

MISOSUL

REUNIÃO TÉCNICA SUL-BRASILEIRA
DE PESQUISA DE MILHO E SORGO



**INFORMAÇÕES TÉCNICAS PARA O CULTIVO DO MILHO E SORGO NA REGIÃO
SUBTROPICAL DO BRASIL: SAFRAS 2019/20 E 2020/21**

**CONHECIMENTO | EXPERIÊNCIA | PESQUISA | TECNOLOGIA
APLICAÇÃO | EXTENSÃO | ENSINO**

MISOSUL

INFORMAÇÕES TÉCNICAS PARA O CULTIVO DO MILHO E SORGO NA REGIÃO SUBTROPICAL DO BRASIL: SAFRAS 2019/20 E 2020/21

Eberson Diedrich Eicholz
Christian Bredemeier
Felipe Bermudez
Jane Rodrigues De Assis Machado
Marcos Garrafa
Noryam Bervian Bispo
Rogério Ferreira Aires

Editores Técnicos

Associação Brasileira de Milho e Sorgo
Sete Lagoas- MG
2020

Revisores técnicos

Alencar Rugeri

Engenheiro Agrônomo, Mestre; Extencionista
Associação Sulina de Crédito e Assistência Rural (ASCAR)
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, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (CPACT/Embrapa), BR 392, Km 78, Monte Bonito, 96010-971, Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil.
E-mail: ana.afonso@embrapa.br

Andre Andres

Engenheiro Agrônomo, Doutor; Pesquisador manejo de Plantas Daninhas
Centro de Pesquisa Agropecuária de Clima Temperado, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (CPACT/Embrapa), BR 392, Km 78, Monte Bonito, 96010-971, Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil.
E-mail: andre.andres@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, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (CPACT/Embrapa), BR 392, Km 78, Monte Bonito, 96010-971, Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil.
E-mail: cley.nunes@embrapa.br

Eberson Diedrich Eicholz

Engenheiro Agrônomo, Doutor; Pesquisador em Fitotecnia
Centro de Pesquisa Agropecuária de Clima Temperado, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (CPACT/Embrapa), BR 392, Km 78, Monte Bonito, 96010-971, Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil.
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, Santa Catarina, Brasil.
E-mail: spagnollo@epagri.sc.gov.br

Felipe Bermudez

Engenheiro-agrônomo, Doutor, Pesquisador em Melhoramento de Milho.

Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI), Chapecó, Santa Catarina, Brasil.

E-mail: felipepereira@epagri.sc.gov.br

Edmar W. Gervásio

DERAL - Departamento de Economia Rural

E-mail: edmar.gervasio@seab.pr.gov.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, Santa Catarina, Brasil.

E-mail: htelias@epagri.sc.gov.br

Jane Rodrigues de Assis Machado

Graduação em Ciências Agrárias, Doutora, Pesquisadora - Melhoramento de Milho Embrapa Milho e Sorgo; Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) Passo Fundo-RS;

E-mail: jane.machado@embrapa.br

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, Santa Catarina, Brasil.

E-mail: leandroribeiro@epagri.sc.gov.br.

Marcos Garrafa

Engenheiro Agrônomo Mestre, Professor

Faculdade de Administração, Sociedade Educacional Três de Maio - SETREM, Três de Maio, RS, Brasil.

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, Santa Catarina, Brasil.

E-mail: cristinacanale@epagri.sc.gov.br

Noryam Bervian Bispo

Engenheira Agrônoma, Doutora, Professora

Instituto Federal do Rio Grande do Sul - IFRS /*Campus* Sertão

Melhoramento Genético e Biotecnologia Vegetal

Laboratório de Bioquímica e Biologia Molecular.

E-mail: noryam.bispo@sertao.ifrs.edu.br

Paulo D. Waquil

Engenheiro Agrônomo, Doutor em Economia Agrícola pela University of Wisconsin, USA.

Professor titular do Departamento de Economia e Relações Internacionais (DERI) e dos Programas de Pós-Graduação em Desenvolvimento Rural (PGDR) e em Agronegócios, Faculdade de Ciências Econômicas (FCE), Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

E-mail: waquil@ufrgs.br

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

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.

E-mail: siumar.tironi@uffs.edu.br

Walkyria Bueno Scivittaro

Engenheira Agrônoma, Doutora, Pesquisadora em Manejo e Fertilidade do Solo
Centro de Pesquisa Agropecuária de Clima Temperado, Empresa Brasileira de Pesquisa
Agropecuária (CPACT/Embrapa), BR 392, Km 78, Monte Bonito, 96010-971, Pelotas, Rio
Grande do Sul, Brasil.

E-mail: walkyria.scivittaro@embrapa.br.

Apresentação

A **1ª MISOSUL – Reunião Técnica Sul-Brasileira de Pesquisa de Milho e Sorgo** foi realizada no período de 12 a 14 de agosto de 2019, em Chapecó, SC.

Este Evento buscou integrar as Reuniões Técnicas dos três estados do sul do Brasil, visando ampliar a discussão de problemas de pesquisa e a cooperação de instituições de ensino, pesquisa e extensão para o desenvolvimento de projetos com o objetivo de oferecer uma resposta ou alternativa. Com isso, as reuniões técnicas do Rio Grande do Sul (**63ª Reunião Técnica Anual de Pesquisa do Milho** e a **46ª Reunião Técnica Anual de Pesquisa do Sorgo**), de Santa Catarina (**11ª Reunião Técnica Catarinense de Pesquisa de Milho** e **1ª Reunião Técnica Catarinense de Pesquisa de Sorgo**) e do Paraná (**1ª Reunião Técnica Paranaense de Pesquisa de Milho e Sorgo**) integram-se e passam a ocorrer a cada dois anos, de forma itinerante.

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, que é um produto da reunião, passou a ser atualizado a cada dois anos por profissionais das respectivas áreas e submetido à aprovação durante a sessão plenária no último dia do evento.

A integração dos três eventos resultou na expansão do livro de Indicações Técnicas, revisado e publicado a cada edição. Com isso, novos revisores foram convidados a incluírem pesquisas e referências sobre o estado de Santa Catarina e parte do estado do Paraná, sendo agora intitulado “Informações técnicas para o cultivo do milho e sorgo na região subtropical do Brasil: safras 2019/20 e 2020/21”. Ademais, devido ao dinamismo do mercado de sementes e de produtos fitossanitários, as 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, garantindo, assim, dados atualizados aos interessados.

As informações técnicas descritas nesta publicação, objetivam subsidiar o cultivo de milho e de sorgo no Rio Grande do Sul, Santa Catarina e sul do Paraná nas safras 2019/2020 e 2020/2021.

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
Jane Rodrigues De Assis Machado
Felipe Bermudez (Coordenador da 1ª MISOSUL)

Ficha catalográfica

Informações técnicas para o cultivo do milho e sorgo na região subtropical do Brasil: safras 2019/20 e 2020/21 / editores técnicos Eberson Diedrich Eicholz, Christian Bredemeier, Felipe Bermudez, Jane Rodrigues de Assis Machado, Marcos Garrafa, Noryam Bervian Bispo, Rogério Ferreira Aires. – Sete Lagoas: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2020.

Modo de acesso: <<http://www.abms.org.br/misosul>>.

ISBN: 978-65-990845-1-5

1. Milho. 2. *Zea mays*. 3. Sorgo. 4. *Sorghum bicolor*. I. Eicholz, Eberson Diedrich. II. Bredemeier, Christian. III. Bermudez, Felipe. IV. Machado, Jane Rodrigues de Assis. V. Garrafa, Marcos. VI. Bispo, Noryam Bervian. VII. Aires, Rogério Ferreira.

CDD 633.15 (21. ed.)

SUMÁRIO

1. IMPORTÂNCIA DAS CULTURAS DE MILHO E SORGO	12
1.1.1 Cultura do milho	12
1.1.1.1 Mundo	12
1.1.1.2 Brasil	15
1.1.1.3 Rio Grande do Sul	18
1.1.2 Cultura do sorgo	23
1.1.2.1 Mundo	23
1.1.2.2 Brasil	26
1.1.2.3 Rio Grande do Sul	28
1.2.1 Santa Catarina	28
1.2.1.1 Evolução da área cultivada no Estado	30
1.2.1.2 Evolução de área de cultivo de milho grão, silagem e soja.	31
1.2.1.3 Balanço de Oferta e Demanda – Santa Catarina	32
1.2.1.4 Equivalência milho/soja	34
1.2.1.5 Preços	35
1.3.1 Paraná	37
1.3.1.1 Produção	37
1.3.1.2 Preços	40
1.3.1.3 Exportações	41
1.3.1.4 VBP – Valor Bruto da Produção	41
2. O MERCADO DO MILHO: PRODUÇÃO, PREÇOS, RISCOS E ESTRATÉGIAS DE COMERCIALIZAÇÃO	42
2.1 Introdução	42
2.2 Evolução e características das condições dos mercados do milho no Brasil	44
2.3 Variações nos preços e nas relações de troca	51
2.4 Instrumentos de apoio à comercialização e gestão do risco de preços	56
2.5 Considerações finais	60
2.6 Referências:	61
3 DESENVOLVIMENTO DA PLANTA E EXIGÊNCIAS EDAFOCLIMÁTICAS	62
3.1 Desenvolvimento da planta	62
3.1.1 Período vegetativo	63
3.1.1.1 Subperíodo semeadura-emergência	63

3.1.1.2	Subperíodo emergência-diferenciação dos primórdios florais	64
3.1.1.3	Subperíodo diferenciação dos primórdios florais-florescimento	66
3.1.2	Período reprodutivo	67
3.1.2.1	Subperíodo florescimento-polinização	67
3.1.2.2	Subperíodo polinização-maturação fisiológica	68
3.1.2.3	Subperíodo maturação fisiológica-maturação de colheita	69
3.2	Escala de desenvolvimento da planta de milho	70
3.3	Escala de estádios de desenvolvimento da planta de sorgo	72
3.4	Fenologia	73
3.5	Exigências climáticas	74
3.5.1	Radiação solar	74
3.5.2	Temperatura	74
3.5.3	Necessidades hídricas da planta	76
3.5.3.1	Consumo de água e coeficientes de cultura para milho	79
3.5.4	Manejo da irrigação	82
3.5.5	Cultivo de milho e sorgo em áreas de arroz irrigado	83
3.6	Zoneamento de riscos climáticos	86
3.6.1	Cultura do milho	86
3.6.1.1	Tipos de solos aptos para semeadura	87
3.6.1.2	Períodos de semeadura nos 36 decêndios do ano	88
3.6.1.3	Municípios e períodos favoráveis de semeadura	89
3.6.2	Cultura do sorgo	89
3.6.2.1	Tipos de solos aptos ao cultivo	90
3.6.2.2	Períodos de semeadura nos 36 decêndios do ano	91
3.6.2.3	Municípios e períodos indicados para semeadura	91
4	MANEJO DO SOLO, ADUBAÇÃO E CALAGEM	92
4.1	Manejo conservacionista do solo	92
4.1.1	Rotação de culturas	92
4.1.2	Mobilização mínima do solo	93
4.1.3	Cobertura permanente do solo	93
4.1.4	Processo colher-semear	93
4.1.5	Práticas mecânicas conservacionistas	94
4.2	Adubação e calagem	94

4.2.1	Amostragem de solo	94
4.2.2	Calagem	96
4.2.3	Adubação	101
4.2.3.1	Nitrogênio para milho	101
4.2.3.2	Nitrogênio para milho pipoca	104
4.2.3.3	Nitrogênio para sorgo	104
4.2.4	Adubação fosfatada e potássica	105
4.2.4.1	Fontes de fósforo e de potássio	109
4.2.5	Fertilizantes orgânicos	110
4.2.6	Fertilizantes organo-minerais	110
4.2.7	Fertilizantes foliares	111
4.2.8	Micronutrientes	111
5. CULTIVARES		
5.1	A importância da escolha de cultivares de milho	112
5.1.1	Objetivo da produção	112
5.1.2	Quanto ao tipo de cultivar	114
5.1.3	Quanto à versão da cultivar	116
5.1.4	Quanto ao ciclo da cultivar	118
5.2	Cultivares de sorgo	120
5.2.1	Sorgo granífero	120
5.2.2	Sorgo corte-pastejo	121
5.2.3	Sorgo Silageiro e sacarino	122
5.2.4	Sorgo Biomassa	123
6. ESTABELECIMENTO DA LAVOURA		
6.1	Época de semeadura	124
6.1.1	Fatores determinantes da escolha	124
6.1.2	Efeitos sobre as características da planta	127
6.2	Semeadura	129
6.2.1	Qualidade, classificação e tratamento de sementes	129
6.2.2	Arranjo de plantas	131
6.2.2.1	Densidade de plantas	131
6.2.2.2	Espaçamento entrelinhas	138
6.2.2.3	Distribuição de plantas na linha e variabilidade entre plantas	141

6.2.3	Profundidade de semeadura	142
6.2.4	Equipamentos para semeadura	143
7.	MANEJO INTEGRADO DE PLANTAS DANINHAS	144
7.1	Interferência de plantas daninhas em milho e sorgo	144
7.2	Prevenção de infestações	146
7.3	Métodos de manejo e controle	146
7.3.1	Manejo cultural	147
7.3.1.1	Uso de cultivares adaptadas	147
7.3.1.2	Época de semeadura	148
7.3.1.3	Culturas de cobertura	148
7.3.1.4	Rotação de culturas	149
7.3.2	Controle mecânico	150
7.3.2.1	Capina manual	150
7.3.2.2	Capina mecanizada	150
7.3.3	Controle químico	151
7.3.3.1	Aplicação em pré-semeadura	152
7.3.3.2	Aplicação em pré-emergência	153
7.3.3.3	Aplicação em pós-emergência	154
7.3.3.4	Aplicação em jato dirigido	154
8.	MANEJO INTEGRADO DE DOENÇAS	158
8.1	Principais doenças do milho	158
8.2	Medidas gerais de controle das doenças do milho	160
8.2.1	Resistência genética	160
8.2.2	Sanidade de semente	161
8.2.3	Rotação e sucessão de culturas	164
8.2.4	Eliminação de hospedeiros secundários e plantas voluntárias	165
8.2.5	Balanço de fertilidade	165
8.2.6	População de plantas	166
8.2.7	Manejo da irrigação	166
8.2.8	Aplicação de fungicida	166
8.2.9	Controle de fungos de armazenamento	170
8.3	Principais doenças da cultura do sorgo	170
8.3.1	Medidas gerais de controle de doenças do sorgo	171

