sobrevivência e reprodução e não seja exposta à pressão de seleção expressa pela planta *Bt* e, desse modo, possibilite a produção de indivíduos suscetíveis e favoreça o acasalamento ao acaso com indivíduos provenientes de áreas com plantas *Bt*. Assim, indivíduos da população de praga presentes no refúgio poderão acasalar com qualquer indivíduo resistente que possa ter sobrevivido na lavoura de milho *Bt* e, consequentemente, gerar híbridos que serão controlados pelos níveis de proteínas expressos no eventos disponíveis (eventos de alta dose).

8.5.1 Recomendações para a semeadura e manejo da área de refúgio estruturado

O tamanho do refúgio estruturado deve ser representado por uma porcentagem da área total de milho semeada em uma propriedade rural, de acordo com o recomendado pela empresa registrante (Figura 8.1). Para eventos com uma proteína inseticida, a recomendação é de 10% da área, enquanto que para eventos piramidados (mais de uma proteína com ação em receptores distintos no mesêntero do inseto) a proporção de área deverá ser de 5%.

Recomenda-se que a área de refúgio seja semeada com um híbrido de ciclo vegetativo similar, o mais próximo possível e ao mesmo tempo em que o milho *Bt*. O refúgio deve ser formado por um bloco de milho não-*Bt* que se encontre a menos de 800 metros do milho *Bt*. O refúgio deve ser semeado na mesma propriedade do cultivo do milho *Bt* e manejado pelo mesmo agricultor. Não é recomendada a mistura de sementes de milho não-*Bt* com o milho *Bt* ("refúgio no saco") em virtude da mobilidade das principais espécies-praga alvo da tecnologia

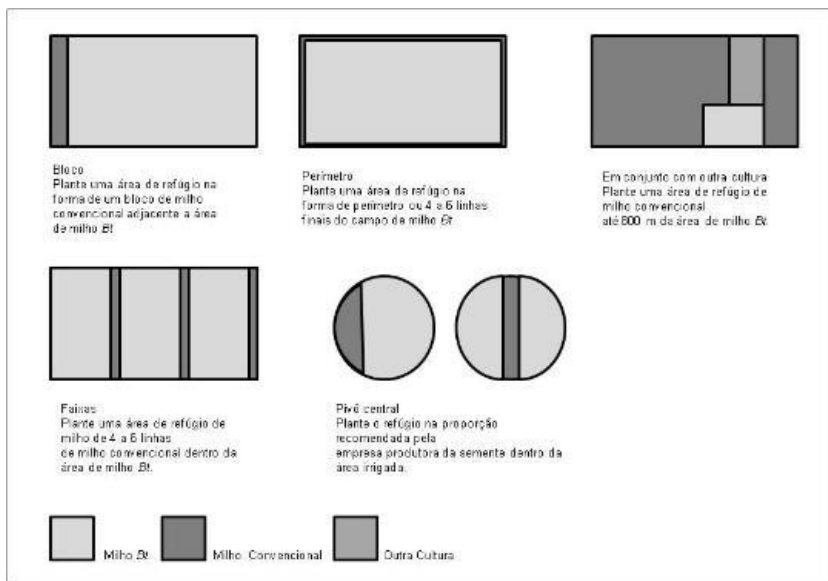


Figura 8.1. Opções de configuração de área de refúgio para o cultivo de cultivares de milho geneticamente modificados que conferem resistência a insetos (eventos *Bt*).

Fonte: Plante refúgio. Disponível em: www.planterefugio.com.br

Nas áreas de refúgio, as recomendações preconizadas pelo Comitê Brasileiro de Ação à Resistência a Inseticidas (IRAC-BR) devem ser seguidas em relação ao manejo da cultura, especialmente para o manejo de lagarta-do-cartucho. Para isso, não deverão ser realizadas mais de 2 aplicações de inseticidas durante o ciclo da cultura, sendo essas posicionadas até o estágio V6 (6 folhas expandidas). Tal medida visa garantir a sobrevivência de indivíduos suscetíveis e a efetividade da estratégia.

8.5.2 Norma de coexistência

Para cultivo comercial no Brasil de milho *Bt*, em conformidade com a Resolução Normativa 4 e com o Parecer Técnico No 1.100/07, da Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio), é mandatório que o produtor siga as normas de coexistência. Para isso, a Resolução Normativa No 4 da CTNBio estabelece que o Agricultor deve manter as lavouras comerciais de milho geneticamente modificado a uma distância mínima de 100 metros das lavouras de milho convencional (não geneticamente modificado) localizadas em áreas vizinhas ou, alternativamente, de 20 metros, desde que acrescida de bordadura com, no mínimo, 10 fileiras de plantas de milho convencional (não geneticamente modificado) de estatura de planta e ciclo vegetativo similares aos do milho geneticamente modificado.

Tabela 8.2. Mecanismo de ação dos produtos utilizados no controle de pragas de milho e sorgo.

Grupo químico ou sítio de ação primário*	Sub-grupo químico*	Ingrediente ativo
1 - Inibidores de acetilcolinesterase	Carbamatos	Carbofurano, carbosulfano, metomil, tiodicarbe
	Organofosforados	Acefato, clorpirifós, parationa-metílica, piridafentiona, pirimifós-metílico, profenofós, terbufós
2 - Bloqueadores de canais de cloro mediados pelo GABA	Fenilpirazois (fiproles)	Ethiprole, Fipronil
3 - Moduladores de canais de sódio	Piretroides e piretrinas	Alfa-cipermetrina, beta-ciflutrina, beta-cipermetrina, bifentrina, cipermetrina, deltametrina, esfenvalerato, fenpropatrina, gama-cialotrina, lambda-cialotrina, permetrina, zeta-cipermetrina
4 - Moduladores competitivos de receptores nicotínicos da acetilcolina	Neonicotinoides	Acetamiprido, clotianidina, imidacloprido, tiametoxam, sulfoxaflor, dinotefuran
5 – Moduladores alostéricos de receptores nicotínicos da acetilcolina	Espinosinas	Espinosade, Espinetoram
6 – Moduladores alostéricos de canais de cloro mediados pelo glutamato	Avermectinas, milbemicinas	Abamectina, milbemicinas e benzoato de emamectina
11 – Disruptores microbianos da membrana do mesêntero	<i>Bacillus thuringiensis</i> , <i>B. sphaericus</i> e proteínas inseticidas produzidas	<i>Bacillus thuringiensis</i> subsp. <i>israelensis</i> ; <i>B. thuringiensis</i> subsp. <i>aizawai</i> ; <i>B. thuringiensis</i> subsp. <i>kurstaki</i> ; <i>B. thuringiensis</i> subsp. <i>tenebrionis</i> ; <i>B. sphaericus</i> Proteínas Bt: Cry1Ab, Cry1Ac, Cry1Fa, Cry2Ab, mCry3A, Cry3Ab, Cry3Bb, Cry34/35Ab1, VIP3A
13 – Desacopladores da fosforilação oxidativa via disrupção do gradiente de próton	Chlorfenapyr	Chlorfenapyr
15 – Inibidores da biossíntese de	Benzoiluréias	Clorfluazurom, diflubenzurom, lufenurom, novalurom, teflubenzurom, triflumurom

quitina, tipo 0, Lepidoptera			
18 – Agonistas de receptores de ecdisteróis	Diacilhidrazinas	Cromafenozida, tebufenozida	metoxifenozida,
22 – Bloqueadores de canais de sódio dependentes da voltagem	Oxadiazinas	Indoxacarb	
24 – Inibidores do complexo IV da cadeia de transporte elétrons na mitocôndria	Semicarbazonas	Metaflumizone	
28 – Moduladores de receptores de rianodina	Fosfina	Fosfeto de magnésio, fosfeto de alumínio	
30 – Moduladores alostéricos de canais de cloro mediados pelo GABA	Diamidas	Fubendiamida, ciantraniliprole	clorantraniliprole,
31 - Disruptores virais da membrana peritrófica do intestino médio	Isoxazolines	Isocicloseram	
Outros – Inseticidas microbianos à base de fungos entomopatogênicos	Nucleopolyhedroviruses (VPVs)		
	Granuloviruses (GVs)		
	--	<i>Beauveria bassiana</i> , <i>fumosorosea</i>	<i>Cordyceps</i>

*Classificação do Comitê Brasileiro de Ação à Resistência a Inseticidas (IRAC-BR).

Tabela 8.3. Eventos de milho geneticamente modificados aprovados para comercialização no Brasil que expressam proteínas inseticidas de *Bacillus thuringiensis* (eventos Bt) e conferem resistência a insetos-praga (Fonte: CTNBio, atualizado em 18/08/2025).

Marca comercial	Evento	Proteína Bt inserida	Insetos-praga alvo
Yield Gard	MON810	Cry1Ab	Lagartas (Lepidoptera)
TL	Bt11	Cry1Ab	Lagartas (Lepidoptera)
Herculex	TC1507	Cry1F	Lagartas (Lepidoptera)
YGRR2	NK603 & MON810	Cry1Ab	Lagartas (Lepidoptera)

TL/TG	Bt11 & GA21	Cry1Ab	Lagartas (Lepidoptera)
Viptera-MIR162	MIR162	VIP3Aa20	Lagartas (Lepidoptera)
HR Herculex/RR2	TC1507 & NK603	Cry1F	Lagartas (Lepidoptera)
Pro	MON89034	Cry1A.105, Cry2Ab2	Lagartas (Lepidoptera)
TL TG Viptera	Bt11 & MIR162 & GA21	Cry1Ab, VIP3Aa20	Lagartas (Lepidoptera)
PRO2	MON89034 & NK603	Cry1A.105, Cry2Ab2	Lagartas (Lepidoptera)
Yield Gard VT	MON88017	Cry3Bb1	Larva-alfinete (Coleoptera)
Power PW/Dow	Core MON89034 x TC1507 x NK603	Cry1A.105, Cry2Ab2, Cry1F	Lagartas (Lepidoptera)
Optimum Intrasect	MON810 x TC1507 x NK603	cry1Ab, Cry1F	Lagartas (Lepidoptera)
TC1507xMON810	TC1507 x MON810	Cry1F, Cry1Ab	Lagartas (Lepidoptera)
MON89034 x MON88017	MON89034 x MON88017	Cry1A.105, Cry2Ab2, Cry3Bb1	Lagartas (Lepidoptera); Larva-alfinete (Coleoptera)
Herculex XTRA™ maize	MON89034 x MON88017	Cry1F, cry34Ab1, cry35Ab1	Lagartas (Lepidoptera); Larva-alfinete (Coleoptera)
Viptera4	Bt11xMIR162xMIR604xGA21	Cry1Ab, VIP3Aa20, mcry3A	Lagartas (Lepidoptera); Larva-alfinete (Coleoptera)
MIR 604	MIR604	mcry3A	Larva-alfinete (Coleoptera)
Leptra	TC1507 x MON810 x MIR162 x NK603	cry1F, cry1Ab, VIP3Aa20	Lagartas (Lepidoptera)
***	TC1507 x MIR162 x NK603	cry1F, VIP3Aa20	Lagartas (Lepidoptera)
***	TC1507 x MIR162	cry1F, VIP3Aa20	Lagartas (Lepidoptera)
***	MIR162xNK603	VIP3Aa20	Lagartas (Lepidoptera)
***	MON810 x MIR162	Cry1Ab, VIP3Aa20	Lagartas (Lepidoptera)
***	TC1507 x MON810 x MIR162 subcombinações aprovadas e já referidas anteriormente	Cry1F, VIP3Aa20, cry1Ab	Lagartas (Lepidoptera)
Agrisure Duracade 5222	Bt11 x MIR162 x MIR604 x TC1507 x 5307 x GA21	eCry3.1Ab, cry1Ab, Vip3Aa20, cry3A, cry1F	Lagartas (Lepidoptera);