8.3.2 Resistência genética a doenças na cultura de sorgo	172
8.3.3 Controle químico	172
9. INTEGRADO DE PRAGAS	175
9.1 Introdução	175
9.2. Principais pragas incidentes nas lavouras de milho e sorgo	176
9.2.1 Pragas de sementes e raízes	176
9.2.2 Pragas de colmos e da base de plantas	177
9.2.3 Pragas de folhas de plântulas e de plantas adultas	179
9.2.4 Pragas de espigas e panículas	182
9.3 Pragas de grãos armazenados	183
9.4 Estratégias de manejo das principais espécies-praga	184
9.4.1 Pragas de lavoura	184
9.4.1.1 Manejo de pragas iniciais	187
9.4.1.2 Manejo de pragas da fase vegetativa e reprodutiva das culturas	191
9.4.2 Pragas de grãos armazenados	193
9.5 Área de refúgio para semeadura de cultivares transgênicas	195
9.5.1 Recomendações para a semeadura e manejo da área de refúgio estruturado	195
9.5.2 Norma de coexistência	196
10. ROTAÇÃO E SUCESSÃO DE CULTURAS	198
10.1 Vantagens e limitações do uso de espécies de cobertura de solo em cultivos isolados como culturas antecessoras ao milho	200
10.2 Sistemas consorciados de espécies de cobertura de solo no outono-inverno antecedendo o cultivo de milho	204
10.3 Estratégias para reduzir os efeitos prejudiciais de espécies poáceas como cobertura de solo no outono-inverno no milho em sucessão	206
10.4 Estratégias para maior benefício do uso de fabáceas e brassicáceas como coberturas de solo no outono-inverno para o milho em sucessão	207
10.5 Uso de espécies de cobertura de solo no outono-inverno como critério para recomendação de adubação nitrogenada no milho em sucessão	208
10.6 Sucessão milho-soja	209
10.7 Potencialidades e desafios do cultivo de milho em terras baixas	210
11. MICOTOXINAS	216

1. IMPORTÂNCIA DAS CULTURAS DE MILHO E SORGO

Revisores técnicos: Alencar Rugeri
Haroldo Tavares Elias
Edmar Wardensk Gervasio

1.1.1 Cultura do milho

Segundo a FAO, atualmente o mundo produz cerca de 2,4 bilhões de toneladas de grãos. A produção de milho na safra 2019/20 chegou a atingir 1,12 bilhão de toneladas, representando mais de 45% do total de grãos produzidos no mundo. Tem destacada importância na alimentação humana e animal, produção de combustível (etanol) principalmente nos Estados Unidos, além de ser utilizado para fabricação dos mais diversos produtos, como medicamentos e colas.

Com 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 no estado do Rio Grande do Sul.

1.1.1.1 Mundo

Desde a safra 2005/06 até 2019/20, a produção mundial de milho cresceu em torno de 60%, muito próxima ao aumento do consumo de 61% (Tabela 1.1). As projeções para a safra 2019/20 indicam que os estoques mundiais devem ficar em 26,1% do consumo, suficientes para suprir a demanda mundial por cerca de quatro meses. A Figura 1.1 indica que a produção e o consumo de milho no mundo vêm crescendo na mesma proporção.

Tabela 1.1 Evolução da produção, consumo, exportação e estoque final de milho no mundo, 2005/06 a 2019/20 (em milhões de t).

Ano	Produção	Consumo	Exportação	Estoque final	Relação Estoque Final / Consumo
2005/06	696,30	703,98	80,93	123,74	17,77%
2006/07	711,05	726,98	93,8	108,74	15,29%
2007/08	792,44	771,95	98,56	129,86	16,39%
2008/09	798,41	781,95	84,48	147,82	18,51%
2009/10	819,35	822,82	96,82	144,11	17,59%
2010/11	832,49	850,31	91,46	128,19	15,40%
2011/12	885,99	882,52	116,97	132,76	14,98%
2012/13	868,00	864,73	95,16	135,43	15,60%
2013/14	990,64	953,15	131,07	174,50	17,61%
2014/15	999,45	976,93	121,83	197,01	19,71%
2015/16	959,10	977,20	119,50	210,10	21,50%
2016/17	1.065,10	1.032,90	158,60	223,90	21,67%
2017/18	1.080,10	1.092,10	152,80	341,60	31,28%
2018/19	1.123,30	1.126,60	171,90	320,80	28,47%
2019/20*	1.112,00	1.138,30	173,50	297,30	26,12%

*Projeção USDA (1º levantamento março /2020)

Fonte: USDA (<https://usda.library.cornell.edu>), março/2020.

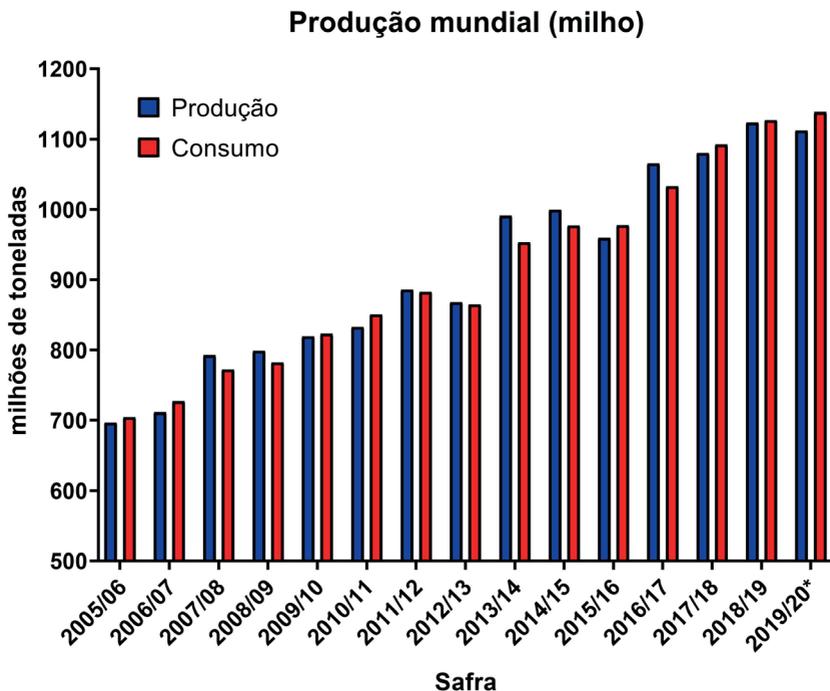


Figura 1.1 Produção e consumo mundial de milho entre 2005/06 e 2019/20 (milhões de toneladas). *estimativa Março 2020

Segundo estimativa da USDA para 2019/20, os principais países exportadores de milho são os Estados Unidos, o Brasil, a Argentina e a Ucrânia. Destaca-se o aumento da participação do Brasil nas exportações mundiais, de menos de nove milhões de toneladas no ano safra 09/10 para 39 milhões de toneladas em 2019/20. Diferentemente da exportação, com alguns países exportando grandes volumes, a importação de milho é feita por um grande número de países com volumes menores, e os que têm maior participação na importação são a União Européia, o México, o Japão e o Vietnã.

Atualmente, os maiores produtores mundiais de milho são os Estados Unidos, com 31% do total (safra 2019/20); em sequência aparecem a China, o Brasil e a União Europeia (Tabela 1.2).

Tabela 1.2 Percentual de participação na produção e no consumo total pelos principais países ou regiões produtoras e consumidoras de milho, safra 2019/20.

Principais produtores		Principais consumidores	
País/Região	%	País/Região	%
Estados Unidos	31	Estados Unidos	28
China	23	China	25
Brasil	9	Brasil	6
União Europeia	6	União Europeia	7
Outros	30	Outros	35
Produção (em milhões t)	1.112,0		1.138,3

Fonte: USDA (<https://usda.library.cornell.edu>), março/2020.

Segundo o USDA, o consumo de milho está estável nos Estados Unidos desde 2016/17, em que a produção tem sido destinada para a produção de etanol e alimentação animal. Durante o período de 2016/17 a 2019/20 o consumo de milho aumentou principalmente na China (18%) devido ao aumento do rebanho bovino de leite, que passou de 1,29 milhão de cabeças em 1990 para 11,02 milhões de cabeças em 2005, e no e no Brasil (14%) devido a maior demanda para a alimentação de animais e para a produção de etanol na região Centro-Oeste. De uma forma geral, o consumo mundial de milho vem crescendo em decorrência do aumento do consumo per capita de proteína animal, já que o milho continua sendo o ingrediente com maior participação na produção de ração. É importante destacar o crescimento constante no consumo de milho no Leste da Ásia, sobretudo na China, além do cenário de possível expansão nas exportações do Brasil durante os próximos anos.

Tabela 1.2 Percentual de participação na produção e no consumo total pelos principais países ou regiões produtoras e consumidoras de milho, safra 2019/20.

Principais produtores		Principais consumidores	
País/Região	%	País/Região	%
Estados Unidos	31	Estados Unidos	28
China	23	China	25
Brasil	9	Brasil	6
União Europeia	6	União Europeia	7
Outros	30	Outros	35
Produção (em milhões t)	1.112,0		1.138,3

Fonte: USDA (<https://usda.library.cornell.edu>), março/2020.

1.1.1.2 Brasil

A produção de milho no Brasil, no período entre a safra de 2003/04 e 2019/20, teve um crescimento de mais de 130%, enquanto que o consumo cresceu 75% no mesmo período. As exportações realizadas nas últimas safras têm possibilitado um equilíbrio da produção e do consumo, sendo que em 2019/20 as exportações bateram recorde de 39 milhões de toneladas. Outro número que merece destaque é a estimativa de uma relação estoque final/consumo de 6,39%, um dos menores valores da série histórica caso os números estimados venham a se confirmar (Tabela 1.3).

Tabela 1.3 Evolução de produção, consumo, importação, exportação e estoque final de milho no Brasil, no período 2003/04 a 2019/20 (em mil t).

Safra	Produção	Importação	Consumo	Exportação	Estoque Final	Estoque Final / Consumo (%)
03/04	42.129	331	38.180	5.031	7.802	20,43
04/05	35.007	597	39.200	1.070	3.113	8,00
05/06	42.515	956	39.830	3.938	2.816	7,07
06/07	51.370	1.096	41.885	10.934	1.824	4,32
07/08	58.652	652	46.084	7.369	7.675	16,66
08/09	51.004	1.182	45.414	7.334	7.113	15,66
09/10	56.018	392	46.968	10.966	5.589	11,90
10/11	57.407	764	49.029	9.312	5.419	11,05
11/12	72.980	774	52.425	22.314	4.434	8,45
12/13	81.506	911	54.114	26.174	6.563	12,12
13/14	80.052	791	54.596	20.925	12.327	22,57
14/15	84.672	316	56.742	30.172	10.401	18,33
15/16	66.530	3.338	53.387	18.883	7.999	14,98
16/17	97.843	2.439	60.500	19.794	14.019	23,17
17/18	80.709	943	63.500	25.116	9.280	14,61
18/19	100.046	1.189	67.000	38.807	5.190	7,75
19/20	100.083*	1.500	67.000	39.500	4.280	6,39

Fonte: Conab, 2020; USDA, 2020. * estimativa março 2020

A elevação da produção é reflexo dos ganhos em produtividade e da expansão da área da segunda safra, já que a área da primeira safra foi reduzida consideravelmente entre os anos de 1976/77 até 2019/20 como mostra a Figura 1.2 (CONAB, 2017). Esta inversão na área destinada ao milho está sendo viabilizada pela redução no ciclo de muitas cultivares de milho e de soja, proporcionando uma semeadura em sucessão à soja, principalmente nos estados da região Centro-Oeste do Brasil. Na região Sul ainda predomina a maior área com milho de primeira safra, mas com perspectivas de aumento desta em decorrência dos mesmos fatores do Centro-Oeste. Recentemente tem-se verificado uma terceira janela de semeadura de milho entre os meses de maio a junho, muito semelhante ao sistema de cultivo realizado no hemisfério norte. As principais áreas produtoras de milho terceira safra estão localizadas nas regiões de Sealba (Sergipe, Alagoas, nordeste da Bahia), Roraima e Amapá.

A Figura 1.3 mostra que foi a partir do ano safra 2012/13 que

a produção da segunda safra superou a produção da primeira, não tanto pela redução da produção desta, mas sim pelo expressivo crescimento da segunda safra de milho no Brasil.

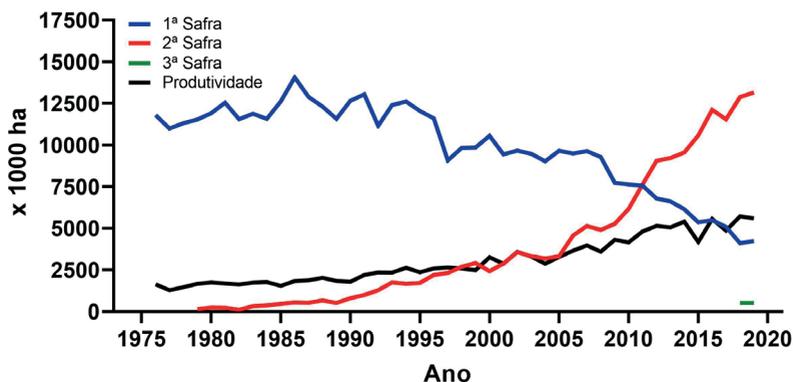


Figura 1.2 Evolução da área primeira, segunda e terceira safras e produtividade média de milho no Brasil entre 1976/77 e 2019/20.

Fonte: CONAB, 2020. * estimativa março 2020.

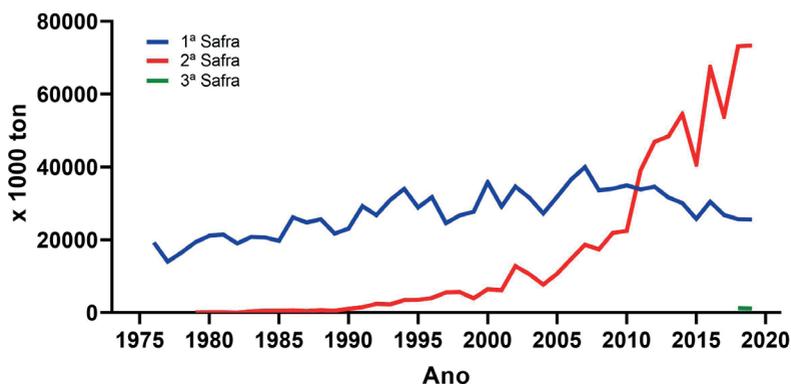


Figura 1.3 Evolução da produção da primeira e segunda safras de milho no Brasil entre 1976/77 e 2019/20.

Fonte: CONAB, 2020. * estimativa março 2020.

A cadeia produtiva do milho vem passando por uma reestruturação,

com ampliação do uso das tecnologias e com mudança na demanda de grãos pelas indústrias integradoras de aves e suínos. Esse cenário apontou para uma redução na armazenagem dentro da propriedade, além de um aumento na produção na região Centro-Oeste.

1.1.1.3 Rio Grande do Sul

A cultura do milho para o Rio Grande do Sul apresenta significativa importância socioeconômica, ocupando aproximadamente 15% do total das áreas semeadas com cultivos de primavera-verão somando as áreas destinadas para a produção de grãos e para silagem. O milho é matéria-prima fundamental para as cadeias produtivas de aves, suínos, leite e, em menor proporção, na pecuária.

Durante os últimos anos a área cultivada com milho (grãos) apresentou grande retração no Rio Grande do Sul (Figura 1.4). Apesar disso, a produção de grãos aumentou, evidenciando um crescimento considerável na produtividade devido ao avanço genético e de manejo. É importante ressaltar que a variabilidade climática entre anos propicia grande variação na produtividade de milho no Rio Grande do Sul mas, mesmo assim, ao longo dos anos está ocorrendo um aumento progressivo de produtividade.

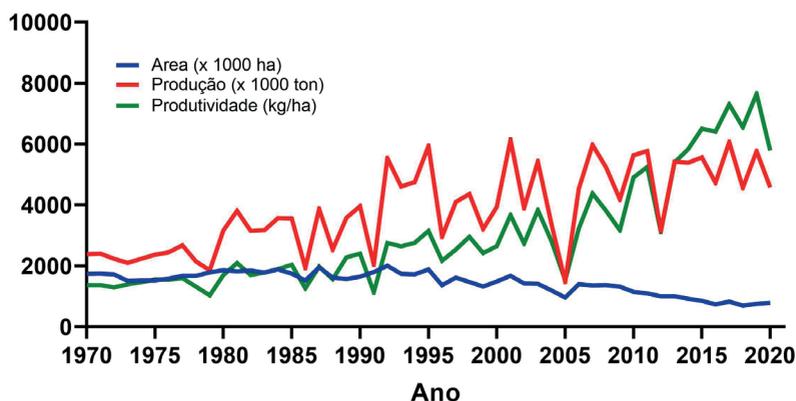


Figura 1.4 Evolução da produção, área e produtividade de milho no Rio Grande do Sul entre 1970/71 e 2019/20.

Fonte: Emater-RS/ASCAR e CONAB, 2020. * estimativa março 2020

Levantamento anual do acompanhamento da safra 2019/20 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, Frederico Westphalen e Soledade (Tabela 1.4). No último ano as regiões com destaque em produtividade foram Santa Rosa, Erechim, Ijuí e Frederico Westphalen. A variabilidade da produtividade média obtida nesta safra em relação a todas as anteriores deve-se à irregularidade de distribuição das precipitações pluviais nas regiões, durante o período de maior demanda hídrica da cultura. A área plantada com milho destinado à produção de grãos no Estado vem apresentando redução da área, chegando nessa safra a 730 mil ha.

Tabela 1.4 Área, produção e produtividade média de milho (grãos) no RS, por região administrativa¹ da Emater/RS/Ascar, safra 2019/20.

Região	Área (ha)	Produção (toneladas)	Produtividade (kg/ha)
Bagé	34.049	150.906	4.432
Caxias do Sul	99.026	571.723	5.774
Erechim	41.645	328.810	7.896
Frederico Westphalen	89.030	646.596	7.278
Ijuí	72.219	527.535	7.305
Lageado	31.559	151.030	4.800
Passo Fundo	57.890	356.405	6.157
Pelotas	45.964	84.504	1.838
Porto Alegre	23.547	65.524	2.782
Santa Maria	38.600	103.379	2.678
Santa Rosa	122.086	985.157	8.069
Soledade	75.310	242.290	3.192
Total	730.923	4.160.417	5.679

¹ A Emater/RS-Ascar é dividida em 12 regiões administrativas.

Fonte: Emater/RS-Ascar. Acompanhamento de Safra – 2019/2020.

A Tabela 1.5 apresenta a área, produção e produtividade do milho destinado à silagem, sendo que no total há mais de 334 mil ha com uma produção de mais de 9 milhões de toneladas de silagem, sendo que as regiões com maior produção de silagem coincidem também

com as regiões com maior produção de leite.

Tabela 1.5 Área, produção e produtividade média de milho (silagem) no RS, por região administrativa¹ da Emater-RS/Ascar, safra 2019/20.

Região	Área (ha)	Produção (kg)	Produtividade (kg/ha)
Bagé	4.523	78.700,2	17.400
Caxias do Sul	30.328	843.118,4	27.800
Erechim	16.391	604.827,9	36.900
Frederico Westphalen	33.759	999.266,4	29.600
Ijuí	63.596	1.793.407,2	28.200
Lageado	51.334	1.298.750,2	25.300
Passo Fundo	29.259	877.770,0	30.000
Pelotas	13.786	157.160,4	11.400
Porto Alegre	11.429	187.435,6	16.400
Santa Maria	8.454	141.181,8	16.700
Santa Rosa	48.782	1.926.889,0	39.500
Soledade	25.173	528.633,0	21.000
Total	334.814	9.404.925,26	28.090

¹ A Emater/RS-Ascar é dividida em 12 regiões administrativas.

Fonte: Emater/RS-Ascar. Acompanhamento de Safra – 2019/2020.

No Rio Grande do Sul, 95,6% dos estabelecimentos que cultivaram milho em 2006 possuíam menos de 100 hectares (Tabela 1.6). Esses estabelecimentos foram responsáveis por 76,3% da área total cultivada e por 71,4% da produção (IBGE 2006).

Informações do Censo Agropecuário apontam que, em 2006, em torno de 35,6% da produção não foi comercializada. Esse percentual significa que mais de 1,8 milhão de toneladas foram transformados dentro da propriedade em carne, ovos e leite. A elevada retenção dentro da propriedade – apesar das mudanças na cadeia produtiva do milho com o aumento da produção de carnes pela integração – resulta provavelmente da elevação do volume de milho destinado à produção de leite pelo uso de silagem.

Tabela 1.6 Número de estabelecimentos, área e produção de milho no RS por extrato de área, 2006.

Extrato de área	Área		Produção			
	número	%	ha	%	t	%
Maior de 0 e menos de 5	40.934	16,3	80.885	6,4	327.912	6,3
De 5 a menos de 10	50.340	20,0	157.542	12,4	587.746	11,2
De 10 a menos de 20	75.066	29,9	297.636	23,4	1.099.321	21,0
De 20 a menos de 50	60.985	24,3	327.859	25,8	1.265.299	24,2
De 50 a menos de 100	12.902	5,1	107.611	8,5	459.204	8,8
De 100 a menos de 200	4.661	1,9	66.379	5,2	295.061	5,6
De 200 a menos de 500	2.886	1,1	85.151	6,7	414.711	7,9
De 500 a menos de 1 000	1.016	0,4	69.022	5,4	361.419	6,9
De 1 000 a menos de 2 500	459	0,2	60.038	4,7	311.415	5,9
De 2 500 e mais	66	0,0	17.406	1,4	106.006	2,0
Produtor sem área	1.900	0,8	3.045	0,2	6.217	0,1
Total	251. 215	100,0	1. 272.574		5.234.311	100,0

Fonte: Censo Agropecuário 2006.

Os preços médios recebidos pelos produtores de milho, segundo a Emater/RS-Ascar, tiveram uma variação acentuada no período de 2008 a 2017, atingindo o pico em junho de 2016, sendo que neste ano a média anual ficou em R\$ 39,84 (Tabela 1.7). Pelo custo de produção, a produtividade da cultura torna-se fundamental para a ampliação da área de milho no Estado.

Tabela 1.7 Preços médios mensais (R\$/saca) recebidos pelos produtores no Rio Grande do Sul entre janeiro de 2010 e dezembro de 2019.

Meses	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
jan,	16,83	22,57	25,95	27,20	22,59	23,19	31,57	31,00	26,65	32,56
fev,	15,46	22,90	26,54	27,92	22,89	22,38	35,04	27,61	27,07	32,48
mar,	15,18	23,53	25,86	27,33	23,96	22,64	37,22	23,76	30,94	31,95
abr,	15,03	24,38	25,05	23,71	24,72	23,34	40,25	21,60	34,58	30,92
mai,	15,07	24,88	22,86	22,98	24,36	22,34	43,46	21,28	34,74	29,39
jun,	15,42	25,02	23,63	22,88	23,30	21,97	46,15	21,94	35,61	30,73
jul,	15,60	25,42	24,09	23,21	22,70	22,45	43,68	21,38	34,15	32,41
ago,	16,15	25,68	26,91	22,79	21,18	23,35	45,31	22,37	36,25	31,91
set,	18,10	24,53	28,17	21,97	21,57	24,40	42,73	23,95	37,79	32,29
out,	19,88	25,67	28,08	22,07	22,22	27,12	39,39	25,06	36,23	33,23
nov,	21,70	25,36	28,47	22,21	22,41	28,61	38,18	26,24	33,93	35,20
dez,	22,33	24,64	29,66	22,61	23,66	29,21	35,08	27,08	34,20	36,95
Média	17,23	24,55	26,27	23,91	22,96	24,25	39,84	24,44	33,51	32,50

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

1.1.2 Cultura do sorgo

O sorgo é cultivado em áreas e condições ambientais muito secas e/ou quentes. Vem sendo cultivado em latitudes de até 45° Norte e 45° Sul, e isso só foi possível graças aos trabalhos de melhoramento de plantas adaptadas para áreas fora da zona tropical.

Com intuito de contextualizar a situação da cultura de sorgo, a seguir são apresentadas tabelas e figuras contendo informações de estatísticas de produção e dados econômicos da cultura no mundo, no Brasil e no estado do Rio Grande do Sul.

1.1.2.1 Mundo

A produção deverá atingir mais de 57 milhões de toneladas, conforme estimativa do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA) para a safra 2019/20. A produção mundial de sorgo tem pequena variação ao longo dos anos.

Tabela 1.8 Evolução da produção, consumo total e estoque final de sorgo no mundo no período de 2003/04 a 2019/20 (em milhões t).

Ano	Produção	Consumo	Estoque final	Relação Est. Final/Consumo
2003/04	60,43	59,34	5,17	8,71%
2004/05	58,80	58,80	5,04	8,57%
2005/06	59,65	59,30	5,00	8,43%
2006/07	57,55	58,40	4,20	7,19%
2007/08	66,45	64,50	5,60	8,68%
2008/09	64,72	64,40	6,10	9,47%
2009/10	59,30	61,60	3,70	6,01%
2010/11	62,48	57,47	5,83	10,01%
2011/12	54,04	56,30	3,56	6,32%
2012/13	57,37	61,79	3,45	5,58%
2013/14	60,98	60,00	4,43	7,38%
2014/15	65,90	65,70	6,22	9,47%
2015/16	61,43	62,37	5,28	8,46%
2016/17	63,18	62,96	5,50	8,73%
2017/18	58,28	58,89	4,85	8,23%
2018/19	59,26	58,76	5,62	9,56%
2019/20	57,46	58,72	4,35	7,41%

Fonte: USDA (<https://usda.library.cornell.edu>), março/2020.

A figura 1.5 mostra que tanto a produção quanto o consumo se mantiveram em aproximadamente 60 milhões de toneladas nos últimos 15 anos. Os maiores produtores mundiais são Estados Unidos, Nigéria e Etiópia, sendo que o Brasil ocupa a nona posição. Os países com maior consumo são Nigéria, Estados Unidos e México (Tabela 1.9). Destaca-se a participação dos países africanos tanto no consumo quanto na produção de sorgo.

Produção mundial (sorgo)

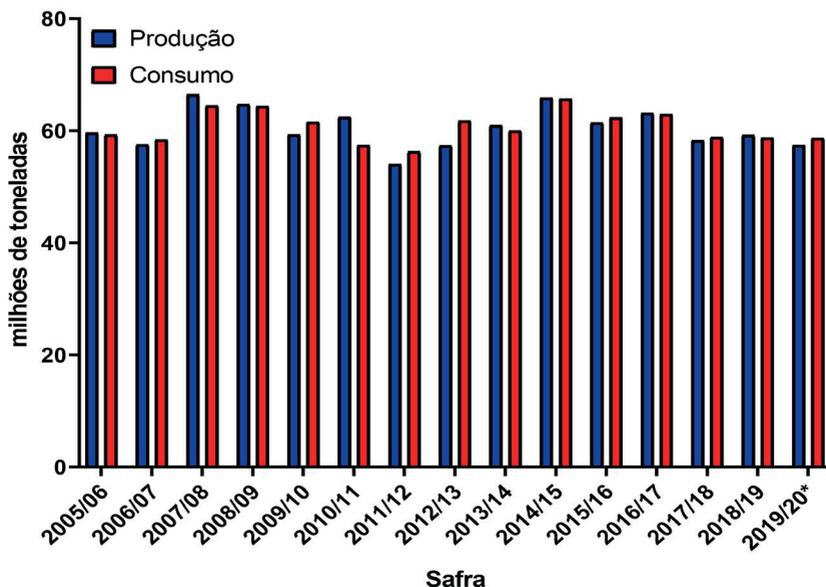


Figura 1.5 Evolução da produção e do consumo de sorgo no mundo entre 2005/06 e 2019/20 (milhões toneladas).

Fonte: USDA (<https://usda.library.cornell.edu>), março/2020.