			Larva-alfinete (Coleoptera)
Agrisure Duracade	5307	eCry3.1Ab (Cry3A + Cry1Ab)	Lagartas (Lepidoptera; Larva-alfinete (Coleoptera))
VIP2	Bt11 x MIR162	cry1Ab, Vip3Aa20	Lagartas (Lepidoptera)
PowerCore Enlist	MON89034 x TC1507 x NK603 x DAS40278-9	Cry1A.105, Cry2Ab2, Cry1F	Lagartas (Lepidoptera)
SmartStax™	MON89034 x MON88017 x TC1507 x DAS-59122-7	cry2Ab2, cry1A.105, cry3Bb1, cry1F, cry34Ab1, cry35Ab1	Lagartas (Lepidoptera; Larva-alfinete (Coleoptera))
MON 87411-9	MON 97411	Cry3Bb1	Larva-alfinete (Coleoptera)
VIP4TG	Bt11xMIR162 x MON89034 x GA21	Cry1Ab, VIP3Aa20, Cry1A.105, Cry2Ab2	Lagartas (Lepidoptera)
VIP4	Bt11 x MIR162 x MON89034	Cry1Ab, VIP3Aa20, Cry1A.105, Cry2Ab2	Lagartas (Lepidoptera)
MIR162 x MON89034	MIR162 x MON89034	VIP3Aa20, Cry1A.105, Cry2Ab2	Lagartas (Lepidoptera)
PowerCore Ultra	MON89034 x TC1507 x NK603 x MIR162	cry1A105, cry2Ab2, cry1F, VIP3Aa20	Lagartas (Lepidoptera)
PowerCore Ultra Enlist	MON 89034 x TC1507 x MIR162 x NK603 x DAS-40278-9	cry1A105, cry2Ab2, cry1F, VIP3Aa20	Lagartas (Lepidoptera)
MZIR098 (sem comercial) nome	Evento MZIR098 (aprovado somente para consumo humano/animal)	mCry3A/eCry3.1 Ab	Lagartas (Lepidoptera; Larva-alfinete (Coleoptera))
***	MON-87427-7 x MON-89034-3 x DAS-01507-1 x MON 87411-9 x DAS-59122-7 x DAS-40278-9	cry2Ab2, cry1A.105, cry1F, cry34Ab1, cry35Ab1, cry3Bb1	Lagartas (Lepidoptera; Larva-alfinete (Coleoptera))
***	MON 87427 x MON 89034 x MIR162 x NK603 (e subcombinações)	Cry1A.105, Cry2Ab2, Vip3Aa	Lagartas (Lepidoptera)
***	MON 89034-3 x DAS-01507-x SYN-IR162-4 x MON-00630-6 x DAS40278-9 (e subcombinações)	Cry1A.105 e Cry2Ab2 ; Cry1F; PAT; VIP3Aa20; CP4 EPSPS; AAD-1	Lagartas (Lepidoptera)

MON 95379	MON 95379	Cry1Da_7 ; Cry1B.868; Cry1Bε; Cry1Ca; Cry1Ab	Lagartas (Lepidoptera)
***	DP4114-3	cry1F; cry34Ab1 e cry35Ab1; pat	Lagartas (Lepidoptera; Larva- alfinete (Coleoptera)
***	3272 x Bt11 x MIR162 x GA21	cry1Ab, pat, mcry3A, mepsps, amy797E	Lagartas (Lepidoptera)
BTMAX	EH913	Cry1Ac	Lagartas (Lepidoptera)
***	MON 87427 x MON 95379 x MON 87411	Cry1Da_7, Cry1B.868, Cry3Bb1 e CP4 EPSPS	Lagartas (Lepidoptera; Larva- alfinete (Coleoptera)
MON 95275	MON 95275	dvSnf7 dsRNA	Larva-alfinete (Coleoptera)

*** aguardando designação.

9. ROTAÇÃO E SUCESSÃO DE CULTURAS

Revisores técnicos: Paulo Regis Ferreira da Silva
Marcos Caraffa
Cléia dos Santos Moraes
Giovani Theisen

A complexidade dos processos e manejos gerados e demandados em um sistema de exploração agrícola exige de quem nele opera visão sistêmica sobre as interações de um agroecossistema, sendo que, conforme Garcia Filho (1999), nele ocorre interação entre subsistemas que compõem o sistema maior.

No âmbito de uma unidade de produção agropecuária, o sistema de produção agrícola pode ser definido como a combinação, no espaço e no tempo, dos recursos disponíveis e das próprias produções vegetais e animais (Dufumier, 2010), sendo estes compostos por alguns subsistemas também passíveis de análise enquanto interativos internamente e com os demais elementos do sistema.

Conforme o exposto, pode-se considerar subsistema de um sistema de produção o subsistema social, composto pelas pessoas envolvidas na produção agropecuária, família, gestores e trabalhadores rurais (Garcia Filho, 1999), o subsistema de cultivo, representado pelo conjunto de espécies cultivadas em diferentes glebas ou grupos de glebas com homogênea forma de trabalho (conforme os itinerários técnicos e sucessão ou rotação cultural), o subsistema de criação, representado pelas espécies animais manejadas na unidade de produção agropecuária em rebanhos ou em parte deles, e, por fim, o sistema de transformação, abrangendo desde o beneficiamento até o processamento de matérias primas produzidas na unidade de produção agropecuária (Dufumier, 2010).

Assim sendo, qualquer análise de um sistema de cultivo requer profunda compreensão das diferentes combinações, entre os componentes do sistema, desencadeadas nas glebas, a fim de que se compreenda as diferentes interações ocorrentes no espaço-tempo, as quais precisam ser geridas pelos agricultores.

O sistema de cultivo compreende também o complexo de técnicas adotadas para manejo de cada cultura nas suas interações com outras culturas (rotação e sucessão cultural), com resíduos culturais e com preparo de solo. É considerado o componente mais complexo na determinação do rendimento de grãos, sendo seus efeitos visíveis somente algum tempo após a adoção do sistema escolhido. Além disso, é o principal determinante para obtenção de elevado rendimento de grãos e não deve ser alterado de ano para ano, pois tem efeito cumulativo nos benefícios às culturas.

Enquanto a sucessão de culturas compreende, no subsistema de cultivo, a sequência de espécies cultivadas dentro de um mesmo ano agrícola, a rotação de cultura refere-se à intercalação de espécies vegetais quando comparados os cultivos de dois iguais períodos (ex: verão-verão) em pelo menos dois anos agrícolas.

A rotação de culturas, pela diversificação de cultivos por ela gerada, tende, como amplamente difundido, a desencadear melhorias nas qualidades físicas, químicas e biológicas dos solos, permitir melhor manejo integrado de insetos-praga, doenças e plantas concorrentes, possibilitar diversificação de fonte de renda às unidades de produção agropecuárias além de maximizar a utilização de mão-de-obra, máquinas e equipamentos agrícolas, o que remete à demanda de ser praticada de maneira inalienável ao sistema de semeadura direta.

O sistema inicialmente adotado no estado do Rio Grande do Sul (RS) foi aquele em que o milho era cultivado em consórcio com outras culturas (mandioca, soja e feijão, principalmente), com preparo de solo à tração animal e com época de semeadura diferenciada para cada cultura. O mais elevado rendimento de grãos não ultrapassava 3,00 t ha⁻¹.

Com a introdução da mecanização na agricultura, os sistemas consorciados, especialmente utilizados em pequenas áreas de cultivo, deixaram de ser usados, mas o

preparo do solo continuou sendo do tipo convencional (aração mais gradagens), com incorporação de resíduos culturais e controle mecanizado de plantas daninhas. As lavouras produziam, no máximo, 6,00 t ha⁻¹, devido à falta de rotação e sucessão de culturas e ao inadequado manejo da cultura. Este rendimento era conseguido com maior uso de adubos químicos e com cultivares mais produtivas. O sistema propiciava adequado controle de fungos necrotróficos, mas a limitação dos fatores edáficos tornava ineficiente a adoção de outras técnicas, como alta densidade de plantas, pela baixa capacidade de resposta do sistema empregado.

O atual sistema de cultivo, iniciado ao final da década de 70, mas plenamente adotado no início da década de 90, está baseado na semeadura direta na palha, sem revolvimento de solo e na adoção de sistemas de rotação e de sucessão cultural adequados. Houve redução drástica de perdas de solo, água e nutrientes, como resultado da diminuição da erosão, além da progressiva melhoria das condições físicas, químicas e biológicas do solo. Com isto, foi possível adotar de forma mais efetiva outras técnicas de cultivo que resultaram em aumento do rendimento de grãos, como, por exemplo, o uso de cultivares com maior potencial de rendimento, maiores níveis de aplicação de fertilizantes e uso de densidade de plantas mais elevada e de reduzido espaçamento entre as linhas de cultivo.entrelinhas.

A rotação e a sucessão cultural são pontos fundamentais no sistema de produção de milho em semeadura direta na palha. A adoção de um adequado sistema, conjugando equilibradamente culturas em rotação e sucessão, contribuiu para a elevação do rendimento de grãos que, pela primeira vez, ultrapassou 10,00 t ha⁻¹, em lavouras de diferentes regiões produtoras do estado do RS.

Os efeitos de uma cultura sobre a outra não eram visualizados de forma clara quando havia revolvimento de solo. Já no sistema semeadura direta, há forte reflexo de uma cultura sobre a outra. Os benefícios decorrentes da adoção de sistemas de rotação e sucessão de culturas são devidos à contribuição das culturas anteriores na estruturação e na fertilidade de solo, na ciclagem de nutrientes da resteva e do solo, na rapidez com que a resteva se degrada e aos seus efeitos no desenvolvimento da planta de milho cultivado em rotação/sucessão, de forma ainda não bem esclarecida.

A produção de grãos no atual sistema de cultivo é muito dinâmica e intensiva, pois implica no cultivo de duas espécies por ano (outono-inverno e primavera-verão). A adequação de ciclo de culturas e de cultivares é fundamental para atender à sua melhor época de semeadura. O uso de sistemas de rotação e sucessão de culturas, além da proteção do solo com palhada para controle da erosão, é importante para manter relativo controle da população de microorganismos, especialmente os necrotróficos, que também podem atacar a planta de milho e outras espécies usadas no sistema.

Atualmente, os sistemas predominantes em terras altas incluem as culturas de soja, principalmente, e milho no verão, e de aveia preta como cobertura de solo e/ou para pastejo, predominantemente, e de cereais e oleaginosas de estação fria no outono-inverno. A sequência, a periodicidade de uso e a adequação dessas culturas variam de produtor a produtor e entre as regiões produtoras.

Para sustentabilidade do sistema semeadura direta é fundamental sua associação a um sistema de rotação e de sucessão de culturas diversificado, que produza adequada quantidade de palha na superfície do solo. Sua utilização objetiva não apenas a mudança de espécies, mas sim a escolha de uma sequência apropriada de culturas e de práticas culturais, em que sejam atendidas suas necessidades e características nos aspectos edafoclimáticos e controle de plantas daninhas, pragas e doenças. Dentre as vantagens da utilização de sistemas apropriados de rotação e sucessão de culturas destacam-se a estabilidade de rendimento de grãos, pela quebra do ciclo de pragas e doenças e pela diminuição da infestação de plantas daninhas, a alternância no padrão de extração e ciclagem de nutrientes, com uso de espécies com diferentes sistemas radiculares, e a manutenção ou melhoria das características de solo. Considera-se que a condição ideal é aquela em que o solo tenha sempre uma espécie de planta se desenvolvendo,

determinando elevados fluxos de carbono e energia no sistema solo-planta-atmosfera, o que é benéfico à qualidade física, química e biológica do solo.

Há várias espécies de cobertura de solo no outono-inverno com potencial para participar de sistemas de sucessão com a cultura de milho no sistema semeadura direta. Dentre os atributos sugeridos para as espécies de cobertura de solo no inverno destacam-se: alto rendimento de massa seca, alta taxa de crescimento, tolerância à temperatura baixa, não se transformar em planta daninha, ser de fácil manejo, ter sistema radicular vigoroso e profundo, apresentar elevada capacidade de ciclar nutrientes e produzir sementes com facilidade.

9.1 Vantagens e limitações de uso de espécies de cobertura de solo em cultivos isolados como culturas antecessoras ao milho

Para benefício do sistema plantio direto, as espécies de cobertura de solo no outono-inverno devem proteger o solo e melhorar suas características físicas, químicas e biológicas para a cultura subsequente. Além disto, devem incrementar o suprimento de nitrogênio (N) e o rendimento de grãos. A aveia preta é a espécie mais cultivada como cobertura de outono-inverno no Sul do Brasil, antecedendo as culturas de milho e soja, em sistema semeadura direta. Geralmente, a quantidade indicada de semeadura é de 100 kg ha⁻¹ de sementes. Entre as causas determinantes do uso da aveia preta destacam-se: alto rendimento de massa seca, facilidade de aquisição de sementes e de implantação, rusticidade, rapidez de formação de cobertura e ciclo adequado. Dentre os benefícios da aveia preta para o sistema semeadura direta, podem ser citados: melhoria das características físicas, químicas e biológicas do solo e eficiente proteção do solo proporcionada por seus resíduos culturais. Além da aveia preta, também têm sido utilizadas aveias brancas e amarelas em antecedência ao cultivo do milho, sobretudo de materiais genéticos com aptidão à cobertura do solo. Cabe salientar que a aveia preta apresenta vantagem em relação às demais, sobretudo pela sua rusticidade, principalmente em termos de maior tolerância às doenças foliares e radiculares.