Tabela 1.9 Principais países produtores e consumidores de sorgo no mundo, safra 2019/20.

Principais produtores		Principais consumidoras	
Países	Mil/ton.	Países	Mil/ton.
Estados Unidos	8.673	Nigéria	6.800
Nigéria	6.900	Estados Unidos	5.969
Etiópia	5.200	México	5.250
México	4.500	Etiópia	5.100
Índia	4.400	Sudão	4.450
Sudão	4.000	China	4.400
China	3.600	Índia	4.300
Argentina	2.500	Argentina	2.400
Brasil	2.100	Brasil	2.100
Total em mil toneladas	41.873		40.769

Fonte: USDA (<https://usda.library.cornell.edu>), março/2020.

1.1.2.2 Brasil

O sorgo foi introduzido no Brasil no início do século XX (DUARTE, 2010), mas desde então nunca se firmou como uma cultura com características comerciais marcantes. Por ser identificado como substituto do milho em vários usos, houve limitações à sua aceitação por produtores e consumidores.

O sorgo também apresenta dificuldades na comercialização e no armazenamento, tornando-se um produto marginal. Isso faz com que os produtores interessados em produzi-lo possuam algum vínculo com a indústria de rações.

A Figura 1.6 mostra a evolução da produção, área e produtividade de sorgo no Brasil entre o ano safra 1976/77 e 2016/17 que corrobora as afirmações dos parágrafos anteriores. Nos últimos anos a produção brasileira de sorgo está ao redor de dois milhões de toneladas, e a região Centro-Oeste participa com mais da metade da produção nacional, seguida pela região Sudeste, como mostra a Figura 1.7. É possível destacar ainda que a região Sul tem pouca participação na produção nacional de sorgo.

Em relação ao rendimento da cultura, percebe-se uma relativa estagnação nos últimos 40 anos, tendo em vista que no ano safra 1976/77 a produtividade já era de aproximadamente 2.400 kg/ha e que na safra 2016/17 a expectativa é de chegar a apenas 2.800 kg/ha.

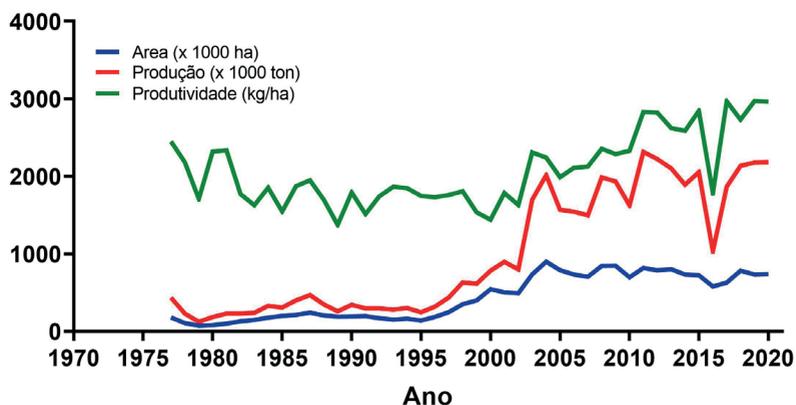


Figura 1.6 Evolução da produção, área e produtividade de sorgo no Brasil entre 1976/77 e 2019/20*.

Fonte: CONAB, 2020. * Estimativa março 2020

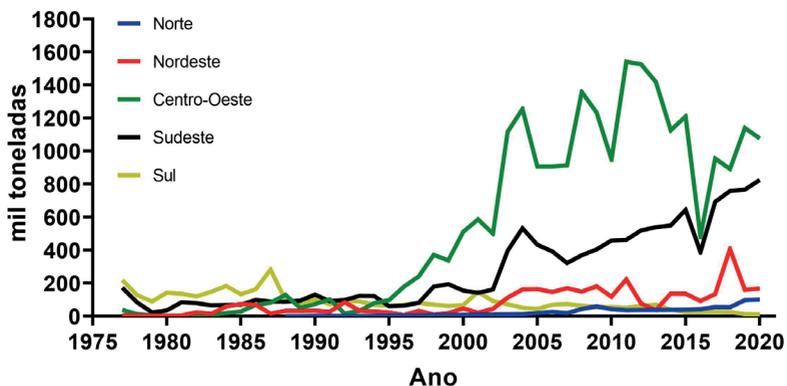


Figura 1.7 Evolução da produção de sorgo no Brasil nas regiões entre 1976 e 2020.

Fonte: CONAB, 2020. * estimativa, março 2020

1.1.2.3 Rio Grande do Sul

O Rio Grande do Sul, no ano safra 2019/20 deverá colher 11,8 mil toneladas de sorgo. A produção nunca foi muito expressiva no Estado, sendo que os dois anos de maior produção foram registrados em 1987 e em 2000 com produção de 264 e 145 mil toneladas, respectivamente. A área projetada para 2020 é de 4,1 mil ha com um rendimento médio esperado de aproximadamente três mil kg/ha, similar ao rendimento nacional, conforme mostra a figura 1.8.

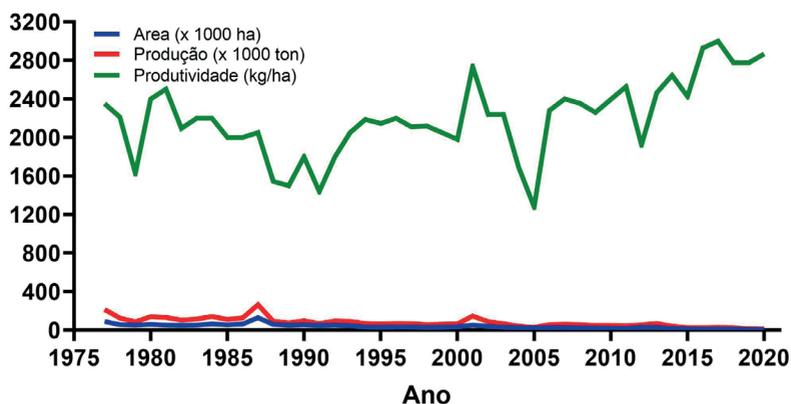


Figura 1.8 Evolução da área, produtividade e produção de sorgo no Rio Grande do Sul entre 1976 e 2020.

Fonte: CONAB, 2020. * Estimativa março 2020.

1.2 Santa Catarina

Em Santa Catarina, o milho é a cultura de maior expressão tanto em termos de área, quanto em volume de produção. Além disso, tem importância significativa em termos socioeconômicos, seja porque é plantado em sua maior parte por pequenos produtores, seja porque é o principal insumo para o arraçoamento dos plantéis de suínos e aves. Este era o cenário na década de 90. Em 1995/96 a área de cultivo no estado alcançou um milhão de hectares (Icepa, 1996). Desde então, tem apresentado uma forte redução na área cultivada, registrando o cultivo em torno de 500 mil hectares, entre milho grão e

milho com destino para silagem nas últimas safras.

A produção tem apresetado oscilações em função das condições climáticas. No cultivo 2016/17 apresentou crescimento significativo na produção de milho grão comparativamente à safra anterior, o crescimento foi de 17,3%, enquanto a área aumentou 2,12% (Tabela 1.10). Na safra 2017/18, a redução da produção ficou em 20,4%, justificada pelos baixos preços praticados em 2017, com redução da área plantada, bem como diminuição da produtividade em função de problemas climáticos regionais. O plantio da safra 2018/19, com os preços fortalecidos em 2018, levou a uma reversão na área plantada no estado, que nos últimos cinco anos decresceu de cerca de 8% ao ano. Para a safra 2019/2019 a estimativa inicial é uma pequena redução de área de 0,5% (Tabela 1.10).

Tabela 1.10 Milho: Santa Catarina – Área plantada e quantidade produzida por microrregião – Safras 2015/16-2019/20.

MRG safras	Área Plantada (ha)					Quantidade Prod. (t)				
	2015-16	2016-17	2017-18	2018-19	2019-20	2015-16	2016-17	2017-18	2018-19	2019-20
Ararangá	8.148	8.089	8.644	8.450	8.440	42.999	33.184	58.077	57.023	56.111
Blumenau	1.773	1.567	1.899	1.872	1.890	6.800	5.967	7.374	8.605	8.785
Campos de Lages	35.500	36.010	33.080	32.300	32.717	233.622	264.126	248.812	258.140	258.090
Canoinhas	30.500	32.100	28.800	29.300	29.900	266.270	304.670	277.180	254.032	281.840
Chapecó	61.314	64.929	51.117	51.751	45.086	446.525	555.319	416.346	434.186	420.789
Concórdia	31.140	24.630	23.359	24.350	23.650	211.666	205.038	169.839	179.731	177.311
Criciúma	7.829	8.220	7.534	7.464	12.520	47.117	48.199	50.542	50.074	52.702
Curitibanos	22.446	21.608	17.360	24.335	26.535	205.618	239.546	157.872	258.392	263.982
Florianópolis	619	539	359	93	801	2.299	2.018	1.730	434	35
Ituporanga	10.080	11.120	9.072	10.980	10.430	61.600	78.125	62.442	77.766	74.988
Joaçaba	55.552	59.684	49.130	57.425	57.895	443.751	630.233	407.583	527.732	499.638
Joinville	485	340	390	335	460	1.674	1.160	1.544	1.703	2.344
Rio do Sul	19.450	20.930	18.525	20.165	19.000	111.432	129.932	125.648	138.239	131.196
São Bento do Sul	5.500	5.000	4.400	4.100	3.600	44.750	35.200	35.616	32.650	31.350
São Miguel do Oeste	45.640	45.410	39.830	38.933	38.544	282.792	360.400	299.740	295.534	301.417
Tabuleiro	3.505	3.457	2.725	2.975	2.381	11.968	11.801	15.738	16.972	15.310
Tijucas	1.690	1.705	480	1.735	1.680	6.237	6.764	1.774	9.100	8.420
Tubarão	6.451	5.590	6.089	5.858	5.769	37.816	27.964	36.924	36.213	35.719
Xanxerê	23.500	28.000	19.930	23.690	22.990	207.534	292.874	197.178	256.312	246.882
Santa Catarina	371.176	378.981	322.750	346.111	344.288	2.672.670	3.232.716	2.572.077	2.892.836	2.866.905

Fonte: Epagri/Cepa, dez. 2019.

1.2.1.1 Evolução da área cultivada no Estado

Desde 2012/13, a área destinada ao milho grão reduziu-se em mais de 120 mil hectares. Na safra 2018/19, contudo, houve

recuperação da área de cultivo em 7,2%. Para a safra 2019/20, as estimativas apontam para uma estabilização da área cultivada (Figura 1.9). Em termos de produtividade, no período de seis anos, entre 2012/13 e 2018/19, o incremento foi de 20,4%, que representa um aumento de 1.400 kg/ha no período, e, em torno de 230 kg/ha/ano. As microrregiões que estão registrando incrementos de produtividade mais expressivos nas últimas safras foram Joaçaba, Curitibanos (com destaque para o município de Campos Novos), Canoinhas e Xanxerê (com destaque para Abelardo Luz), onde são alcançados valores superiores a 10 toneladas por hectare (Tabela 7). A soja é o principal concorrente em área com o milho no estado, e nos últimos anos a constante valorização de seus preços, aliada à forte oscilação nos preços do milho, estimularam a conversão de áreas de milho para plantio da soja, principalmente nas regiões Oeste e Planalto.

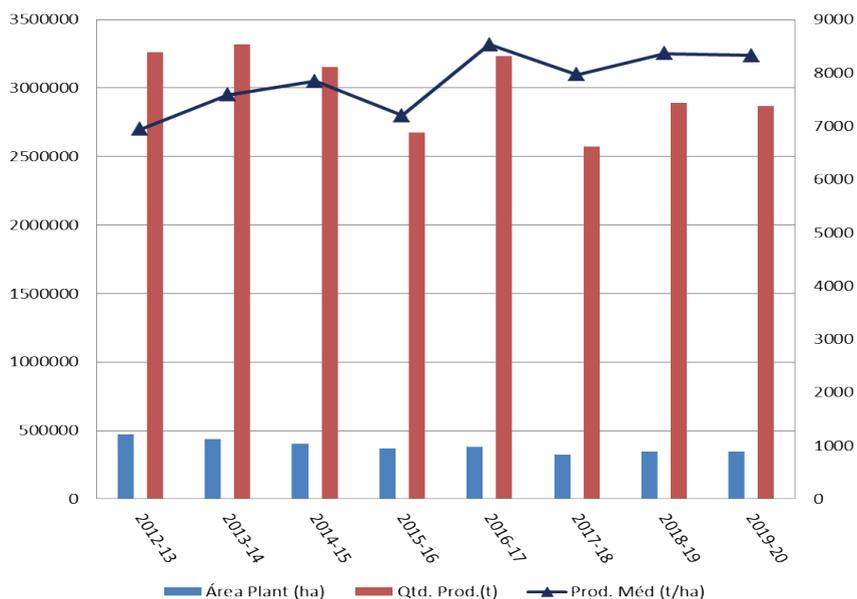


Figura 1.9 Milho: Santa Catarina - Evolução da área, produção e rendimento de milho, 2012/13 a 2019/2020.

Fonte: Epagri/Cepa, 2019.

1.2.1.2 Evolução de área de cultivo de milho grão, silagem e soja.

Assim como nos demais estados, a área cultivada com soja em Santa Catarina vem aumentando consistentemente, no período de 2012/13 até a safra 2019/2020 teve um incremento de mais de 200 mil hectares (Figura 1.10). Enquanto que, as lavouras de milho destinadas a produção de grãos apresentou forte redução de área de cultivo. No entanto, o milho grão também perdeu área para o cultivo de milho para fins de silagem, na safra 2019/20, a estimativa é de cultivo de 220 mil hectares de milho silagem. A forte expansão da produção leiteira no estado está relacionada a demanda de forrageiras. Santa Catarina já é o quarto maior produtor de leite do Brasil.

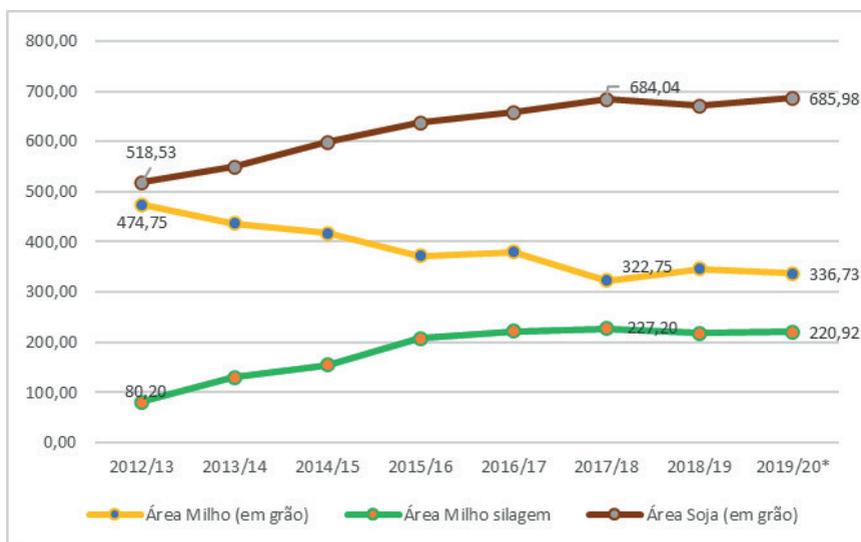


Figura 1.10. Milho: Santa Catarina - Evolução da área, de milho grão, silagem e soja, 2012/13 a 2019/2020.

1.2.1.3 Balanço de Oferta e Demanda – Santa Catarina

O debate sobre o suprimento de milho para atendimento das demandas da pecuária é recorrente em Santa Catarina. Há mais de duas décadas este tema entra na pauta do setor agropecuário, seja para demandar ao Estado a implantação de políticas públicas mitigatórias ou a atuação deste no mercado, em especial nos anos

em que a produção estadual apresenta queda e os preços estão mais elevados.

O déficit do suprimento, que nos anos 1980 era praticamente nulo, subiu gradativamente desde então. Tal situação derivou do fato da produção de milho, embora crescente naquele período, ter evoluído num ritmo bem inferior ao consumo. No que tange à demanda, vale salientar que esta foi fortemente impulsionada pela implantação da avicultura em moldes industriais a partir do final dos anos 1960 e início da década de 1970, além do significativo crescimento da produção catarinense de suínos, ação impulsionada pelo próprio Estado (ICEPA, 2006).

O cenário de abastecimento interno de milho em Santa Catarina se agravou após 2010, quando se observa reduções mais significativas e sistemáticas na área cultivada, conseqüentemente reduzindo a produção total do estado.

A demanda total de milho grão em 2019 chegou a 7,17 milhões de toneladas, um incremento de 6% em relação ao ano anterior. Com a oferta de 3,53 milhões de toneladas, houve um déficit de 3,64 milhões de toneladas. O déficit de milho do estado é atendido pelas importações interestaduais, principalmente do Mato Grosso do Sul, Paraná, além da importação de países como Paraguai e Argentina. Com a estimativa de produção de 2,85 milhões de toneladas na safra 2019/2020 (Boletim Agropecuário Epagri/Cepa janeiro 2020), a oferta se mantém estabilizada. Incluindo as importações neste ano, que duplicaram em relação ao período anterior. No entanto, a demanda do setor agroindustrial deverá crescer em 2020, em função da maior demanda das exportações de carnes, em especial para o mercado Chinês. Assim, estima-se que haverá necessidade de aquisição superior a 4 milhões de toneladas em 2020. Há algumas alternativas que a Secretaria de Estado da Agricultura e da Pesca, junto com setores produtivos, estão viabilizando para minimizar os efeitos do déficit de milho: aumentar a produção do milho no estado pela elevação da produtividade, investimentos no aumento da capacidade de armazenagem, fomento de pesquisas de outros grãos para completar a alimentação dos animais, como trigo, triticale e cevada, e investimentos em ferrovias, cuja solução é de médio a longo prazo. A situação é mais crítica no Oeste Catarinense, onde o déficit entre

a produção e o consumo se acentua devido à concentração da produção de aves e suínos. Esse déficit faz com que seja necessário importar milho de outras regiões do país (Centro-Oeste) e até de outros países (Paraguai e Argentina). A falta de produção para atender toda a demanda, tem como reflexo o aumento do custo do produto, principalmente em função do transporte. Nova rota de importações está sendo trabalhada, sobretudo buscando o produto do Paraguai.

Tabela 1.11 Milho: Santa Catarina – Balanço de oferta e demanda em Santa Catarina – 2019 (1.000 t).

Produto		Milho (x 1000)	Participação (%)
Oferta	1ª safra (2016/17)	2.791,0	79
	Produção 2ª safra (2016/17)	101,6	3
	Total (2016/17)	2.892,6	82
	Importações	631,0	18
	TOTAL	3.523,6	100
Demanda	Suínos	3.077,0	43
	Animal Frangos de corte	2.726,2	38
	in Galinhas poedeiras	322,0	4
	Consumo natura Perus	197,1	3
	Bovinos	500,0	7
	Humano in natura	30,3	0
	Reservas para sementes	1,6	0
	Perdas	45,8	1
	Exportações	334,0	5
	TOTAL	7.234,1	100
Saldo		-3.710,5	- 51

Fonte: Epagri/Cepa, 2019.

1.2.1.4 Equivalência milho/soja

A análise da equivalência de preços entre milho e soja auxilia o produtor em relação à possibilidade de ganho na tomada de decisão entre as duas commodities (Figura 1.11). Em Santa Catarina, considerando os custos de produção e o retorno proporcionado pelas duas culturas, quando a relação de troca soja/milho é ao menos 2,3 o plantio da soja é favorável em relação plantio de milho, abaixo deste valor o milho ganha competitividade. Em 2017, relação foi favorável à soja, pois os preços do milho se mantiveram abaixo de R\$ 25,00/

sc em vários meses. Em 2018, com os preços mais valorizados, o milho voltou a apresentar uma relação competitiva com a soja, uma vez que a relação do preço soja/milho esteve inferior a 2,3 em vários meses, o que, de certa forma, incentivou uma recuperação da área cultivada de milho para a safra 2018/19. Em 2019, o panorama continua semelhante, com os preços do milho fortalecidos em boa parte do ano em função das exportações recorde registradas no ano. Em dezembro de 2019, a relação foi a mais baixa da série, esteve em 2,0. É interessante observar que, com a melhoria da logística de exportações do milho do Mato Grosso (maior produtor nacional) via Arco Norte, os patamares de preços do milho permanecem relativamente competitivos em relação à soja no estado. O valor do frete do Mato Grosso para Santa Catarina chega a duplicar o preço do milho em algumas épocas do ano.

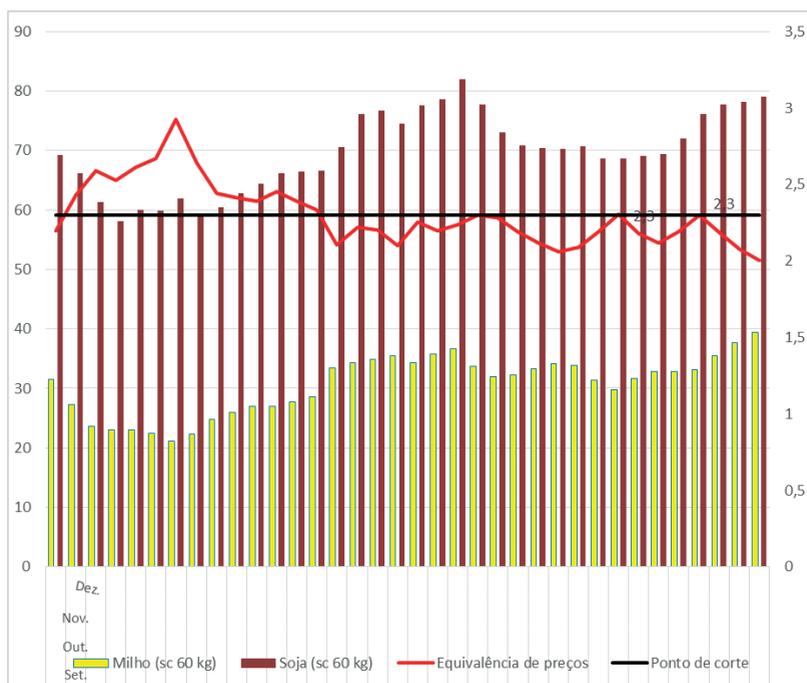


Figura 1.11. Santa Catarina – Equivalência de preços mensais entre soja e milho – jan./12 a dez./2019
 Fonte: Epagri/Cepa, 2019.

1.2.1.5 Preços

Alterações nos chamados fundamentos do mercado, oferta e demanda, provocam oscilações de estoques, que influenciam diretamente os preços. Contudo, outros fatores têm adquirido peso na formação dos preços, mercado futuro, as relações comerciais entre países e outros. O comportamento dos preços nas últimas três safras se apresentaram de maneira diferenciada. Após um ano de altas ofertas (produção recorde de milho no Brasil na safra 2016/17) levou a preços inferiores a R\$ 25,00/sc. O preço pago ao produtor retoma força em 2018, ultrapassando o patamar de R\$ 35,00 desde março nos estados do Sul, principalmente. Neste ano houve uma quebra na segunda safra, que proporcionou valorização do produto no mercado interno. Um fato importante foi o movimento dos caminhoneiros em junho de 2018, que resultou em tabelamento dos preços do frete, que impactaram nos preços do milho no estado desde então. Em 2019, com a retomada da produção na segunda safra do Centro-Oeste, seriam previstos preços enfraquecidos no mercado interno. No entanto, com o forte crescimento das exportações em 2019 (mais de 40 milhões de toneladas), diminuíram os estoques internos e os preços se mantiveram fortalecidos durante boa parte do ano, em especial no segundo semestre. Em Santa Catarina, os preços alcançaram o patamar de R\$40,00 em dezembro de 2019, maior valor desde 2017.

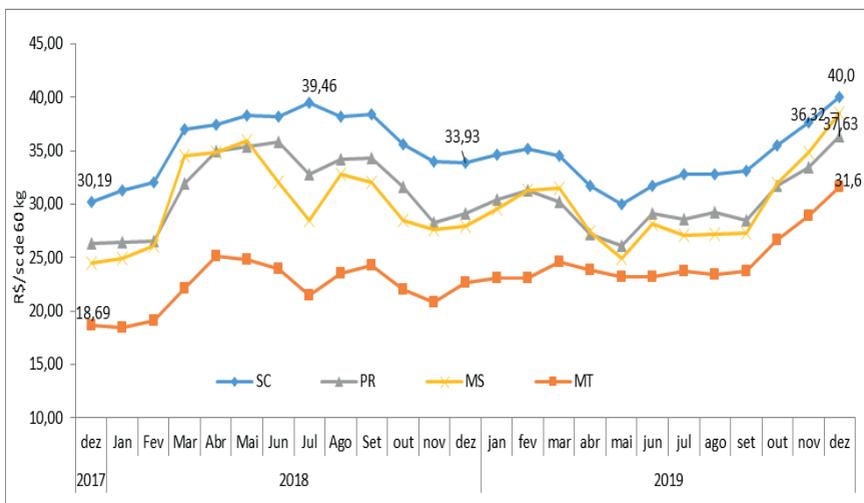


Figura 1.12 Milho – Evolução do preço médio mensal ao produtor em Santa Catarina, Mato Grosso, Paraná, Mato Grosso do Sul – 2017 a dezembro/2019. Atualizado IGPDI.

Fonte: Epagri/Cepa. Deral. Agrolink.

1.3.1 Paraná

O estado do Paraná é importante produtor de proteína animal, com destaque para a oriunda de aves e suínos. Neste sentido a produção de milho no Estado é relevante e necessária para suprir a demanda dessas cadeias.

Hoje a produção de milho concentra-se na segunda safra, que no ciclo 18/19 representou mais de 80% do total de milho produzido no Paraná. A primeira safra detém em torno de 20% do volume de produção.

1.3.1.1 Produção

A produção paranaense foi de 16,4 milhões de toneladas na safra 2018/19. O resultado foi dentro do esperado, entretanto um pouco abaixo do potencial médio que inicialmente era algo próximo a 17 milhões de toneladas.

A primeira safra 2018/19 contribuiu com um volume de 3,1 milhões de toneladas e a segunda com 13,4 milhões de toneladas.

A área plantada na safra 2018/2019 foi de 2,6 milhões de hectares tendo 2,20 milhões na segunda safra e 360 mil hectares na primeira safra.

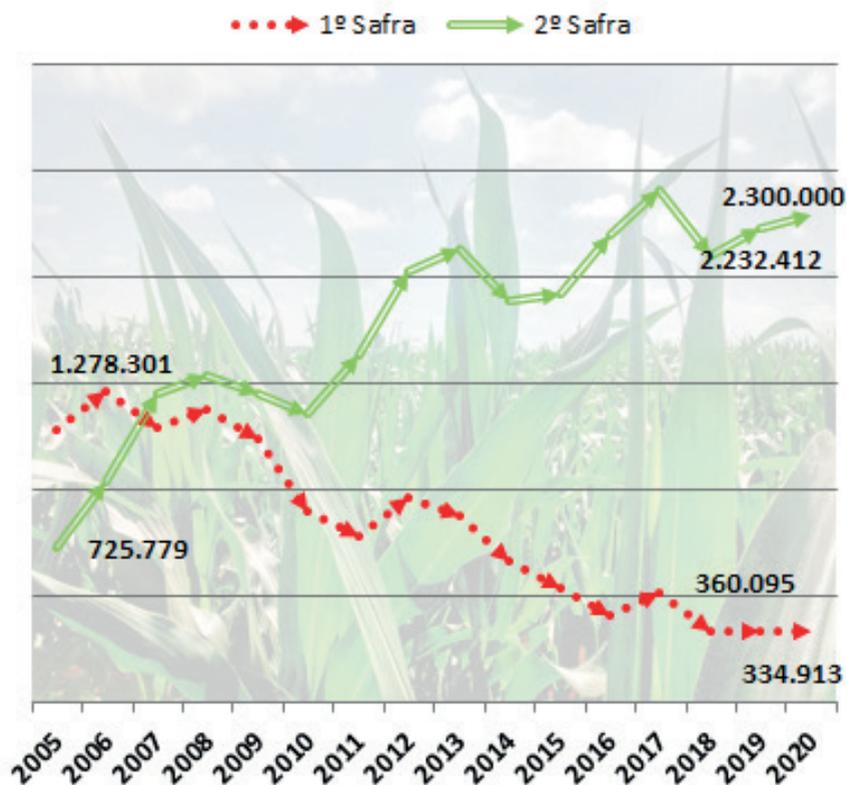


Figura 1.13 Área plantada de milho no Paraná 2001 – 2020*

Fonte: DERAL/ SEAB, * - projeção de área segunda safra 2018/19 Edmar W. Gervásio primeira safra estimativas iniciais Deral.