No entanto, em milho cultivado em sucessão às aveias, geralmente ocorre redução na absorção de N e no rendimento de grãos, devida à alta relação carbono:nitrogênio (C/N) de seus resíduos, especialmente se a época de dessecação da aveia for próxima da semeadura do milho. A adição de quantidades elevadas de resíduos com alta relação C/N faz com que os organismos quimiorganotróficos que atuam na decomposição da matéria orgânica, se multipliquem gradativamente, produzindo CO₂ em grande quantidade. Como consequência, o nitrato e o amônio presentes no solo ficam imobilizados. Além disto, a velocidade de liberação de N de resíduos de aveias é lenta. Apenas 38% do N contido na planta de aveia é disponibilizado nas primeiras quatro semanas após seu manejo. Isto promove assincronia entre a disponibilidade desse nutriente no solo e as necessidades para o desenvolvimento inicial da planta de milho. Para reduzir os efeitos prejudiciais da palha de aveia no desenvolvimento do milho cultivado em sucessão existem algumas estratégias de manejo que serão discutidas posteriormente.

As espécies de cobertura de solo no outono-inverno da família das fabáceas têm capacidade de fixar N atmosférico pela simbiose com bactérias específicas. Isto eleva a disponibilidade desse nutriente no solo, tornando as plantas de espécies dessa família adequadas para anteceder a cultura do milho. Estimativas indicam que 46 kg de N são acumulados por tonelada de massa seca de parte aérea de ervilhaca comum (*Vicia sativa*) e que a contribuição média de N dessa espécie é de 120 kg ha⁻¹, variando de 50 a 200 kg ha⁻¹. No entanto, devido à baixa relação C/N, a velocidade de liberação de N de resíduos de leguminosas é muito rápida, quando comparada a espécies da família das poáceas. Isto se deve ao fato de que 60% do N da fitomassa da ervilhaca é liberado durante os primeiros 30 dias após seu manejo. Em decorrência disto, recomenda-se que a semeadura de milho ocorra num período de tempo não superior a uma semana após o manejo dessa espécie.

Outra vantagem do uso de espécies fabáceas como cobertura de solo é a liberação mais lenta do N em relação aos adubos nitrogenados químicos, representando menor risco de poluição ao ambiente. A quantidade de sementes indicada para cultivo da ervilhaca comum é de 90 kg ha⁻¹, aproximadamente. Outra espécie dessa família, interessante para uso em antecedência ao milho, é a ervilha forrageira (*Pisum sativum* ssp. *arvense*), a qual, embora apresentando as mesmas vantagens e os mesmos defeitos gerados com o cultivo da ervilhaca nessa situação, permite custo inferior na operação de manejo antecedendo a semeadura do milho em virtude a maior suscetibilidade à ação de herbicidas dessecantes.



Figura 9.1. Milho semeado em sucessão à ervilha BRS Forrageira logo após a operação de manejo, na Escola-Fazenda SETREM, Independência-RS, safra 2003/2004.

Apesar dessas vantagens, a intensidade de uso de fabáceas como espécies antecessoras a milho no estado do RS é pequena, por apresentarem maior custo de implantação em relação às poáceas, por terem menor rendimento de massa seca, lento desenvolvimento inicial e, principalmente, pela rápida decomposição de seus resíduos. Além do lento crescimento inicial, o máximo acúmulo de massa seca nas condições do Sul do Brasil ocorre entre final de setembro e início de outubro. A semeadura de milho nessa época, especialmente em regiões produtoras em que ocorre deficiência hídrica durante o período mais crítico (duas semanas antes a duas semanas após pendoamento) é de alto risco. A rápida decomposição de seus resíduos faz com que o solo fique desprotegido logo no início do desenvolvimento das plantas de milho, especialmente na fase inicial de implantação do sistema semeadura direta. Outra consequência dessa rápida decomposição é a menor eficiência de controle cultural de plantas daninhas quando se utiliza esse tipo de cobertura. Portanto, o desenvolvimento de práticas culturais que possibilitem maior tempo de permanência de resíduos de fabáceas na superfície do solo, é importante para viabilizar seu uso como cobertura de solo no outono-inverno. O atraso da época de dessecção para logo após a semeadura do milho é uma alternativa promissora.

Existem ainda outras opções para cobertura de solo, como as espécies da família das brassicáceas, especialmente o nabo forrageiro (*Raphanus sativus*). Estas espécies não possuem a capacidade de fixar N como as fabáceas, mas apresentam elevada capacidade de reciclar nutrientes de camadas mais profundas do solo. Outras vantagens de sua utilização são o desenvolvimento inicial muito rápido, alto rendimento de massa seca e ciclo curto, o que viabiliza a semeadura precoce de milho em sucessão (agosto a meados de

setembro) nas regiões mais quentes do estado do RS. A possibilidade de semeadura precoce de milho é importante em regiões ecoclimáticas em que há grande probabilidade de ocorrência de deficiência hídrica em dezembro e janeiro, coincidindo com o período mais crítico da cultura. Altos rendimentos de massa seca da parte aérea de nabo (variando de 4,70 a 5,40 t ha⁻¹) têm sido obtidos na região ecolimática da Depressão Central do estado do Rio Grande do Sul, em pesquisas de campo com uso dessa espécie como cultura antecessora ao milho. No entanto, assim como ocorre com as fabáceas, uma de suas limitações é a baixa relação C/N de seus resíduos, determinando rápida taxa de decomposição da palha. Além disto, se mal manejado, o nabo pode se transformar em planta daninha importante para as culturas em sequência. Deve-se utilizar espaçamento entrelinhas de semeadura de 34 cm e ao redor de 20 a 30 kg ha⁻¹ de sementes de nabo em seu cultivo para cobertura de solo antecedendo a cultura do milho para que, além de gerar rápida cobertura, propicie alta densidade de raízes finas e profundas, o que auxilia na estruturação do solo (dificultando sua compactação) e capacidade de infiltração de água no mesmo.

Além dos aspectos já relatados sobre o uso de espécies de cobertura de solo no outono-inverno, recentemente elas também têm recebido atenção especial em função da possível lixiviação de compostos orgânicos hidrossolúveis de seus resíduos e de extratos aquosos de aveia preta e nabo forrageiro, que podem reduzir a acidez da camada superficial do solo e melhorar o ambiente para desenvolvimento inicial das plantas da cultura em sucessão.

Mesmo com todos os benefícios advindos da utilização de espécies de cobertura de solo no outono-inverno, seja em cultivo solteiro ou consorciado, seu uso representa um investimento cujo retorno econômico ocorre apenas nas culturas subsequentes de milho ou de soja no verão. Assim, também é importante a busca de sistemas de produção que envolvam espécies de inverno de duplo propósito, que produzam palha para o sistema plantio direto e também grãos e/ou sementes para gerar renda. Desta forma, estará se agregando valor às culturas de outono-inverno e, conseqüentemente, aumentando a rentabilidade da atividade, com retorno mais rápido do investimento realizado. Dentre os sistemas envolvendo culturas de outono-inverno com duplo propósito passíveis de utilização, destacam-se o cultivo de aveia branca, cevada, trigo e triticale para produção de forragens e grãos. Porém, a adoção desse sistema de sucessão resulta em desvantagem pelo deslocamento da época de semeadura de milho para final de outubro ou início de novembro. Em regiões com deficiência hídrica, sem disponibilidade de irrigação, essa época de semeadura poderá limitar muito o rendimento de grãos de milho. Além disto, alguns destes sistemas de produção envolvem a sucessão de duas espécies da mesma família das poáceas que apresenta algumas desvantagens do ponto de vista agrônomo.



Figura 9.2. Milho semeado em sucessão à poácea manejada por dessecação, na Escola-Fazenda SETREM, Independência-RS, safra 2004/2005. Fonte: Marcos Caraffa (2004).

9.2 Sistemas consorciados de espécies de cobertura de solo no outono-inverno antecedendo o cultivo de milho

Cada espécie cultivada como cobertura de solo no outono-inverno apresenta vantagens e desvantagens para a cultura de milho em sucessão e para o sistema de semeadura direta quando cultivada isoladamente, tornando difícil a indicação de uma única espécie que reúna somente aspectos desejáveis. O uso de sistemas consorciados de culturas pode propiciar formação de coberturas de solo mais próximas do ideal, podendo resultar em aumento do rendimento de grãos de milho cultivado em sucessão e em benefícios ao sistema semeadura direta. Os sistemas consorciados podem propiciar eficiente cobertura vegetal no solo e maior ciclagem de nutrientes, principalmente de N, no caso de espécies leguminosas e brassicáceas.

O uso de consórcio entre espécies poáceas (aveia preta, branca ou amarela) e fabáceas (ervilhaca comum) diminui a necessidade de adubação nitrogenada em milho em sucessão e não reduz o rendimento de massa seca da cobertura de solo em relação ao cultivo isolado de aveia. As vantagens da ervilhaca comum como cobertura de solo para fornecer N não se manifestam com a aplicação de elevadas doses de N na cultura de milho cultivado em sucessão ao consórcio aveia preta, aveia branca ou aveia amarela e ervilhaca. Com relação à proporção de sementes das espécies, trabalhos de pesquisa têm evidenciado que, à medida que aumenta a proporção de sementes de ervilhaca no consórcio com aveia preta, aumenta a quantidade de N acumulada na planta e o rendimento de grãos de milho, especialmente quando este é cultivado sob baixas doses de N. A grande limitação do uso deste sistema de consórcio é que o rendimento de massa seca da ervilhaca é potencializado nas regiões mais quentes do Rio Grande do Sul somente em setembro a meados de outubro, o que inviabiliza a semeadura precoce (agosto) de milho em sucessão, que é vantajosa em determinadas regiões do Estado. A quantidade de sementes indicada para o consórcio aveia preta, branca ou amarela e ervilhaca comum por ocasião da semeadura é de 50% de aveia (50 kg ha⁻¹ de sementes) e 50% de ervilhaca (45 kg ha⁻¹ de sementes).

Outro sistema de consórcio com potencial de utilização durante o outono-inverno é o que mescla uma espécie poácea (aveia preta, branca ou amarela) e uma brassicácea (nabo forrageiro) como culturas antecessoras ao milho. Este sistema tem como vantagem a possibilidade da semeadura precoce de milho (agosto), devido ao ciclo curto das duas espécies. Além disto, o rendimento de grãos de milho cultivado em sucessão ao consórcio aumenta em relação ao obtido em sucessão às aveias em cultivo isolado, sem reduzir a quantidade de produção de palha para o sistema semeadura direta. Devido à baixa relação C/N de resíduos de nabo forrageiro, o rendimento de grãos de milho aumenta à medida que aumenta a proporção de sementes de nabo nos consórcios com as aveias. No consórcio aveia e nabo forrageiro, o nabo é a espécie dominadora. Este fato é importante para determinar-se a proporção mais adequada de sementes das duas espécies no consórcio. Resultados experimentais evidenciam que o consórcio de ervilhaca comum ou de nabo forrageiro com aveia preta é uma das estratégias que podem ser utilizadas para minimizar o efeito prejudicial no rendimento de grãos de milho cultivado em sucessão. A proporção de sementes indicada para o consórcio aveia e nabo forrageiro é de 50% de aveia (50 kg ha⁻¹) e 50% de nabo (10 kg ha⁻¹).

Para escolha da espécie de cobertura de solo mais adequada para anteceder o milho, seja em cultivo solteiro ou consorciado, alguns fatores devem ser observados: adaptação da espécie às condições edafo-climáticas da região, disponibilidade de uso de irrigação, tempo de adoção do sistema semeadura direta, época de semeadura indicada para o milho, grau de convicção do produtor na adoção desse sistema e disponibilidade de capital para investimento.

9.3 Estratégias para reduzir os efeitos prejudiciais de espécies poáceas como cobertura de solo no outono-inverno no milho em sucessão

Para minimizar a redução verificada no rendimento de grãos de milho em sucessão às aveias pela deficiência de N durante o início de seu desenvolvimento, algumas alternativas de manejo vêm sendo propostas. Além do uso de sistemas de consórcio com espécies com baixa relação C/N, destacam-se o aumento da dose de N a ser aplicada na semeadura de milho, o atraso da época de semeadura de milho após o manejo da aveia e o tipo de manejo da palha de aveia (mecanizado ou químico). Todas essas estratégias têm como objetivo acelerar a taxa de decomposição de resíduos de aveia e diminuir o período de imobilização de N pelos microorganismos quimiotróficos na decomposição de sua palhada.

O aumento da dose de N na semeadura de milho em semeadura direta após aveia e o atraso da semeadura do milho em 20 dias após a dessecação da aveia são alternativas eficientes para evitar a deficiência inicial desse nutriente na planta, especialmente em solos mais arenosos e com menor teor de matéria orgânica. A aplicação de 30 kg ha⁻¹ de N na semeadura é suficiente para suprir essa deficiência. Outra técnica que poderia afetar a taxa de decomposição da palha de aveia, é o tipo de manejo da cobertura de inverno: mecanizado ou químico. A forma de manejo de resíduos da aveia (não rolada, rolada ou roçada) e o tipo de herbicida não-seletivo utilizado na dessecação, de ação sistêmica (glyphosate) ou de ação de contato (glufosinate e diquat) não influenciam o rendimento de grãos de milho cultivado em sucessão. No entanto, a rolagem da palha da aveia é mais eficiente como medida preventiva para estabelecimento de infestação de plantas daninhas, especialmente de capim papuá (*Brachiaria plantaginea*), do que sua manutenção em pé.

9.4 Estratégias para maior benefício do uso de espécies fabáceas e brassicáceas como coberturas de solo no outono-inverno para o milho em sucessão

O atraso ou a não dessecação da cobertura de outono-inverno com herbicida não seletivo são duas práticas de manejo que podem aumentar o tempo de permanência de resíduos de fabáceas na superfície do solo, resultando em maior sincronismo entre a liberação de N de seus resíduos e o período de maior demanda deste nutriente pela planta de milho. Além disto, estes tipos de manejo podem aumentar o rendimento de massa seca da ervilhaca comum ou da ervilha forrageira, por mantê-la viva por período de tempo mais longo do que no sistema de manejo convencional (dessecação aos 15 a 20 dias antes da semeadura de milho). Assim, o atraso no manejo da ervilhaca ou ervilha forrageira permitirá maior rendimento de massa seca e, consequentemente, maior quantidade de N fixada e disponibilizada ao sistema. Além disso, deve-se considerar que a taxa de crescimento da planta de ervilhaca e ervilha forrageira aumenta com temperatura do ar mais elevada.

Em trabalho desenvolvido em Passo Fundo-RS, na década de 1980, ficou demonstrado que as leguminosas não precisam ser ceifadas e mantidas da superfície ou dessecadas para depois o milho ser semeado (Santos; Pottker, 1990). No início desse estudo (1984 e 1985), as fabáceas foram ceifadas e mantidas na superfície das parcelas, sendo, em seguida, semeado o milho. Na segunda fase desse estudo (1986 e 1987), as fabáceas foram dessecadas e deixadas na superfície do solo (5,00 t ha⁻¹). No manejo de algumas fabáceas (ervilhaca e serradela), aplicou-se à cultura de milho somente herbicida residual ou de pós-emergência. Nesse caso, por ocasião do estabelecimento dessa cultura, o milho ou sorgo foram semeados com a ervilhaca ainda em ciclo vegetativo (Figura 9.3), em áreas com número baixo de plantas daninhas de inverno. Sendo assim, evitaram-se gastos com aplicação de herbicida total, com inseticida e com adubação nitrogenada de cobertura. Isso, por si só, torna as espécies fabáceas mais vantajosas do que outras espécies não leguminosas antecedendo a cultura do milho. Nesse estudo, não houve diferença de rendimento de grãos de milho ou de sorgo (mais de 8,00 t ha⁻¹) entre os sistemas de rotação/sucessão de culturas.



Figura 9.3. Milho semeado em sucessão à ervilhaca ainda em ciclo vegetativo, na EmbrapaTrigo, Passo Fundo-RS, década de 1980. Fonte: Santos et al. (2007).

9.5 Uso de espécies de cobertura de solo no outono-inverno como critério para recomendação de adubação nitrogenada no milho em sucessão

A partir de 2004, as características das espécies de cobertura de solo no outono-inverno passaram a constituir-se, além do teor de matéria orgânica do solo e da expectativa de rendimento de grãos, num novo critério para recomendação de adubação nitrogenada em milho cultivado em sucessão em semeadura direta para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (SBCS, 2016).

Na nova indicação, a contribuição das culturas de outono-inverno antecedentes ao milho foi considerada em três situações: fabáceas e poáceas em cultivo solteiro e os consórcios de fabáceas e poáceas. Além disto, para cada uma das situações, foi considerado se o rendimento de massa seca era baixo, médio ou alto. Por sua vez, nos sistemas consorciados considerou-se três tipos de situações: com predomínio de poáceas, equilibrada ou com predomínio de fabáceas. Esta nova indicação ressalta a importância da espécie e do rendimento de fitomassa produzida pelas coberturas de solo no outono-inverno, especialmente no que se refere ao manejo de N, para cultivo de milho em sucessão.

Embora, em terras altas, o milho seja uma espécie que tem grande potencial para participar em sistema de semeadura direta, associada à rotação e à sucessão de culturas, a sua área de cultivo vem diminuindo ao longo dos últimos 20 anos, em detrimento da expansão da área cultivada com soja.

9.6 Sucessão milho-soja

Mais recentemente, nas regiões mais quentes dos estados do RS e SC, vem se expandido a área em que se tem praticado a sucessão milho-soja na mesma estação de crescimento. A semeadura do milho ocorre em final de julho ou início de agosto, com colheita em janeiro, quando se implanta a soja em sucessão. Nesse caso, recomenda-se a utilização de um híbrido de milho de ciclo hiperprecoce para viabilizar sua colheita o mais rápido possível e, com isso, antecipar em alguns dias a semeadura da soja em sucessão. Com essa semeadura do milho em época mais antecipada, o espigamento ocorre ainda no mês de outubro ou início de novembro, em que há menor probabilidade de ocorrência de deficiência hídrica nesse período mais crítico da cultura.

A prática da sucessão de cultivo milho-soja precisa, no entanto, de cautela em seu uso, sobretudo considerando a região em que será estabelecida. Esse sistema produtivo teve seu berço na região costeira do rio Uruguai, mais precisamente na Fronteira Noroeste do RS onde há um microclima propício ao seu uso, no qual dificilmente ocorrem geadas precoces capazes de afetar o milho semeado no terço final do inverno assim como menor perda de umidade no verão, facilitando o desenvolvimento da soja cultivada tardiamente. No entanto, ao estender esse cultivo para regiões mais afastadas dessas áreas do “Vale do Rio Uruguai”, o fator geada para o milho e a deficiência hídrica para a soja passam a ser condições capazes de afetar o resultado do sistema produtivo. Estudando semeadura de milho em três épocas (29/07, 14/08 e 05/09/2019) e soja em sucessão (com seis genótipos de ciclos diferentes) em dois municípios que caracterizam as duas situações frisadas, região costeira do Rio Uruguai (Doutor Maurício Cardoso) e local mais afastado da mesma (Independência), Caraffa et al (2023), detectaram, considerando os melhores resultados entre os arranjos testados (milho DKB 230 PRO 3 e soja DM 66i68 IPRO em primeira época de semeadura), no ano safra 2019/2020 (sem déficit hídrico acentuado), redução de rendimento de grãos e receita financeira da ordem de 33,4% e 56,3% respectivamente (salientando que o milho atingiu rendimento de grãos de 11,90 t ha⁻¹ e a soja 2,47 t ha⁻¹) Uniformizar no texto t ha⁻¹. Já, no ano safra 2020/2021, com ocorrência de déficit hídrico afetando ambas as culturas, Caraffa et al (2023) em ensaio conduzido nas mesmas condições do anterior, aferiram, comparando o resultado dos melhores arranjos testados, redução de rendimento de grãos e receita financeira no local mais afastado do “Vale do Uruguai”, da ordem de 27,2% e 12,3%.

Cabe salientar que, em boa parte das áreas onde se pratica essa sucessão, o milho tem sido irrigado, fato que viabiliza o uso de densidades de plantas mais elevadas, ao redor de 8,0 plantas por metro quadrado, e adubações mais altas, o que determina a obtenção de altos tetos produtivos. Em semeaduras mais precoces, em que as temperaturas do ar são menores, a planta de milho tem menor desenvolvimento e esse é mais lento em relação a semeaduras realizadas em épocas mais tardias. Um dos problemas decorrentes do uso dessa sucessão é o surgimento de plantas voluntárias de milho no cultivo da soja em sucessão. Caso o híbrido de milho possua a tecnologia RR, isso inviabilizará o controle dessas plantas voluntárias no cultivo da soja em sucessão com o uso do herbicida glifosato, determinando a necessidade de uso de um outro mecanismo de ação de herbicida para controle do milho voluntário na soja. Como a prática desse sistema de sucessão acaba muitas vezes não propiciando rotação de culturas, uma vez que repetido ano após ano (de julho/agosto à maio/junho), outro aspecto a ser considerado em seu uso é que vem gerando grande apreensão a respeito desse sistema de cultivo é a permanência desses milhos voluntários nos cultivos de soja, constituindo-se uma ponte verde às cigarrinhas, ocasionando alta incidência de doenças do complexo de enfezamentos nos milhos cultivados na safra seguinte à essa soja. Ainda, em decorrência da intensificação de estratégias de controle químico às cigarrinhas, tem-se observado elevação considerável da incidência de pulgões nessas áreas, possivelmente como consequência da eliminação de seus inimigos naturais em função do uso intenso desses agroquímicos.

9.7 Sucessão canola-milho

Um processo de sucessão de culturas relativamente novo vem sendo praticado no estado do RS, com o milho sucedendo o cultivo de canola (*Brassica napus* var. *oleifera*).

Como há uma recomendação de se observar um período de 20 dias entre a colheita da canola e a semeadura do milho ou da soja em função de efeitos alelopáticos da primeira cultura sobre as segundas (Tomm, 2007), esse fator acabou levando muitos produtores a declinar do cultivo da brassicácea, priorizando as culturas de verão com semeadura em suas melhores épocas, uma vez que cultivos considerados prioritários. Por muitos anos, cultivos realizados em sistema de rotação de culturas na Escola-Fazenda da Sociedade Educacional Três de Maio (SETREM), localizada em Independência-RS, nas condições de uma região baixa, quente e úmida quando considerado o período inverno-primavera, demonstraram que, no caso do milho, esse período não precisava ser respeitado, com sua semeadura ocorrendo logo após a colheita da canola. Essa prática propicia aproveitamento mais efetivo, pelo milho, do nitrogênio ciclado pela canola, sendo interessante, inclusive, observar menor aporte desse nutriente nessa condição (pelo menos 20 kg ha⁻¹), evitando seu excesso, gerador de expressivo desenvolvimento vegetativo em detrimento do desenvolvimento reprodutivo.

Outra questão importante de frisar em relação a esse sistema de sucessão se refere à disponibilização no mercado, há alguns anos, de genótipos de canola com ciclos mais curtos, o que, aliado às novas recomendações do Zoneamento Agrícola de Risco Climático, antecipando a época de semeadura da canola para o terceiro decêndio de março a muitos municípios gaúchos, tem permitido semeadura do milho em sua sucessão ainda em agosto ou em setembro, gerando adequado “encaixe” de cultivo desse sistema, viabilizando-o sob a ótica dos produtores rurais.



Figura 9.4. Milho semeado em sucessão à canola, na Escola-Fazenda SETREM, Independência-RS, safra 2019/2020. Fonte: Marcos Caraffa (2019).

9.8 Potencialidades, desafios e tecnologias para cultivo de milho em terras baixas

Em áreas de solos hidromórficos, onde se cultiva arroz irrigado (terras baixas), localizadas em sua maioria na metade sul do estado do RS e no litoral catarinense, praticamente não se cultiva milho, embora uma grande parte da área tenha infraestrutura instalada para a agricultura.

Do ponto de vista econômico, há uma percepção de que as áreas de terras baixas podem ser utilizadas mais intensivamente, já que se dispõe, somente no estado do RS, de cerca de 5,4 milhões de hectares. Desses, em torno de três milhões de hectares são utilizados com arroz irrigado, dos quais anualmente se cultiva um pouco menos de um milhão de hectares. O restante da área tem sido historicamente utilizada com pecuária de corte extensiva. Nos últimos anos, tem havido uma expansão importante no cultivo de soja em rotação com arroz irrigado, devido à atratividade comercial e benefícios da leguminosa ao sistema de produção, bem como pela geração de novas informações técnicas e a sua adoção pelos produtores. Na safra 2022/23 foram cultivados aproximadamente 500.000 hectares de soja nas terras baixas, enquanto o milho ocupou cerca de 12.000 hectares. Um aspecto econômico favorável ao cultivo de milho em rotação com arroz irrigado é a possibilidade de atração de investimentos para criação de aves e suínos na metade sul do estado do RS, devido à produção de matéria-prima para formulação de rações para essas criações mais próximo dos locais de sua utilização. Pesquisas recentes com milho irrigado em áreas de terras baixas têm demonstrado a obtenção de altas produtividades de grãos (10,00 -18,00 t ha⁻¹), tanto em condições experimentais quanto em lavouras comerciais, ressaltando o grande potencial desse ambiente produtivo (Ramão et al., 2024)..

Além dos benefícios técnicos já citados anteriormente para terras altas, o cultivo de milho em sucessão com arroz irrigado pode constituir-se em uma importante ferramenta para manejo de uma das principais causas de redução da produtividade do arroz, que é a alta incidência de plantas daninhas, especialmente de arroz-daninho. Isso se deve à possibilidade de se utilizar, na cultura do milho, herbicidas que controlam eficientemente as principais espécies de plantas daninhas da lavoura de arroz irrigado. Com o advento do milho e soja RR (resistentes ao glifosato), tem-se observado que essa eficiência no manejo de plantas daninhas no sistema de produção – pela sucessão de culturas- se consolidou; entretanto, cabe mencionar a necessidade de se tomar as precauções necessárias para não se perder os benefícios dessa tecnologia, devendo-se evitar o uso repetido dos mesmos mecanismos de ação dos herbicidas nas culturas. Além desse aspecto, é importante salientar que o controle da principal praga da cultura do milho em áreas de arroz irrigado, a lagarta-do-cartucho, ficou facilitado com o desenvolvimento de híbridos com tolerância a insetos (tecnologia Bt), que já estão sendo amplamente utilizados.