A perda de área na safra 2018, na primeira safra, foi de 72% comparativamente a 2005, entretanto mesmo não sendo uma safra cheia nesta mais recente a produção reduziu-se em menor escala: 52%. Já a segunda safra teve um incremento de área de 208%, enquanto a produção cresceu 555%, porém a segunda safra de 2005

houve impactos na produção, não sendo uma safra cheia.

A área total de milho no Paraná aumentou em 29% (2005 x 2018), este aumento está essencialmente ligado à segunda safra, pois a primeira sofre redução constante ao longo dos anos.

Já em relação à produtividade de milho, observa-se que ano a ano há um avanço no potencial produtivo, em ambas as safras.

A produtividade média da primeira safra em 2019 evoluiu 15% comparativamente à safra 2010, enquanto que a segunda safra evoluiu 19%.

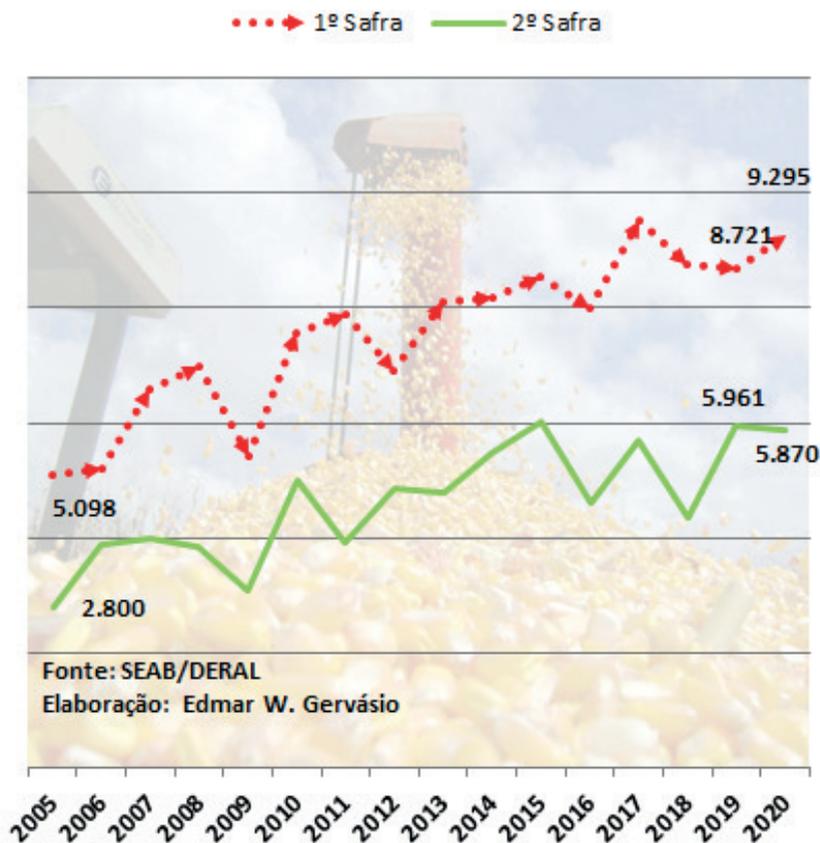


Figura 1.14 Produtividade de milho no Parana 2008 – 2020*
Fonte: DERAL/ SEAB, * - projeção de produtividade segunda safra 2018/19 Edmar W. Gervásio. Primeira safra estimativas iniciaisDeral.

A produção média de milho no estado do Paraná nos últimos 10 anos foi superior a 15 milhões de toneladas, hoje para uma safra dentro da normalidade espera-se uma produção entre 17 e 19 milhões de toneladas.

1.3.1.2 Preços

Em 2019, até novembro, o preço médio do da saca de 60 kg de milho é praticamente igual ao de 2018, apresentando um aumento de 0,6%. O preço médio é de R\$ 29,14, contra R\$ 28,97 do ano anterior.

O preço do milho manteve-se em um patamar alto praticamente todo o ano, conforme Figura 1.15, tendo uma aceleração no final do ano. Um dos motivos principais dessa estabilidade em patamares superiores a anos anteriores é uma demanda interna e externa maior. No mercado doméstico a transformação em proteína é um dos fatores que contribuíram para escoar a produção.

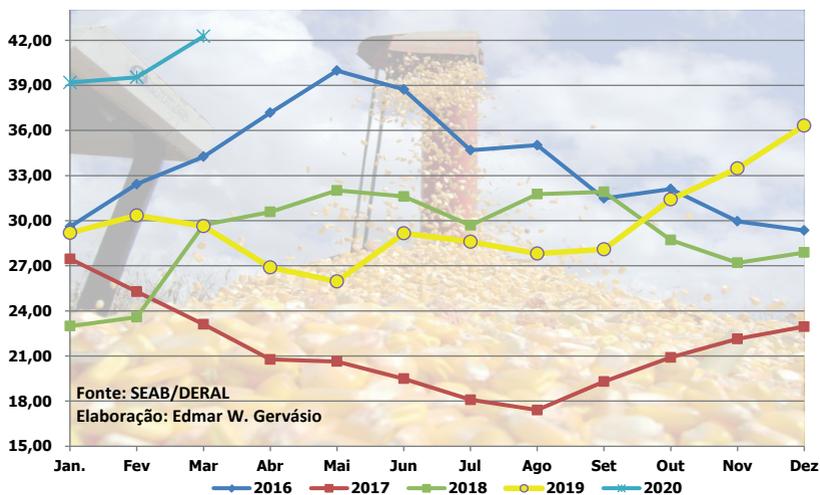


Figura 1.15 Preço médio recebido pelo produtor de milho no Parana saca 60 kg

Já em 2020 os preços iniciaram sendo 40% maiores que dezembro/2019 e avançando em março/2020 para mais de R\$ 42,00 a saca de 60kg, sendo este o maior preço nominal da história

no Paraná, esta elevação em 2020 é reflexo de principalmente da valorização do dólar frente ao real, que pressionou os preços da commodity.

1.3.1.3 Exportações

O Paraná exportou 4,7 milhões de toneladas de milho em 2019 sendo o maior volume da história do Paraná, entretanto a participação no volume total do Brasil, um pouco mais de 10%. O Paraná é essencialmente consumidor de milho e a sobra no mercado doméstico é pequena e ano a ano aumenta-se o consumo.

1.3.1.4 VBP – Valor Bruto da Produção

Em 2018 a cultura do milho teve participação de 6,7% do VBP paranaense totalizando 6 bilhões de reais. A região oeste do Estado é a que mais contribui com o Valor Bruto da produção de milho, sendo responsável por 1,9 bilhão ou 32% do valor total. O núcleo regional de Campo Mourão também é expressivo, representando 11,8% do VBP, sendo o terceiro maior produtor de milho, ficando atrás somente de Toledo e Cascavel.

2. O MERCADO DO MILHO: PRODUÇÃO, PREÇOS, RISCOS E ESTRATÉGIAS DE COMERCIALIZAÇÃO

Revisor técnico: Paulo D. Waquil

2.1 Introdução

Os mercados agrícolas são caracterizados por grande diversidade, de acordo com as especificidades dos produtos; a distinção entre os mercados de *commodities* e de especialidades é fundamental para a compreensão do funcionamento destes mercados.

Por um lado, nos mercados de *commodities* não há diferenciação, os produtos são vistos como homogêneos. Pela condição de não perecibilidade estes produtos têm fluxos de comercialização com ampla abrangência, geralmente integrados aos mercados internacionais, sofrendo fortes influências de fatores externos aos mercados. Os ganhos, neste caso, estão mais associados à escala de produção e às estratégias de controle e redução de custos.

Por outro lado, no caso das especialidades, a diferenciação dos produtos é uma característica cada vez mais presente, através de atributos de qualidade, origem, sistema de produção ou marca, o que leva à percepção pelos consumidores das diferenças entre os produtos oferecidos e à segmentação dos mercados. Por exemplo, produtos artesanais (doces e geleias), produtos regionais (queijos, vinhos com indicação de origem), produtos orgânicos, produtos com selos de certificação ou marcas coletivas, atingem segmentos diferenciados dos mercados, possibilitando ganhos aos produtores pela agregação de valor aos produtos.

O milho em grão se enquadra na condição de *commodity*. De forma geral, são as relações de oferta e demanda pelo produto que definem o comportamento de preços. Entretanto, os efeitos de fatores externos ao mercado do milho têm sido muito marcantes, trazendo maior variabilidade e risco de preços. Assim, apresentamos este capítulo no sentido de compreender melhor as relações de oferta e demanda, o comportamento dos preços, sua variabilidade e os riscos envolvidos, bem como as diferentes estratégias de comercialização para o milho em grão no Brasil.

As fontes de variabilidade e riscos podem ter origens distintas. Entre os técnicos e produtores, é mais comum acompanhar e adotar estratégias frente aos riscos de produção. As causas destes riscos referentes às quantidades produzidas, são as características inerentes à produção agrícola, como a dependência climática, os ciclos produtivos, a ocorrência de pragas ou moléstias, as práticas de manejo escolhidas. Neste caso, o gerenciamento dos riscos de produção pode ser feito pelo atendimento do zoneamento agroclimático, maior atenção às recomendações técnicas e adoção de práticas recomendadas, escalonamento do período de semeadura e contratação de seguro agrícola.

Contudo, frente aos riscos de preço, as recomendações técnicas e o seguro agrícola não resolvem. Pode dar tudo certo ao longo do processo produtivo e ainda assim, os produtores ficarem insatisfeitos no final da safra em função de uma queda inesperada nos preços. Geralmente, as decisões de cultivo, compra de insumos e contratação de serviços são realizadas na incerteza sobre os preços que estarão vigorando nos mercados, ao final da safra. Para gerenciar melhor os riscos de preços, é mais importante o estudo e o acompanhamento dos mercados e das formas de regulação, a formação de expectativas de preços para o futuro e o conhecimento dos instrumentos públicos e privados de apoio à comercialização, para então os produtores e suas cooperativas poderem escolher as suas estratégias de comercialização.

Atualmente, dados os avanços das pesquisas e os aprimoramentos tecnológicos, os maiores fatores de risco não estão mais associados à produção, mas sim às condições dos mercados. Os riscos de preço vêm se apresentando maiores do que os riscos de produção, e, neste sentido, passamos à próxima seção para caracterizar a evolução da produção, produtividade, diversidade dos sistemas de produção e dos mercados, para depois caracterizar o comportamento de preços ao longo do tempo, conduzindo, ao final, à discussão sobre os instrumentos de apoio e as estratégias de comercialização.

2.2 Evolução e características das condições dos mercados do milho no Brasil

Nesta seção, consideramos importante trazer uma perspectiva da evolução de um conjunto de variáveis ao longo do tempo, possibilitando uma compreensão mais clara das condições e características dos mercados atuais. Com elas, procuramos ilustrar e brevemente discutir as mudanças ocorridas na produção de milho no Brasil, produtividade, diversidade regional, diferenciação dos sistemas de produção e da utilização do produto.

Iniciamos com a Figura 2. 1, onde visualizamos a evolução da produção brasileira, partindo de um montante perto dos 5 milhões de toneladas na década de 1930 até atingir aproximadamente 100 milhões de toneladas nas últimas safras. Em 2016, ocorreu uma severa redução em função da escassez de chuvas em grande parte das regiões produtoras, mas em 2017 e 2018 a produção voltou a atingir quantidades recordes no país.

Claramente, três períodos podem ser distinguidos. Primeiro, dos anos 1930 ao início dos anos 1970, quando a produção cresce continuamente, passando dos 5 milhões de toneladas até atingir a marca dos 30 milhões de toneladas, correspondendo a um incremento de seis vezes num período de quatro décadas, explicado mais pelo avanço da fronteira agrícola e ampliação da área cultivada, mas também complementado por elevação da produtividade, que passou de em torno de 1,5 toneladas por hectare para algo próximo a 3,0 toneladas por hectare (Figura 2.2).

A seguir, o segundo período, dos anos 1970 ao início dos anos 2000, bastante influenciado por fatores como: o avanço da soja ocupando áreas antes cultivadas com milho; a elevação dos custos de produção, puxada pela crise do petróleo com a conseqüente elevação dos preços dos combustíveis e dos fertilizantes; o menor aporte tecnológico no cultivo no milho; a pouca expansão da demanda internacional. Assim, ao longo destas três décadas, a produção brasileira de milho chega a cair até pouco mais de 20 milhões de toneladas e, somente ao final – entre 1990 e 2000, retoma o patamar dos 30 milhões de toneladas. Os índices de produtividade mostram comportamento semelhante, de queda e retomada, com estabilidade da área cultivada no país.