Embora todas essas perspectivas favoráveis para a introdução de milho em áreas de arroz irrigado, existem entraves técnicos e econômicos que têm que ser equacionados para viabilizar de fato o seu cultivo. O principal desafio, do ponto de vista econômico, é a grande oscilação que se verifica ao longo dos últimos anos dos preços de venda do milho, diferentemente do que ocorre com a soja, e seu maior custo de produção em relação ao da soja. Outro desafio importante para viabilizar o cultivo do milho em áreas de arroz irrigado se relaciona ao fato dos orizicultores não terem experiência com essa cultura, o que pode dificultar a adoção das tecnologias já disponíveis (Silva et al, 2020a; Silva et al. 2020b), bem como das tecnologias a serem geradas em futuros trabalhos de pesquisa

Tecnicamente, o cultivo de milho em áreas de arroz irrigado só se viabiliza com a adequação da área para provê-la com eficientes sistemas de drenagem e de irrigação. Com isso, são equacionados dois dos principais pré-requisitos para o pleno desenvolvimento da cultura, que é muito sensível a estresses, tanto por excesso quanto por deficiência hídrica. Do ponto de vista de qualidade do solo, é também fundamental ter-se a sua análise, para efetuar a correção da acidez antecipadamente à semeadura do milho, bem como para ajustar os níveis de nutrientes à expectativa de produtividade. Já no aspecto físico, chama-se atenção para identificar e adotar medidas de controle e/ou redução da compactação do

solo, aspecto comum nas terras baixas e que prejudica substancialmente o desenvolvimento do milho nesse ambiente.

No tocante ao manejo da drenagem e irrigação, algumas das principais indicações para evitar perdas por excesso de água no solo e para potencializar a produtividade de milho em sistemas de produção em terras baixas são destacados:

a. Um dos critérios iniciais a serem estabelecidos é a escolha da área para cultivo do milho. Quando houver área disponível, deve-se implantar a cultura nos talhões menos propensos ao alagamento ou encharcamento, evitando-se o cultivo nas áreas que são inundadas muito facilmente. Estes locais são conhecidos por alagar com frequência mesmo na ocorrência de precipitações de intensidade fraca ou média e por apresentarem drenagem muito lenta, demorando a secar. Outros locais com alta probabilidade de alagar são os vales de rios e proximidades de canais, que podem elevar seu nível de água e transbordar em função da ocorrência de altos volumes de precipitação em suas cabeceiras. Em resumo, num primeiro momento deve-se dar preferência ao uso de áreas com topografia um pouco mais favorável para a drenagem, ou seja, as que não são muito planas.

b. Deve-se implantar um sistema eficiente de drenagem superficial, com base em estudo prévio do relevo da área. Na ausência de equipamentos de alta precisão, um bom momento para visualizar áreas-problema e fazer este estudo é após as chuvas, quando os locais de acúmulo de água são facilmente visualizados na lavoura. Deve-se, então, demarcar o centro das depressões e posteriormente fazer os drenos, com os canais passando na parte mais baixa das áreas previamente demarcadas. A distância entre os drenos e a profundidade dos mesmos irá variar em função do tipo de solo e declividade do talhão. Os problemas de drenagem localizados podem ser progressivamente minimizados pelo uso de plainas, chamadas de niveladoras do solo, para o posterior valetamento da área. O aplainamento do solo é realizado corrigindo-se o microrrelevo, sem alterar a topografia geral do terreno.

Atualmente existem equipamentos que coletam o plano altimétrico dos talhões com alta precisão e velocidade, cujos dados são processados em software e então incorporados na maquinaria (tratores, valetadeiras e plainas, adaptados à agricultura de precisão), que irá estabelecer a rede de drenos com grande exatidão, ou também ajustar a declividade geral da área visando a drenagem com um alto nível de precisão (informações sobre essas técnicas podem ser obtidas em Parfitt et al., 2020). Em que pese a possibilidade de se fazer um estudo simples (visual) após as chuvas para direcionar canais de drenagem, essa nova metodologia baseada em processamento digital está se consolidando e tem promovido excelentes resultados no estabelecimento de áreas para cultivo irrigado de milho nas terras baixas do RS.

c. No caso do cultivo do milho ser realizado em áreas tradicionalmente cultivadas com arroz irrigado, obviamente será utilizada a estrutura pré-existente de macro drenagem da área; entretanto chama-se a atenção quanto à necessidade de limpeza criteriosa destes canais maiores, geralmente externos ao talhão, para que permitam um rápido escoamento da água das chuvas; pouco adianta estabelecer uma rede densa de canais internos se a macro-drenagem não permitir escoar rapidamente o excesso de água. Já no interior dos talhões, é relevante mencionar os cuidados quanto aos drenos internos (a rede de micro canais) pois, no processo de semeadura, a terra revolvida pelo maquinário pode bloquear estes drenos, retardando ou impedindo o escoamento da água. Mesmo pequenos torrões ou montículos de terra dentro dos drenos retardam o escoamento da água e podem causar perdas no milho. Após a semeadura, portanto, estes canais devem ser conferidos e refeitos e/ou desobstruídos caso necessário.

d. Além de prover a área com um sistema eficiente de drenagem, uma técnica que deve ser estimulada é a utilização de camalhões, que podem ser de diversos tamanhos, em cima dos quais se faz a adubação e a semeadura do milho. Em áreas muito planas (declive menor que 0,5%) e uniformes, pode-se utilizar a técnica de camalhões de base

larga, que consiste na construção de camalhões largos e em sequência, de modo que na junção dos camalhões exista uma depressão que funciona como dreno. Os camalhões podem ser construídos com arados de aiveca, de discos ou com plainas. O sentido de construção é dado pela declividade predominante do terreno e a altura no centro dos camalhões varia de 10 a 35 cm, de acordo com o maquinário usado na confecção. Este limite propicia uma drenagem adequada do solo e, ao mesmo tempo, não é muito alto a ponto de dificultar as práticas agrícolas mecanizadas e nem acarretar preparo de solo demasiadamente pesado para o cultivo do arroz no sistema de rotação. O comprimento pode atingir até 900 m, e a largura varia, normalmente entre 4 a 20 m, o suficiente para comportar a largura das semeadoras ou múltiplos dessas. O custo de construção dos camalhões de base larga não difere do custo de preparo convencional da cultura do arroz irrigado, o qual envolve lavração, gradagem, rolagem e aplainamento. Um aspecto positivo do sistema de camalhões base larga é sua resiliência estrutural, permitindo a implantação de sistemas conservacionistas como o plantio direto com integração lavoura-pecuária nas terras baixas. Essa técnica propicia um sistema de drenagem que pode permanecer na área por várias safras agrícolas, o que dilui muito os custos de manejo de solo. A Figura 9.5 demonstra, sinteticamente, a confecção desses camalhões. Informações mais detalhadas podem ser obtidas junto à Embrapa Clima Temperado e em publicações específicas sobre o tema (ex.: Silva et al., 2006 e Embrapa..., 2023).

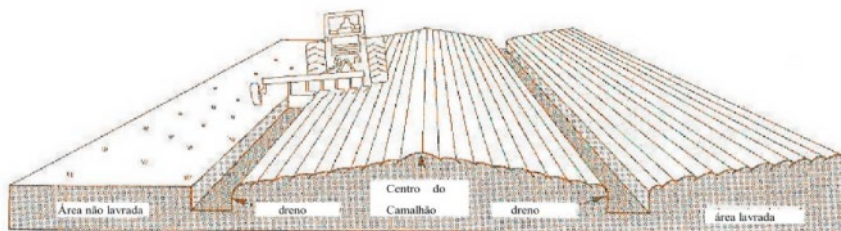


Figura 9.5. Confecção de camalhões de base larga.

e. Em áreas sistematizadas, com ou sem declive, pode também ser utilizado o sistema sulco/camalhão, o qual, além de garantir boa drenagem, possibilita a irrigação por sulcos (Figura 9.6). Estes camalhões estreitos (de uma ou duas linhas pareadas da cultura) são também denominados de microcamalhões e são construídos com máquinas específicas para essa finalidade. Uma peculiaridade para utilizar este sistema é que os camalhões e sulcos devem ser feitos no sentido da declividade do terreno, para facilitar o escoamento do excesso de água. Pode-se cultivar de uma a três linhas de milho sobre o camalhão, sendo que a formatação com duas linhas é a que tem predominado no RS. O grande ganho desta tecnologia é que pode-se aproveitar esta estrutura para irrigar o milho, com “banhos” rápidos e drenagem imediata da área. Para a implantação do método em grandes áreas, coleta-se o plano altimétrico do talhão, cujos dados são processados e repassados ao maquinário, que irá ajustar a declividade do terreno de acordo com a necessidade. Este sistema tem apresentado excelente custo-benefício quando comparado à irrigação por aspersão, adequa-se aos solos planos e vem, de fato, promovendo altas produtividades no cultivo de milho em áreas de terra baixas. Detalhes sobre a implantação da técnica e manejo da irrigação no sistema podem ser obtidos em publicações recentes sobre o assunto (ex.: Parfitt et al., 2023).

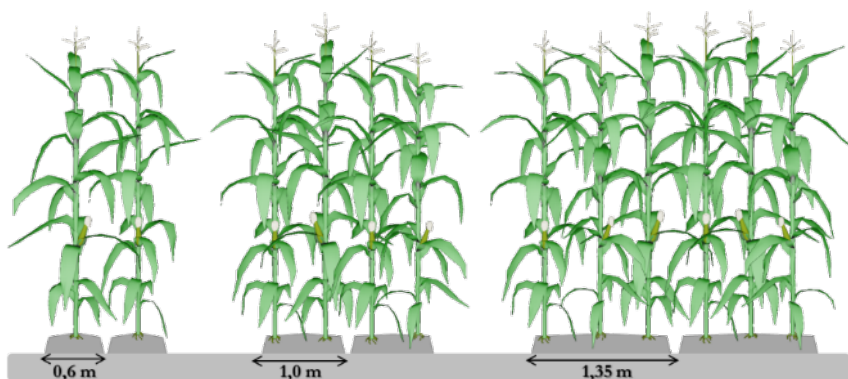


Figura 9.6 Milho em sistema sulco-camalhão com uma, duas ou três linhas de cultivo por camalhão, com respectivas larguras dos camalhões em valores aproximados.

f) Outra tecnologia que pode ser empregada no cultivo de milho em terras baixas é a de irrigação por sulcos, que também aproveita a infraestrutura já existente de irrigação da cultura do arroz, mas distribui água ao cultivo do milho por meio de sulcos equidistantes feitos com valetadeiras ou outros implementos como sulcadores. Esta forma de irrigação, embora relativamente simples, pode evitar que ocorram grandes perdas na produtividade quando houver deficiência hídrica durante o ciclo de desenvolvimento do milho, principalmente no período mais crítico que é de duas semanas antes a duas semanas após o espigamento. Os planossolos, classe de solo predominante nas terras baixas do sul do RS, apresentam baixo teor de matéria orgânica, e têm em sua maioria uma textura arenosa, sendo suscetíveis à ocorrência de deficiência hídrica. Nesse sentido, a irrigação por sulcos é uma alternativa interessante, geralmente associada a menor custo e menor exigência em maquinário quando comparada ao sistema sulco-camalhão. Para a irrigação por sulcos, a declividade da área deve ser uniforme, com uma faixa de declive adequada situando-se entre 0,1% a 0,5%, sendo o valor intermediário de 0,3% o que proporciona irrigação mais uniforme. Estes são valores médios, e esta faixa pode ser menor, dependendo das condições específicas de cada talhão. A Figura 9.7 ilustra, simplificada, a conformação dos sulcos no cultivo de milho. Os sulcos devem ser confeccionados no sentido da inclinação do terreno, sendo o comprimento e a distância entre eles variável de acordo com o tipo de solo e a declividade. Via-de-regra empregam-se, no máximo, quatro linhas de cultivo entre um sulco e outro, para que se tenha uniformidade na distribuição da água para as plantas da cultura. Em que pese esta técnica possibilitar irrigar os cultivos e atenuar perdas, chama-se a atenção que esta tecnologia não é focada em drenagem, tampouco resolve problemas associados à compactação dos solos; estes problemas são bem mais eficientemente resolvidos ou otimizados pela técnica de sulco-camalhão, anteriormente descrita.