Produção Brasileira de Milho (t)

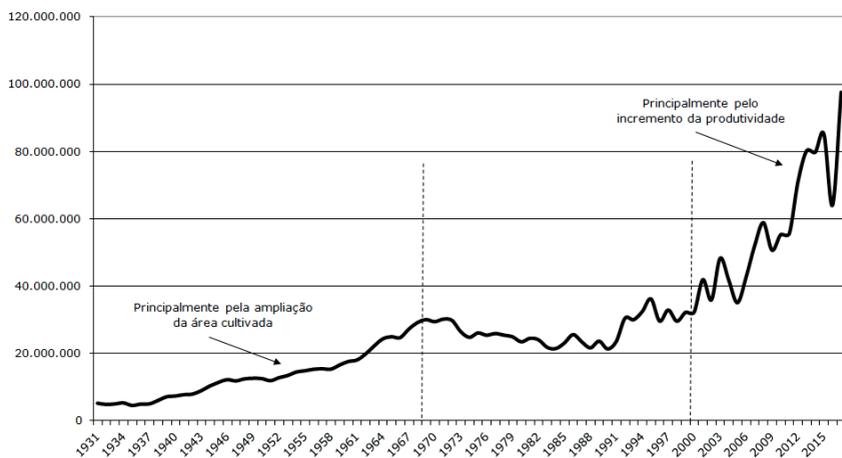


Figura 2.1 Produção brasileira de milho, em toneladas – 1931 a 2018

Fonte: IBGE/PAM

Produtividade (t/ha)

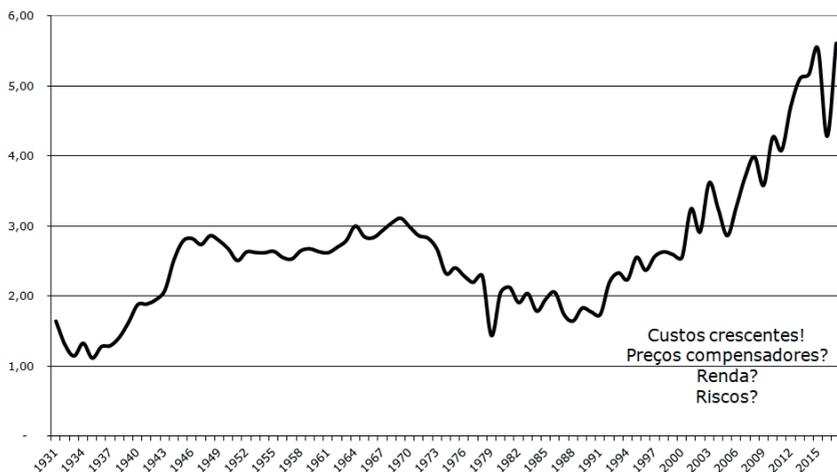


Figura 2.2 Produtividade do milho no Brasil, em toneladas/hectare – 1931 a 2018

Fonte: IBGE/PAM

O terceiro período, por fim, que marca esta evolução, a partir do ano 2000, quando o país volta a mostrar grande expansão na produção de milho, mais que triplicando, de 30 milhões de toneladas no início do período para quase 100 milhões de toneladas na safra de 2018, numa elevação de praticamente 70 milhões de toneladas em menos de duas décadas. Agora, o principal fator de explicação é a elevação dos índices de produtividade, com marcante elevação de menos de 3,0 para próximo de 6,0 toneladas por hectare atualmente.

Desde a virada para o século XXI, a redução nos estoques internacionais e a maior demanda por grãos para abastecer, principalmente, as cadeias de produção animal, ampliaram os espaços nos mercados, criando as condições necessárias para a expansão na produção e na produtividade. Contudo, certamente tal expansão só foi possível com maior utilização de insumos externos e custos crescentes, reduzindo as margens de ganho para os produtores. Por isso, é fundamental a compreensão dos efeitos sobre o comportamento dos preços e das repercussões na formação das rendas agrícolas. Além disso, a variabilidade ao longo do tempo também tem características regionais e influencia a adoção de estratégias de gestão dos riscos de mercado.

No Brasil, podemos perceber grandes diferenças entre as regiões. A Tabela 2.1, logo abaixo, traz informações sobre as quantidades produzidas de milho em grão, usando os dados dos censos agropecuários, sendo o mais recente o censo de 2017.

Na observação dos dados disponíveis, é claro o maior crescimento relativo no Centro-Oeste, atingindo 3.591% entre 1975 e 2017, enquanto as regiões Sul e Sudeste mostraram um crescimento de apenas 209% e 123%, respectivamente. As limitações para a expansão das áreas de cultivo nas regiões mais tradicionais de agricultura, bem como a substituição de cultivos, ajudam a entender as diferenças. Mas também é interessante notar que a região Sul (que ainda aparecia em 2006 como a maior produtora), cede o posto para o Centro-Oeste, que passa a responder por quase a metade da produção nacional.

Tabela 2.1 Distribuição regional da produção de milho no Brasil, em toneladas – 1975 a 2017

Variável - Produção vegetal (Toneladas)							
Tipo de produção vegetal - Milho em grão							
Unidade Territorial	Ano					1975-2017	
	1975	1985	1995	2006	2017	Δ%	Δ
Norte	153.659	389.443	397.523	676.105	2.020.919	1215%	1.867.260
Nordeste	1.337.658	1.714.589	1.806.860	5.485.215	5.529.457	313%	4.191.799
Sudeste	4.289.324	5.137.587	5.901.576	7.482.245	9.556.899	123%	5.267.575
Sul	7.246.932	8.521.797	11.788.377	18.417.811	22.417.662	209%	15.170.730
Centro-Oeste	1.315.983	2.010.987	5.616.168	9.366.235	48.574.685	3591%	47.258.702
Fonte: IBGE - Censo Agropecuário							

Figura 2.3, elaborada pela EMBRAPA com base nos dados do IBGE, permite a visualização dos principais estados produtores, na média do período 2007 a 2010, destacando nas cores mais escuras os estados do Paraná, Mato Grosso, Minas Gerais e Rio Grande do Sul.

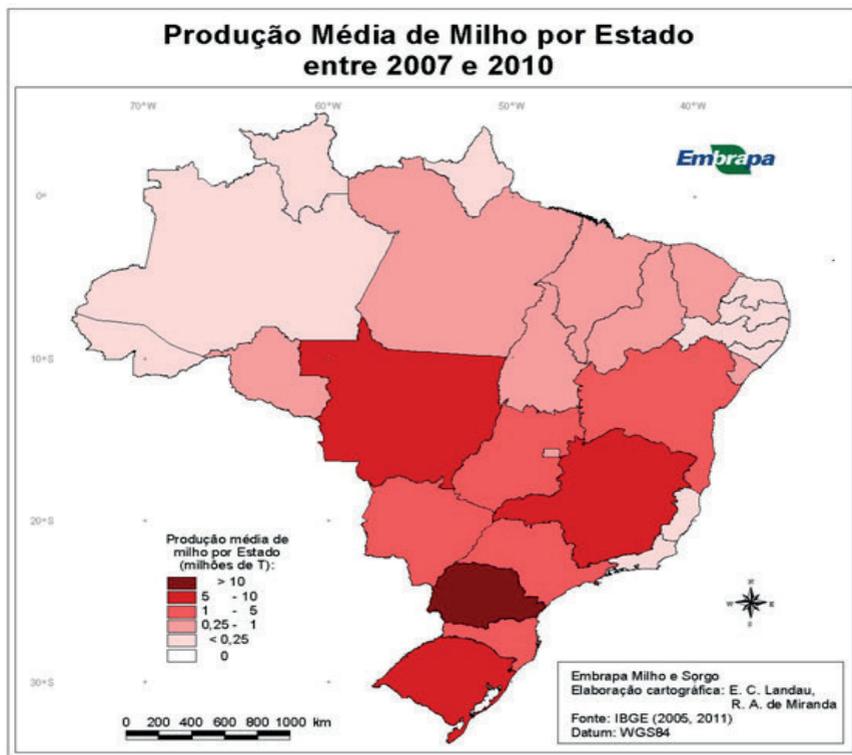


Figura 2.3 Produção média de milho, por estados, no Brasil, em milhões de toneladas – 2007 a 2010

Entre as regiões, há grandes diferenças nas escalas de produção e nos padrões tecnológicos. Também nos períodos de cultivo, e o maior crescimento mais recente tem sido na produção de milho de 2ª safra, em sucessão ao cultivo de soja. Entretanto, mesmo com a percepção das diversidades entre os mercados, todos eles estão integrados, seja regionalmente (dimensão espacial), seja entre as safras (dimensão temporal).

A utilização do milho em grão apresenta marcante diversidade de usos e destinos no processo de comercialização (Tabela 2.2). Convém destacar que os dados apresentados são do Censo Agropecuário de 2006, em vista de que o novo censo não apresenta tabulação equivalente. Vários pontos aqui merecem comentário. Primeiro, dos mais de 4,5 milhões de estabelecimentos agropecuários existentes no

país, conforme dados daquele censo, mais de 2 milhões apareciam como estabelecimentos com produção de milho; nenhum outro produto tem presença em tão grande número de estabelecimentos no Brasil e em todas as regiões. Contudo, destes 2 milhões, 66,0% produziram mas não venderam sua produção, correspondendo a 1,34 milhões de estabelecimentos que produzem apenas para o consumo familiar e dos seus animais. É claro que nesses estabelecimentos a produção é em menor escala, e assim o total da quantidade produzida para consumo nos próprios estabelecimentos é de 21,3% da quantidade total produzida naquele ano.

Tabela 2.2 Destino da produção de milho no Brasil, por número de estabelecimentos e quantidade produzida – 2006

Destino da Produção	Nº Estab.	%	Quant. Produzida (t)	%
Vendida ou entregue a cooperativas	102.678	5,1%	10.344.750	25,0%
Vendida diretamente para indústrias	28.780	1,4%	8.617.956	20,8%
Entregue à empresa integradora	8.942	0,4%	1.042.291	2,5%
Vendida diretamente a intermediários	395.066	19,5%	9.290.604	22,4%
Vendida ao governo (federal, estadual ou municipal)	5.239	0,3%	691.978	1,7%
Vendida diretamente ao consumidor	144.868	7,1%	2.428.570	5,9%
Vendida como semente	3.593	0,2%	54.561	0,1%
Exportada	222	0,0%	135.549	0,3%
Não vendeu	1.340.734	66,0%	8.821.351	21,3%
Total	2.030.122	100,0%	41.427.610	100,0%

Fonte: IBGE - Censo Agropecuário

Outro ponto que deve ser considerado é o direcionamento da produção para três principais destinos: cooperativas, indústrias e intermediários, respectivamente 25,0%, 20,8% e 22,4% do total produzido. Mais uma vez é importante destacar a diversidade regional: embora os dados aqui apresentados não demonstrem isso, o destino da produção para as cooperativas é muito maior na região Sul, onde

o sistema cooperativista tem longa tradição, tem maior capacidade de armazenamento e marcante atuação nos mercados de grãos; por outro lado, a produção vendida diretamente a intermediários é maior nas novas regiões produtoras, particularmente no Centro-Oeste do país.

Notamos, também que na venda para cooperativas ou indústrias, são parcelas maiores da quantidade produzida, mas são parcelas pequenas do número de estabelecimentos, o que nos leva a compreender o valor mais elevado na razão entre quantidade e número de estabelecimentos como associados a maiores escalas de produção que comercializam através de cooperativas ou indústrias.

Mesmo com todas as evidências apresentadas sobre o crescimento da produção e da produtividade no cultivo do milho, do número de produtores envolvidos, da distribuição regional e da diversidade dos sistemas de produção, ainda não temos elementos suficientes para compreender a complexidade destes mercados. É importante, também, considerar os efeitos de fatores externos, que influenciam os mercados, como as transformações no cenário internacional, o comportamento dos mercados de produtos substitutos, bem como dos usos alternativos do milho, alterando sua demanda.

Novos fatores vêm condicionando o comportamento dos mercados e as variações nos preços agrícolas, com influências diferenciadas por tipo de produtos. No caso das *commodities* em geral, mas mais especificamente no caso do milho, fatos recentes como a redução nos estoques mundiais de grãos a partir dos anos 1990; a entrada da China na Organização Mundial do Comércio em 2001, ampliando substancialmente a demanda por importações de grãos; a expansão da produção de aves e suínos, atendendo à maior demanda por carnes e, com isso, elevando a procura por milho; as oscilações nos preços do petróleo e dos insumos agrícolas, elevando custos de produção; a utilização para a produção de biocombustíveis, concorrendo com o uso para a alimentação humana e animal; a forte expansão da soja, ocupando áreas antes cultivadas com milho na 1ª safra, e levando à ampliação de milho na 2ª safra; e, por fim, as mudanças nas formas de regulação e políticas de intervenção nos mercados.

Como consequências desses condicionantes externos, novas incertezas têm sido geradas nos mercados do milho, causando

desequilíbrios e alterações no comportamento dos preços. Para fechar esta seção, isso nos direciona a estudar e compreender essas variações e as estratégias de escolha e gestão dos mecanismos de apoio à comercialização.

2.3 Variações nos preços e nas relações de troca

Tendo por base os fatores que influenciam o funcionamento dos mercados, com as mudanças, aqui apresentadas, nas relações de oferta e demanda por milho e nos condicionantes externos, passamos então para a discussão dos efeitos sobre o comportamento dos preços. Utilizamos como variável de análise o preço médio mensal pago aos produtores, medido em reais por saco, levando em consideração o período de agosto de 1994 a outubro de 2019. Tomamos o ponto de corte inicial em 1994, logo após a implementação do Plano Real no Brasil, quando ocorreram importantes mudanças estruturais na economia brasileira que influenciam as análises de longo prazo. Análises de períodos anteriores acabam sendo distorcidas pelos elevados índices inflacionários, nem sempre registrados adequadamente nos índices oficiais.

Num primeiro olhar, na Figura 4, visualizamos uma elevação nos preços nominais do milho ao longo do tempo. Preços nominais são preços que não foram corrigidos, não ajustados às taxas de inflação, efetivamente pagos aos produtores em moeda corrente. Nos meses iniciais, no segundo semestre de 1994, cada saco de milho era comercializado ao preço de aproximadamente R\$ 5,00, e em meados de 2019 na casa dos R\$ 30,00. Isso nos leva a encontrar uma elevação de 460% nos preços nominais ao longo destes 25 anos, elevação que é representada pela linha pontilhada na Figura 4. Além da tendência de elevação, notamos picos e quedas bastante evidentes, como movimentos bruscos ou choques causados por fatores externos.

Mas será que tal elevação dá conta dos aumentos generalizados de preços na economia como um todo, medidos pelas taxas de inflação? Como essa elevação fica, quando comparada com os índices oficiais de inflação? Como ficam os preços reais, se corrigidos ou ajustados pelos índices de inflação? Será que os técnicos e

produtores têm noção do real valor de um saco de milho ao longo do tempo, especialmente num período mais extenso? Ou sua memória se limita aos valores percebidos na safra anterior?