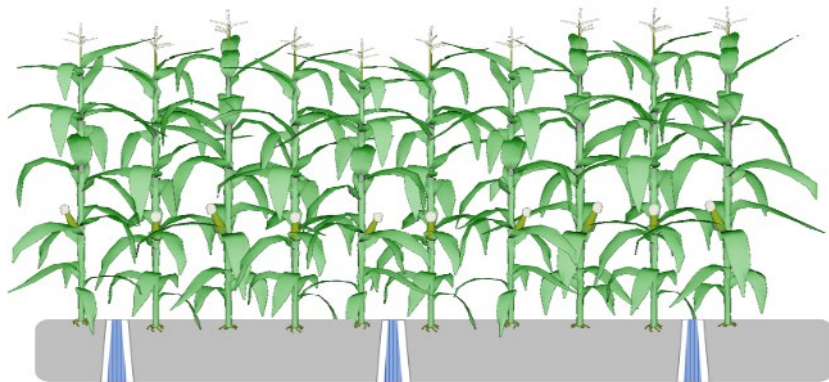


Figura 9.7 Ilustração simplificada de sulcos de irrigação implantados a cada quatro fileiras de milho.

Em síntese, no milho, o uso da irrigação é um pré-requisito essencial para que se possa alcançar altos tetos produtivos e utilizar com eficiência as práticas necessárias de manejo de alto nível, como adubação, época de semeadura, escolha de híbrido adaptado às condições de solos hidromórficos e densidade adequada de plantas. Um aspecto importante ao contexto é o arranjo de plantas, especialmente no que se relaciona à densidade por área e espaçamento entrelinhas, uma vez que esse é um dos principais fatores que define a produtividade de grãos. Nesse sentido, esforços têm que ser feitos para se ter a garantia do estabelecimento de uma lavoura uniforme e na densidade correta. A velocidade baixa da semeadura é um dos fatores mais associados à alta qualidade da semeadura o de milho em terras baixas (equidistância entre sementes, cobertura das sementes, uniformidade de profundidade e distância entre as sementes e o adubo), especialmente em solos com pouca cobertura vegetal e com presença acentuada de torrões, condições comumente encontradas nos planossolos.

Por fim, menciona-se o fato de que, atualmente, a maior parte da área de arroz irrigado é cultivada com variedades do Sistema Clearfield, em que se utilizam herbicidas do grupo das imidazolinonas. Em função das plantas de milho e de sorgo serem sensíveis ao efeito residual desses herbicidas, há que se ter cuidado com seu cultivo em sucessão com arroz irrigado em áreas em que foram utilizados esses herbicidas, tendo em vista a possibilidade de fitotoxicidade a esses cultivos. Com efeito, em trabalho realizado para avaliar o efeito residual do aplicado no arroz no milho em sucessão, Mariot et al. (2025) concluíram que na dose máxima de Kifix recomendada em uma aplicação (140 g ha^{-1}) em arroz irrigado na safra anterior, não há interferência na produtividade de grãos de milho em rotação. Já a produtividade de grãos reduz-se à medida que aumenta a dose de Kifix aplicada em arroz irrigado na safra anterior. Assim, após o cultivo intensivo de arroz, orienta-se para que se realizem práticas como a calagem e a manutenção das áreas drenadas (secas) durante o período de inverno, o que contribui na dissipação desses herbicidas no solo; além disso, pode-se fazer no primeiro ano pós-arroz a rotação com o cultivo de soja (mais tolerante aos herbicidas), para implantação do milho ou do sorgo somente na segunda safra.

9.9 Referências

CARAFFA, M. EIDELWEIN, D. M.; MOTTA, F. A. da; BALSAN, D.; ROBERTI, L. J. Interação ambiente com a viabilidade técnica e financeira de sistemas de sucessão

cultural, RS, 2019/2020. IN: MARTIN, T. n. et al (Org.). **Reunião de Pesquisa de Soja da Região Sul**, 43. Atas e Resumos 2023. Santa Maria: UFSM, 2023. 660 p.

CARAFFA, M.; FRONZA, D.; TURA, G. M.; BOLES, J. J.Z.; GALIOTTO, R. Interação ambiente com a viabilidade técnica e financeira de sistemas de sucessão cultural, RS, 2020/2021. IN: MARTIN, T. n. et al (Org.). **Reunião de Pesquisa de Soja da Região Sul**, 43. Atas e Resumos 2023. Santa Maria: UFSM, 2023. 660 p.

DUFUMIER, M. **Projetos de desenvolvimento agrícola**. 2. ed. Salvador: EDUFBA, 2010. 326 p.

EMBRAPA CLIMA TEMPERADO. **Catálogo de Tecnologias – 2023**. Brasília, DF: Embrapa, 2023. 70p. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/doc/1153885/1/Catalogo-de-Tecnologias-20230519.pdf>

GARCIA FILHO, D. P. **INCRA/FAO**. Guia metodológico: diagnóstico de sistemas agrários. Brasília: INCRA/FAO - Projeto de Cooperação Técnica, 1999. 65 p.

MARIOT, C.H.P.; SILVA, P.R.F. da; SOLKA, L.C. Residual de imazapir + imazapique no milho em rotação ao arroz irrigado. **Lavoura Arroeira**, v. 69, n. 476, 2025, p. 26-31.

PARFITT, J.M.B.; BUENO, M.V.; BERGMANN, H.M.; VEBER, P.M. (et al.). **Modelos para Sistematização nas Terras Baixas do Rio Grande do Sul**. Embrapa Clima Temperado, Documentos 489, 22p., 2020. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/218872/1/DOCUMENTOS-489.pdf>.

PARFITT, J.M.B.; SCIVITTARO, W. B.; ANDRES, A.; CONCENÇO, G. (et al.). **Sistema sulco-camalhão em área suavizada para o cultivo de espécies de sequeiro em terras baixas**. Embrapa Clima Temperado, Circular Técnica 245, 13p., 2023. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/doc/1159573/1/CIRCULAR-245.pdf>.

RAMÃO, C.J.; JUNIOR, D.F.U.; GROHS, M.; ELY, M.F.; WOLTER, R.C.; PIAZETTA, D.; MENEZES, G.M.; PINTANEL, J.; MARTINS, L.P.; SILVA, P.R.F. da. Contribuição recente do IRGA para viabilizar o cultivo do milho irrigado em terras baixas. **Lavoura Arroeira**, v. 68, n. 475, 2024, p. 26-31.

Reunião Técnica da Cultura do Arroz Irrigado. Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil. Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado. – Cachoeirinha: SOSBAI, 2018. 205 p.

SANGOI, L.; SILVA, P.R.F. da; PAGLIARINI, N.H.F. Estratégias de manejo da adubação nitrogenada em milho na região sul do Brasil. Lages (SC): **Graphel**, 2016, 122 p.

SANTOS, H.P. dos; POTTKER, D. Rotação de culturas. XX. Efeito de leguminosas de inverno sobre o rendimento de grãos e sobre algumas características agrônômicas do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 25, n. 11, p. 1647-1654, 1990.

SILVA, J.J.C.; RAUPP, A.A.; SILVA, C.A.S.; THEISEN, G. **Camalhões de base larga: uma opção para drenagem superficial de várzeas muito planas na região costeira do Rio Grande do Sul**. Embrapa Clima Temperado, Circular Técnica 56, 8p., 2006. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/30813/1/Circular-56.pdf>. SILVA, P.R.F. da; MARCHESAN, E.; SHOENFELD, R. Rotação e sucessão de

culturas. In: EMYGDIO, B.M.; ROSA, A.P.S.A.; OLIVEIRA, A.C.B. de. Cultivo de soja e milho em terras baixas do Rio Grande do Sul. Embrapa, Brasília, 2017. p.267-284.

SILVA, P.R.F. da; MARCHESAN, E.; ANGHINONI, I. Milho no contexto da lavoura arrozeira: potencialidades, desafios e avanços. **Instituto Rio Grandense do Arroz**, 2020. 12p. (Circular técnica,6)

SILVA, P.R.F.da; MARCHESAN, E.; ANGHINONI, I.; GROHS, M.; MARCHESAN, E. **Milho no contexto da lavoura arrozeira: manejo dos fatores relacionados à planta e viabilidade financeira**. Instituto Rio Grandense do Arroz, 2020. 8p. (Circular técnica, 6). SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. Manual de calagem e adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo – Núcleo Regional Sul. Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS/SC, 2016. 376 p..

TOMM, G.O. **Indicativos tecnológicos para produção de canola no Rio Grande do Sul**. Passo Fundo: EMBRAPA Trigo. 68 p.

10 MICOTOXINAS EM MILHO E SORGO

Revisores técnicos: Dagma Dionísia da Silva Araújo
Luciano Viana Cota
Rodrigo Vêras da Costa

Produtos à base de milho e sorgo são importantes na cadeia de alimentação humana e animal devido ao seu valor nutricional. No entanto, essas culturas estão sujeitas à infecção por fungos que colonizam e degradam os grãos, causando perdas qualitativas e quantitativas. Muitos desses fungos são produtores de micotoxinas, metabólitos secundários tóxicos a humanos e animais produzidos em pré e pós colheita e repassadas em toda a cadeia alimentar das quais fazem parte (Berthiller et al., 2007; Hermanns et al., 2006). A Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura – FAO, estima que, em todo o mundo, cerca de 25% dos alimentos estejam contaminados com micotoxinas (Pereira et al., 2014; Freire et al., 2007) e prejuízos decorrentes da contaminação na pré e pós-colheita dos grãos por fungos toxigênicos corresponderam em 2007, a cerca de 13 milhões de toneladas (Lorini e Bacaltchuk, 2007).

As micotoxinas estão presentes em vários tipos de alimentos, como milho, sorgo, amendoim, trigo, aveia, café, castanhas, etc. A contaminação dos grãos por fungos toxigênicos se inicia em condições de campo e seguir após a colheita, a secagem e no armazenamento. As micotoxinas mais importantes são as aflatoxinas, as fumonisinas, a zearalenona, a esterigmatocistina, o deoxinivalenol (DON), o nivalenol, as ocratoxinas e a toxina T-2 (Scussel, 1998, 2002). Na Tabela 10.1, estão descritas as micotoxinas que ocorrem em milho, sorgo e outras culturas, os fungos produtores e outros alimentos que podem ser contaminados.

No Brasil, as fumonisinas são as mais frequentes em milho e se relacionam à alta incidência de *Fusarium verticillioides*, que é encontrado em mais de 90% das amostras obtidas no Brasil (Lanza et al., 2014). Outra micotoxina importante é a zearalenona, que ocorre principalmente no milho contaminado por *F. graminearum* e *F. culmorum* (Bennett and Klich, 2003). A produção desta micotoxina é mais comum em condições de elevada umidade e temperaturas mais amenas, sendo mais comum na região Sul do país. A zearalenona é um análogo do estrógeno, portanto causa problemas na reprodução. Dentre os danos causados estão o hiperestrogenismo em suínos, redução da produção de leite, alterações na tireoide, hipertrofia das glândulas mamárias, redução do peso dos testículos e produção de testosterona em machos, mudanças na puberdade infantil, possível agente carcinogênico humano (Peraica et al., 2014; Iamanaka et al., 2010; IARC, 1993).

Em sorgo, prevalecem os gêneros de fungos nos grãos, *Phoma*, *Aspergillus*, *Fusarium*, *Cladosporium*, *Exserohilum*, *Epicoccum*, *Mucor*, *Alternaria*, *Nigrospora*, *Acremonium*, *Penicillium* e *Rhizopus* (Augustine & Emmanuel, 2022; dos Reis et al., 2010; da Silva et al., 2000). Entre as principais micotoxinas e derivados, estão as aflatoxinas, fumonisinas, deoxinivalenol, zearalenona, ocratoxina A (Mohammed et al., 2022; Augustine & Emmanuel, 2022; Ssepuuya et al., 2018).

Tabela 10.1. Principais micotoxinas, fungos produtores e ocorrência em milho e sorgo e em outros alimentos.

Micotoxina	Fungos produtores	Alimentos
Aflatoxina	<i>Aspergillus flavus</i> , <i>A. parasiticus</i> ,	Milho, sorgo, amendoim, figo, oleaginosas, nozes, leite e derivados.
Fumonisin	<i>Fusarium verticillioides</i> , <i>F. proliferatum</i> , <i>Alternaria alternata</i> f. sp. <i>lycopersici</i>	Milho, sorgo chá-preto
Zearalenona	<i>Fusarium graminearum</i> , <i>Fusarium culmorum</i> , <i>Fusarium equiseti</i>	Milho, sorgo, aveia, cevada, trigo, arroz, centeio, milheto
Tricotecenos DON	<i>F. graminearum</i> , <i>F. culmorum</i>	Milho, sorgo, cevada, centeio, aveia, trigo
T2	<i>F. sporotrichioides</i> , <i>Myrothecium</i> , <i>Phomopsis</i> , etc.	Cereais destacando aveia, milho, cevada, trigo
Ocratoxina	<i>Aspergillus ochraceus</i> , <i>A. carbonarius</i> , <i>Penicillium</i> sp., <i>Fusarium</i> sp.	Milho, sorgo, cevada, café, arroz, feijão, vinho, figo, trigo
Esterigmatocistina	<i>Aspergillus</i> sp., <i>Bipolaris</i> , <i>Chaetomium</i>	Cereais incluindo milho e sorgo, café, queijo
Citrinina	<i>Penicillium citrinum</i>	Milho, cevada, trigo, arroz, aveia

Fonte: Adaptado de Silva et al., 2016, Food Ingredients Brasil, 2009; FAO, 2014.

Os danos à saúde são causados pela ingestão de micotoxinas consumidas de forma direta ou indiretamente de grãos, farinhas, rações, carne, ovos e leite e derivados, gerando problemas crônicos com efeitos de difícil previsão, como imunossupressão e câncer. Micotoxinas também podem gerar efeitos tóxicos agudos, acarretando convalescência acentuada ou até mesmo a morte (Scussel, 1998, 2002; Alim et al., 2018, Martins et al., 2018, Oueslati et al., 2018, Ferreira et al., 2013; Maziero e Bersot, 2010, Amaral et al., 2006; Kawashima et al., 2006, Bittencourt et al., 2005, Machinski e Valente Soares, 2000).

Quantificar as perdas devido ao consumo de micotoxinas é uma tarefa difícil já está relacionada aos danos causados à saúde humana e animal, à baixa produtividade, perda de receita em divisas, custos de inspeção, amostragens, indenizações em caso de sinistro, subsídios a agricultores, custos de desintoxicação, pesquisa e formação (Bhat e Miller, 2009). Além disso, efeitos de micotoxinas na saúde humana e animal dependem de doses, frequência de ingestão, idade, sexo e estado nutricional dos consumidores, o que dificulta qualificar a extensão do problema (Tabela 10.2).

Tabela 10.2. Efeitos da ingestão de micotoxinas na saúde humana e animal.

Animais	Micotoxina				
	Fumonisin	Aflatoxinas	Zearalenona	DON	Ocratoxina
Aves	Redução no desenvolvimento, problemas cardíacos, úlcera bucal, imunossupressão, degeneração, síndrome da mortalidade aguda, hepatotoxicidade, aumento do peso dos rins, diarreia.	Hemorragias, anorexia, fraqueza, fibrose, redução na produção e tamanho de ovos, reduz ganho de peso, descoloração e aumento de fígado e rins, esteatorreia, bursa e timo diminuídos, má absorção de alimentos.	Não têm apresentado efeitos mais graves em concentrações normais nos alimentos. Perus podem ser mais sensíveis.	Redução na produção de ovos. Aparentemente não afeta tanto quanto as demais micotoxinas.	Atraso na maturação sexual em galinhas, redução da produção de ovos.
Bovinos	Para fumonisin B1 existe relato de sinais de lesões no fígado e rins. Bezerros parecem mais suscetíveis.	Necrose centrilobular fibrose, infecção no miocárdio, síndrome nervosa, infertilidade, redução da gordura do leite, menor consumo de ração, ataxia.	Problemas reprodutivos como infertilidade, queda na produção de leite, hiperestrogenismo	Altos níveis predispoem a mastite e laminite (aguamento).	Pouca toxicidade em doses naturais.
Equinos	Distúrbios nervosos em razão da leucoencefalomalácia, anomalias histopatológicas no fígado e rins.	Dano ao fígado, anorexia, hemorragia, câncer no fígado, convulsões, manqueira, Depressão e morte.	Aumento uterino, atrofia ovariana, aborto, infertilidade, hemorragias internas e pode causar recusa do alimento.	Perda de apetite, lesões no sistema digestório, letargia, imunossupressão.	Lesões nos rins e no fígado.
Suínos	Edema pulmonar, hidrotorax, disfunção no coração.	Problemas renais, hemorragias, ataxia, redução de peso e taxa de sobrevivência, morte,	Distúrbios na concepção, aborto, leitões natimortos, síndrome de	Distúrbios gástricos, recusa de alimentos.	Acúmulo de gordura no fígado, danos renais, anorexia, fraqueza,

		necrose centrilobular, fibrose.	feminização e masculinização.		movimentos descoordenados, aumento da ingestão de água e micção.
Humanos	Câncer de esôfago, dor abdominal.	Suscetibilidade à hepatite B, imunossupressão, câncer no fígado, síndrome de Reye, hemorragias e morte.	Efeito anabolizante.	Vômitos, náuseas, dermatites, diarreia.	Cancerígeno
Pets	Citotoxidez, hepato e nefrotóxica (animais em geral)	^a Morte, fígado aumentado, ^b hemorragia interna, anorexia, letargia, icterícia, coagulação intravascular, efeitos, diarreia, hepatotóxicos.	Afeta o sistema reprodutivo, hiperestrogenismo, cistos ovarianos, interrupção espermatogênese	Vômito, recusa alimentar	Lesão renal, anorexia, vômito, perda de peso, ctenesmo, hemorragia intestinal, amigdalite, desidratação, prostração

Fontes: Silva et al., 2016; Food Ingredients Brasil, 2009; Diaz & Boermans (1994); FAO 2014; Ciacci-Zanella and Jones, 1999; Fink-Gremmels, 2008, Freire et al., 2007; He et al., 2001, Hussein and Brassel, 2001; Mathur et al., 2001. ^aaflatoxicose aguda em cães, ^b aflatoxicose subaguda (Bohn and Razzai-Fazeli, 2005), ^cespasmo doloroso do esfíncter anal ou vesical com desejo urgente de defecar ou urinar, a eliminação de fezes ou urina é mínima.

Em função dos efeitos graves em humanos e animais devido à ingestão de micotoxinas, vários países ou blocos de países possuem legislação sobre os limites máximos tolerados para micotoxinas em alimentos visando preservar a saúde pública e animal e evitar barreiras comerciais, porém, para o sorgo ainda não existe regulamentação (Astoreca et al., 2019; FAO, 2004). No Brasil, os limites de micotoxinas em alimentos são regulamentadas pela RDC Nº 07, DE 18 DE FEVEREIRO DE 2011 e entrou em vigor total em 1º de janeiro de 2017 (ANVISA, 2018). Os limites máximos tolerados conforme a Resolução 07/2011, estão descritos na Tabela 3.

Tabela 10.3. Limites máximos tolerados para presença de micotoxinas (LMT), determinados pela Resolução 07/2011.

Micotoxinas	Alimento	LMT ($\mu\text{g kg}^{-1}$)
Aflatoxina M1	Leite fluído	0,5
	Leite em pó	5
	Queijos	2,5
Aflatoxinas B1, B2, G1, G2	Cereais e produtos de cereais, exceto milho e derivados, incluindo cevada malteada	5
	Alimentos à base de cereais para alimentação infantil (lactentes e crianças de primeira infância)	1
	Amendoim (com casca), (descascado, cru ou tostado), pasta de amendoim ou manteiga de amendoim	20
	Milho, milho em grão (inteiro, partido, amassado, moído), farinhas ou sêmolas de milho	20
Ocratoxina A	Cereais e produtos de cereais, incluindo cevada malteada	10
	Cereais para posterior processamento, incluindo grão de cevada	20
	Alimentos a base de cereais para alimentação infantil (lactentes e crianças de primeira infância)	2
Desoxinivalenol (DON)	Arroz beneficiado e derivados	750
	Alimentos a base de cereais para alimentação infantil (lactentes e crianças de primeira infância)	200
	Trigo integral, trigo para quibe, farinha de trigo integral, farelo de trigo, farelo de arroz, grão de cevada	1000
	Trigo e milho em grãos para posterior processamento	3000
	Farinha de trigo, massas, crackers, biscoitos de água e sal, e produtos de panificação, cereais e produtos de cereais exceto trigo e incluindo cevada malteada.	750
Fumonisinás (B1 + B2)	Milho de pipoca	2000
	Amido de milho e outros produtos à base de milho	1000
	Alimentos a base de milho para alimentação infantil (lactentes e crianças de primeira infância)	200
	Farinha de milho, creme de milho, fubá, flocos, canjica, canjiquinha	1500
	Milho em grãos para posterior processamento	5000

Tabela 10.3. (continuação). Limites máximos tolerados para presença de micotoxinas (LMT), determinados pela Resolução nº 07/2011.

Micotoxinas	Alimento	LMT ($\mu\text{g kg}^{-1}$)
Zearalenona	Farinha de trigo, massas, crackers e produtos de panificação, cereais e produtos de cereais exceto trigo e incluindo cevada malteada.	100
	Arroz beneficiado e derivados	100
	Arroz integral	400
	Farelo de arroz	600
	Milho de pipoca, canjiquinha, canjica, produtos e subprodutos à base de milho	150
	Trigo integral, farinha de trigo integral, farelo de trigo	200
	Milho em grão e trigo para posterior processamento	400
	Alimentos à base de cereais para alimentação infantil (lactentes e crianças de primeira infância)	20

Fonte: Agência Nacional de Vigilância Sanitária, 2011

Segundo Waliyar et al. (2003), existem dificuldades no manejo visando a redução das micotoxinas, uma vez que estas não podem ser consideradas como um grupo único de substâncias tóxicas, baseado no mecanismo de ação e, pela mesma razão, seria impossível desenvolver um único método de controle que garantiria a redução de todas as micotoxinas presentes em commodities agrícolas. Outro fator que dificulta o manejo é que a distribuição da contaminação por micotoxinas é de natureza heterogênea, tomando a amostragem e análise complicadas, além do fato a produção de micotoxinas depende de vários fatores ambientais no campo e/ou durante o armazenamento. Assim, o controle das micotoxinas em alimentos exige uma combinação de vigilância, procedimentos regulatórios e de garantia de qualidade.

Entre as recomendações de manejo visando a redução das micotoxinas, destacam-se o uso de cultivares resistentes a patógenos foi por muito tempo a prática mais utilizada pelos agricultores no controle de doenças, porém, com crescimento do cultivo de milho e mais recentemente do sorgo no Brasil faz-se necessário um manejo integrado para minimizar a ocorrência de fungos toxigênicos e a possibilidade de produção de micotoxina. Esses métodos de controle iniciam na fase de planejamento do plantio e seguem até o armazenamento. Waliyar et al. (2003), definem o manejo para o sorgo na pré e pós-colheita, mas, tais recomendações também são úteis para o milho e são descritas adaptadas para nossas condições em:

Pré-colheita

- Semear variedades ou híbridos de milho ou sorgo que sejam menos suscetíveis a fungos que infectam grãos, principalmente em regiões com histórico de ocorrência de grãos ardidos, mofo e micotoxinas;
- Boas práticas de manejo como rotação de culturas, época de semeadura que evite que chuvas no final de ciclo da cultura coincidam com a colheita;
- Uso de adubação equilibrada; o excesso de nitrogênio deve ser evitado;
- Manter a população ideal de plantas no campo;
- Controlar as pragas e doenças da cultura;
- Realizar a colheita na fase de maturidade adequada, evitando manter a cultura no campo por tempo longo após ser atingida a umidade de colheita.

Pós-colheita

- Colher as espigas ou panículas, e quando necessário secar rapidamente sob luz solar natural ou de forma artificial para atingir o nível de umidade recomendado;
- Classificar espigas/panículas mofadas e danificadas; separar os grãos mofados, coloridos/descoloridos, enrugados e pequenos imaturos;
- Evite danos aos grãos durante a colheita e a debulha;
- Evite empilhar o produto colhido no campo;
- Empilhar sacos de aniagem cheios de grãos em uma tábua de madeira e manter em local arejado e à prova de umidade;
- Evitar danos causados por insetos nos grãos armazenados através de fumigação;
- Monitorar os grãos em todas as etapas de produção, processo e armazenamento para contaminação por micotoxinas.

É importante se atentar ao sistema de produção e os riscos de contaminação por múltiplas micotoxinas. No Brasil, é comum que lavouras de trigo, cevada, centeio sejam cultivadas após a colheita do milho, principalmente no Sul do país. No Cerrado o cultivo do sorgo é comum, sendo normal encontrar lavouras de milho e sorgo lado a lado, ambas sujeitas à incidência de fumonisinas. Com o avanço do cultivo de trigo no cerrado, também é comum que as três culturas dividam a mesma propriedade. Nesse caso, pode haver aumento de incidência de zearalenonas e nivalenol, uma vez que as três culturas são suscetíveis à infecção de *F. graminearum*, o principal produtor desta micotoxina. Dentro deste contexto, a sucessão no cerrado é baseada na semeadura de milho, sorgo, milheto (usado principalmente para cobertura do solo), girassol, trigo e feijão, tendo como cultura principal a soja (Chaves; Calegari, 2001). No Sul do Brasil, região de clima mais frio, além do trigo, outras culturas de inverno, como cevada e aveia, são comuns em sucessão. No Matopiba, o sistema produtivo segue os padrões dos cerrados. Estas culturas, em sua maior parte, são semeadas na mesma área, nas diferentes safras do país, principalmente nos sistemas onde se tem primeira safra/segunda safra (Silva et al., 2018). Nesse sistema, os restos culturais de uma cultura (colmos, raízes e folhas) servem como cobertura de solo para a cultura em sucessão e o solo, na maioria das áreas, não recebe revolvimento, caracterizando o plantio direto (Pereira Filho, 2015; Silva et al., 2018). Estes restos culturais podem ser fonte de inóculo para fungos toxigênicos e portanto, tomar as medidas de manejo que reduzam a contaminação dos grãos é uma recomendação para que não haja aumento de teores de micotoxinas com prejuízos para o setor produtivo e riscos à saúde humana e animal.

10.1 Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Resolução RDC nº 7, de 18 de fevereiro de 2011. **Dispõe sobre limites máximos tolerados (LMT) para micotoxinas em alimentos**. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, 9 mar. 2011. Seção 1, p.66-67. Acesso em 08 de jun. de 2018.

AUGUSTINE, E. O.; ABAH EMMANUEL, A. Assessment of five major mycotoxins in millet and sorghum in Benue south senatorial district, Benue State, Nigeria. **World Journal of Advanced Research and Reviews**, v.16, n. 02, p. 1066–1071, 2022.

ALIM, M.; IQBAL, S.Z.; MEHMOOD, Z.; ASI, M.R.; ZIKAR, H.; CHANDA, H.; MALIK, N. Survey of mycotoxins in retail market cereals, derived products and evaluation of their dietary intake. **Food Control**, v. 84, p. 471- 477, 2018.

ALVES, W. M.; FARONI, L. R. A.; CORRÊA, P. C.; QUEIROZ, D. M.; TEIXEIRA, M. M. Influência dos teores de umidade de colheita na qualidade do milho (*Zea mays L.*) durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Armazenamento**, v. 26, n. 2, p. 40-45, 2001.

AMARAL, K. A. S.; NASCIMENTO, G. B.; SEKIYAMA, L.; JANEIRO, V.; MACHINSKI JR, M. Aflatoxinas em produtos a base de milho comercializados no Brasil e riscos para a saúde humana. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, p. 336- 342, 2006.

APRODU, I.; BANU, I. Co-occurrence of fumonisins and T-2 toxins in milling maize fractions under industrial conditions, **CyTA - Journal of Food**, v. 13, n. 1, p. 102-106, 2015.

ASTORECA, A. L.; EMATEGUY, L. G.; ALCONADA, T. M. Fungal contamination and mycotoxins associated with sorghum crop: its relevance today. **Eur. J. Plant Pathol.**, v. 155, p. 381–392, 2019. <https://doi.org/10.1007/s10658-019-01797-w>

BENNET, J. W.; KLICH, M. Mycotoxins.Clinical. **Microbiology Reviews**, v. 16, p. 497-516, 2003.

BERTHILLER, F.; Sulyok, M.; KRSKA, R.; SCHUHMACHER, R. Chromatographic methods for the simultaneous determination of mycotoxins and their conjugates in cereals. **International Journal of Food Microbiology**, Amsterdam, v.119, p. 33-37, 2007.

BHAT, R.V.; MILLER, J.D. **Mycotoxins and food supply**. 2009. Disponível em: Foods and Agriculture Organizations of United Nations. Disponível em: <[http://www.fao.org/docrep/u3550t/u3550t0e.htm#economic implications](http://www.fao.org/docrep/u3550t/u3550t0e.htm#economic%20implications)>. Acesso em: 19 de jun. 2018.

BITTENCOURT, A. B. F.; OLIVEIRA C. A. F.; DILKIN, P.; CORRÊA, B. Mycotoxin occurrence in corn meal and flour traded in Sao Paulo, Brazil. **Food Control**, Oxford, v. 16, n. 2, p. 117-120, 2005.

BLUHM, B.H.; WOLOSHUK, C.P. Amylopectin induces fumonisin B1 production by *Fusarium verticillioides* during colonization of maize kernels. **Mol Plant-Microbe Interact**, v.12, p.1333–1339, 2005.

BOERMANS, H.J.; LEUNG, M.C.K. Mycotoxins and the pet food industry: Toxicological evidence and risk assessment. **International Journal of Food Microbiology**, v. 119, p. 95–102, 2007.

BOHN, J.; RAZZAI-FAZELI, E. **Effects of mycotoxins on domestic pet species**. In: Diaz, D. (Ed.), The Mycotoxin Blue Book. Nottingham University Press, Nottingham, UK, pp. 77–92, 2005.

CHAVES, J. C. D.; CALEGARI, A. Adubação verde e rotação de culturas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 22, p. 53-60, 2001.

CIACCI-ZANELLA, J. R.; JONES, C. Fumonisin B1 , a mycotoxin contaminant of cereal grains, and inducer of apoptosis via the tumour necrosis factor pathway and caspase activation. **Food and Chemical Toxicology**, Oxford, v. 37, p. 703-712, 1999.

DIAZ, G.J.; BOERMANS, H.J. Fumonisin toxicosis in domestic animals: a review. **Veterinary and Human Toxicology**, v. 36, p. 548–555, 1994.

DA SILVA, J. B., POZZI, C. R., MALLOZZI, M. A. B., ORTEGA, E. M., CORREA, B. Mycoflora and occurrence of aflatoxin B1 and fumonisin B1 during storage of Brazilian sorghum. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 48, p. 4352–4356, 2000.

DOS REIS, T. A., ZORZETE, P., RODRIGUES POZZI, C., DA SILVA, V. N., ORTEGA, E., CORREA, B. Mycoflora and fumonisin contamination in Brazilian sorghum from sowing to harvest. **Journal of Science and Food Agriculture**, v. 90, p. 1445–1451, 2010.

FAO. **Micotoxinas em grãos**. Disponível em: Foods and Agriculture Organizations of United Nations. <<http://www.fao.org/wairdocs/x5012o/x5012o01.htm>>. Acesso em 19 de jun. 2018.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO) (2004). **Worldwide regulations for mycotoxins in food and feed in 2003**. Food and nutrition paper 81. Rome, Italy, 35 pp. Acesso em: 15 de set. de 2023.

FERREIRA, P.; QUEIROZ, V.A.V.; CONCEIÇÃO, R.R.P.; MIGUEL, R.A. Incidência de aflatoxinas e fumonisinas em produtos de milho consumidos no estado de minas gerais. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 12, n. 1, p. 54-60, 2013.

FINK-GREMMEIS, J. The role of mycotoxins in the health and performance of dairy cows. **Vet. J.**, v. 176, p. 84-92, 2008.

FOOD INGREDIENTS BRASIL. **As micotoxinas**. v.7, p. 32-40. 2009. Disponível em: http://www.revista-fi.com/edicoes_materias.php?id_edicao=17. Acesso em 20 de jun. de 2018.

FREIRE, F.C.O.; VIEIRA, I.G.P.; GUEDES, M.I.F.; MENDES, F.N.P. **Micotoxinas: Importância na Alimentação e na Saúde Humana e Animal**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2007. 48p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Documentos, 110).

HE, Q.; RILEY, R. T.; SHARMA, R. P. Fumonisin-induced tumor necrosis factor- α expression in a porcine kidney cell line is independent of sphingoid base accumulation induced by ceramide synthase inhibition. **Toxicology and Applied Pharmacology**, San Diego, v. 174, p. 69-77, 2001.

HERMANN, G.; PINTO, F. T.; KITAZAWA, S. E. Fungos e fumonisinas no período pré-colheita do milho. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, p. 7-10, 2006.

HUSSEIN, H. S.; BRASSEL, J. M. Toxicity, metabolism, and impact of mycotoxins on humans and animals. **Toxicology**, Limerick, v. 167, p.101-134, 2001.

IAMANAKA, B.T.; OLIVEIRA, I.S.; TANIWAKI, M.T. Micotoxinas em alimentos. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica**, Recife, v. 7, p.138-161, 2010.

INTERNATIONAL AGENCY ON RESEARCH IN CANCER (IARC). **Some Naturally Occurring Substances: Food Items and Constituents, Heterocyclic Aromatic Amines and Mycotoxins In: Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans**. Monograph 56. Lyon. 1993.

KAWASHIMA, L. M.; VALENTE SOARES, L. M. Incidência de fumonisina B1, aflatoxinas B1, B2, G1 e G2, ocratoxina A e zearalenona em produtos de milho. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, p. 516-521, 2006.

LANZA, F.B.; ZAMBOLIM, L.; COSTA, R.V.; QUEIROZ, V.A.V.; COTA, L.V.; SILVA, D.D.; SOUZA, A.G.C.; FIGUEIREDO, J.E.F. Prevalence of fumonisin-producing *Fusarium* species in Brazilian corn grains. **Crop Protection**, v. 65, p. 232-237, 2014.

MACHINSKI JR, M.; VALENTE SOARES, L. M. Fumonisin B1 and B2 in Brazilian corn-based food products. **Food Additives and Contaminants**, London, v. 17, p. 875-879, 2000.

MATHUR, S.; CONSTABLE, P.D.; EPPLEY, R.M.; WAGGONER, A.L.; TUMBLESON, M.E.; HASCHECK, W.M. Fumonisin B1 is hepatotoxic and nephrotoxic in milk-fed calves. **Toxicol. Sci.**, v. 60, p. 385-396, 2001.

MARTINS, C.; RICARDO ASSUNÇÃO, R.; CUNHA, S. C.; FERNANDES, J.F.; JAGER, A.; PETTA, T.; OLIVEIRA, C.A.; ALVITO, P. Assessment of multiple mycotoxins in breakfast cereals available in the Portuguese Market. **Food Chemistry**, v. 239, p. 132–140, 2018

MATHUR, S.; CONSTABLE, P. D.; EPPLEY, R. M.; WAGGONER, A. L.; TUMBLESON, M. E.; HASCHECK, W. M. Fumonisin B1 is hepatotoxic and nephrotoxic in milk-fed calves. **Toxicological Sciences**, Orlando, v. 60, p. 385-396, 2001.

MAZIERO, M.T.; BERSOT, L.S. Micotoxinas em alimentos produzidos no Brasil. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 12, n. 1, p.89-99, 2010.

MOHAMMED, A.; BEKEKO, Z.; YUSUFE, M.; SULTYOK, M.; KRKA, R. Fungal species and multi-mycotoxin associated with post-harvest Sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) Grain in Eastern Ethiopia. **Toxins**, v. 14, p. 473, 2022. <https://doi.org/10.3390/toxins14070473>

OUESLATI, S.; BERRADA, H.; MANES, J.; JUAN, C. Presence of mycotoxins in Tunisian infant foods samples and subsequent risk assessment. **Food Control**, v. 84, p. 362-369, 2018.

PERAICA, M.; RICHTER, D.; RAŠIĆ, D. Mycotoxicoses in children. **Arh Hig Rada Toksikol**, v. 65, p.347-363, 2014.

PEREIRA, V. L.; FERNANDES, J.O.; CUNHA, S.C. Mycotoxins in cereals and related foodstuffs: A review on occurrence and recent methods of analysis. **Trends Food Sci. Tech.**, v. 36, p. 96-136, 2014.

SCUSSEL, V. M. **Micotoxinas em alimentos**. Florianópolis: Insular, 1998.

SCUSSEL, V.M. **Fungos em grãos armazenados**. In: LORINI, I., MIKE, L.H., SCUSSEL, V.M. Armazenagem de grãos. IBG (Campinas, São Paulo, Brasil), 675-804, 2002.

SILVA, D. D.; COSTA, R. V.; COTA, L. V.; LANZA, F. E.; GUIMARAES, E. **A. Micotoxinas em cadeias produtivas do milho: riscos à saúde animal e humana**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2015. 27 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 193).

SILVA, D. D. da; COTA, I. V.; COSTA, R. V. da. **Importância das micotoxinas em sistemas produtivos de grãos.** In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 32., 2018, Lavras. Soluções integradas para os sistemas de produção de milho e sorgo no Brasil: livro de palestras. Sete Lagoas: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2018. cap. 16, p. 435-462.

SSEPUUYA, G.; VAN POUCKE, C.; EDIAGE, EM.; MULHOLLAND, C.; TRITSCHER, A.; VERGER, P.; KENNY, M.; BESSY, C.; DE SAEGER, S. Mycotoxin contamination of sorghum and its contribution to human dietary exposure in four sub-Saharan countries. Food Addit Contam Part A, **Chem Anal Control Expo Risk Assess**, v. 35, n. 7, p. 384-1393, 2018. doi: 10.1080/19440049.2018.1461253. Epub 2018 Jun 18. PMID: 29912638.

WALIYAR, F.; RAVINDER REDDY, CH.; ALUR, A.S.; REDDY, S.V.; REDDY, B. V.S.; REDDY, A. R.; GOWDA, C. L. L. 2008. **Management of Grain Mold and Mycotoxins in Sorghum.** Patancheru 502 324, Andhra Pradesh, India: International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics. 32pp.