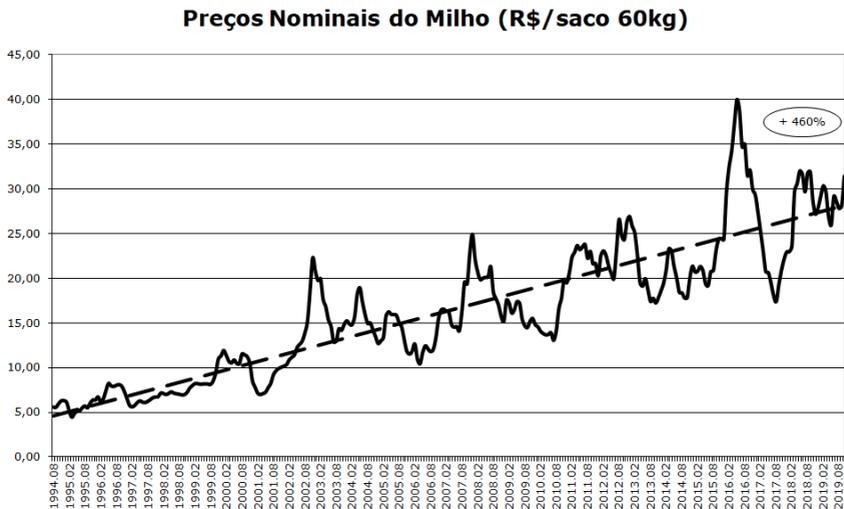


Figura 2.4 Preços nominais mensais do milho, em R\$/saco – 1994 a 2019

Fonte: SEAB/PR - DERAL

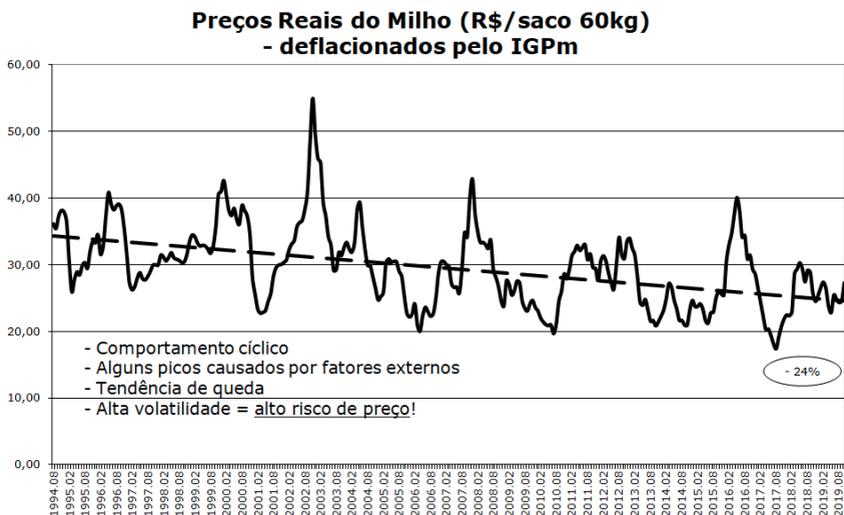


Figura 2.5 Preços reais mensais do milho, em R\$/saco – 1994 a 2019

Fonte: SEAB/PR - DERAL

Na tentativa de ajudar a responder estas perguntas, apresentamos a Figura 5, na qual constam os preços reais por saco de milho, isto é, aqueles preços nominais da figura anterior, mas agora corrigidos pelos índices de inflação. Utilizamos para a correção, o Índice Geral de Preços (IGP-m), um dos mais utilizados em estudos sobre séries de valores ao longo do tempo.

Agora a figura muda de cara! A tendência de longo prazo é de uma queda no preço pago ao produtor de 24% no período pós Plano Real. Para compreender melhor o significado da figura, não é que os produtores tenham recebido efetivamente esses valores, mas é o que teriam hoje se o preço que receberam fosse guardado numa poupança rendendo apenas a taxa de inflação! Então, no final dos anos 1990, os preços oscilavam, em termos reais (expressos em R\$ de outubro de 2019), entre R\$ 30,00 e R\$ 40,00 por saco, em 2001 tiveram uma queda acentuada, mas logo em 2002 atingiram um pico nunca antes alcançado (e nunca depois). Foi justamente no

final do governo FHC, quando as pesquisas pré-eleitorais apontavam para a vitória de Lula e as incertezas nos mercados levaram a uma alta considerável na taxa de câmbio, influenciando rapidamente os preços agrícolas, particularmente das *commodities*.

Com a posse de Lula e a manutenção da estabilidade econômica, os preços retornaram aos níveis normais, oscilando mais em função das relações de oferta e demanda. Mas as políticas de incentivo, e a intensificação nos sistemas produtivos com elevações de produção e produtividade, contribuíram para a queda dos preços reais, que bateram no valor corrigido de R\$ 20,00 por saco em 2006. Logo adiante, em 2008, a chamada crise dos alimentos, com novo choque nos preços, devido ao direcionamento de grande parte dos estoques e da produção norteamericana para a produção de etanol combustível, respondendo à elevação nos preços do petróleo. Sempre fortes oscilações, sofrendo a influência de fatores externos, conforme já apontado na seção anterior.

Em 2016, uma frustração de safra em vista de condições climáticas desfavoráveis, com escassez de chuvas no Centro-Oeste do país, reduziu a oferta para perto de 66 milhões de toneladas do grão e puxou os preços para cima novamente. E então os produtores se animaram, expandiram a área cultivada e, em 2017, colheram uma safra recorde, atingindo quase 100 milhões de toneladas de milho, colocando maiores excedentes no mercado e derrubando os preços. Este comportamento, com visão de curto prazo, de decisões de cultivo baseadas nos preços do ano anterior é o que se apresenta na economia como o “teorema da teia de aranha”: com os preços em alta num ano, o cultivo aumenta no ano seguinte, excedentes são colocados nos mercados e os preços tendem a cair; depois, com os preços em baixa, o cultivo diminui no ano seguinte, falta produto nos mercados e os preços voltam a aumentar. E assim seguem variando, tecendo uma teia de preços com variações que afetam dos mercados.

Isso nos leva a pensar sobre as estratégias de comercialização levando em consideração períodos mais longos, os ciclos de mercado, as influências dos fatores externos, os riscos e incertezas.

Mas antes de entrar nos instrumentos públicos e privados de apoio à comercialização, vamos ainda mostrar os preços relativos, que permitem uma análise ao longo do tempo do poder de compra

do milho em relação a outros produtos, como a soja e o suíno, escolhidos como exemplos ilustrativos, apresentados nas Figuras 6 e 7. A razão entre o preço da soja e do milho pode ser interpretada como o número de sacos de milho necessários para adquirir um saco de soja, isto é:

$$\begin{aligned} \text{preços relativos} &= \text{preço da soja} / \text{preço do milho} = \\ &= (\text{reais} / \text{saco de soja}) / (\text{reais} / \text{saco de milho}) = \\ &= \text{sacos de milho} / \text{saco de soja}. \end{aligned}$$

O mesmo vale para o suíno, por arroba, sendo interpretada como o número de sacos de milho para adquirir uma arroba de suíno.

Em ambos os casos, ainda que com alta variabilidade, percebemos uma elevação nos preços relativos, expressa pela linha de tendência (pontilhada). Isso nos leva a entender que, com o passar do tempo, são necessários mais sacos de milho para cobrir o preço, tanto da soja como do suíno, correspondendo a uma perda do poder de compra do milho.

Preços Relativos = P soja / P milho

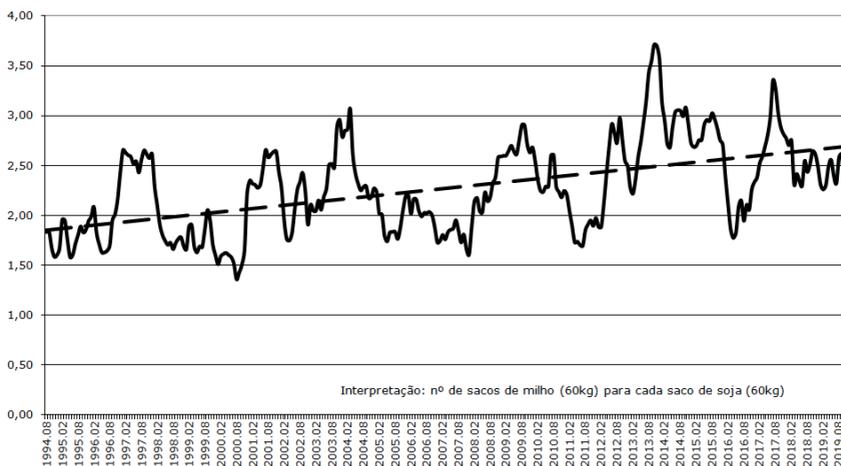


Figura 2.6 Preços relativos entre o milho e a soja – 1994 a 2019

Fonte: SEAB/PR - DERAL

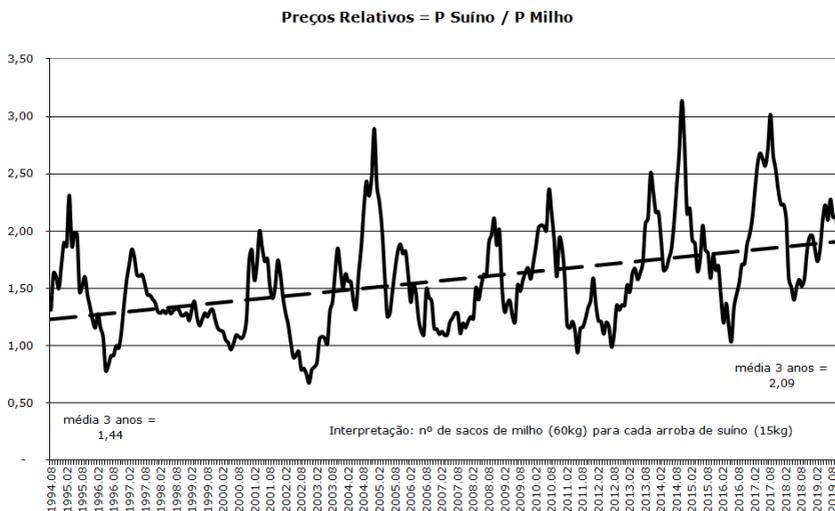


Figura 2.7 Preços relativos entre o milho e o suíno – 1994 a 2019

Fonte: SEAB/PR - DERAL

2.4 Instrumentos de apoio à comercialização e gestão do risco de preços

Nesta seção, então, apresentamos os instrumentos públicos e privados de apoio à comercialização de milho, visando à regulação dos mercados, à estabilização dos preços e ao maior conhecimento dos produtores para a escolha das suas estratégias de comercialização.

Em vista das características da agricultura e do maior risco envolvido, o governo utiliza mecanismos de apoio com as finalidades de reduzir a variabilidade dos preços, formar estoques reguladores, facilitar os fluxos e garantir o abastecimento. Aqui vamos comentar primeiro sobre os “antigos” instrumentos, enquadrados na Política de Garantia de Preços Mínimos (PGPM), a qual foi implementada no país desde a década de 1940, e depois sobre os “novos” instrumentos, mais utilizados no Brasil a partir dos anos 1990.

Os preços mínimos são definidos para sinalizar o valor mínimo de comercialização a cada safra, e funcionam como um valor de referência para a aplicação de recursos nas Aquisições do Governo Federal (AGF) e Empréstimos do Governo Federal (EGF). As AGFs são compras governamentais para a formação de estoques públicos,

com a ideia de retirar do mercado os excedentes em períodos de maior abundância, e recolocar em períodos de maior escassez. Por outro lado, os EGFs são empréstimos a produtores, cooperativas e agroindústrias, para a estocagem do produto enquanto aguardam preços mais favoráveis, possibilitando a manutenção de estoques privados.

Nos dois casos, seja para a formação de estoque público ou para a manutenção de estoque privado, a aplicação dos instrumentos depende de dotação orçamentária e de controle sobre os estoques. Mas a partir dos anos 1990, o governo federal tem reduzido o montante de recursos destinado a manter estoques, e tem sinalizado isso através da definição de preços mínimos abaixo dos preços de mercado. Por exemplo, no último Plano Agrícola e Pecuário, os preços mínimos para o milho foram de R\$21,62 no Rio Grande do Sul, R\$17,93 em Mato Grosso (estado onde há maiores excedentes), R\$24,99 na Região Nordeste (estados onde há maior escassez).

Dada a postura de redução da intervenção direta nos preços com a formação e liberação de estoques, a partir dos anos 1990 surgiram novos instrumentos para a regulação dos mercados, reduzindo a necessidade de maiores dispêndios governamentais. Entre esses novos instrumentos, estão os Contratos de Opção de Venda, Cédulas de Produto Rural (CPR), Prêmio para o Escoamento de Produto (PEP) e Prêmio Equalizador pago ao Produtor (PEPRO).

Os Contratos de Opção de Venda funcionam como um seguro de preços. São contratos que dão aos produtores o direito, mas não a obrigação, de vender seu produto a um preço pré-estabelecido (preço de exercício). São oferecidos através de leilões, realizados nas Bolsas de Mercadorias, onde são definidos os prêmios a serem pagos pelos contratos. Assim, o produtor que adquire um Contrato de Opção de Venda, paga um prêmio por este seguro, e tem o direito de entregar seu produto caso o preço pré-estabelecido se mostre vantajoso no vencimento do contrato, isto é, acima do preço de mercado; por outro lado, se o preço de mercado estiver mais elevado, o produtor não tem a obrigação da entrega, podendo negociar seu produto em outro mercado. Com isso, o produtor tem uma garantia da cobertura do preço pré-estabelecido, assumindo apenas o custo do prêmio pago pelo contrato (assim como num seguro de um automóvel, um seguro

residencial ou um seguro saúde).

As Cédulas de Produto Rural (CPR) são títulos com a promessa de entrega de produtos rurais em data futura, correspondendo a uma venda antecipada da produção. A CPR já garante o preço antes mesmo do plantio, mas aqui o produtor tem a obrigação da liquidação (pode ser liquidação com a entrega física da produção ou liquidação financeira). Neste caso, o produtor que vende antecipadamente já obtém os recursos para o custeio da atividade e fixa o preço do produto, eliminando o risco de variações. É claro que, se o preço de mercado se elevar ao longo do tempo, o produtor poderá deixar de ganhar mais com tal elevação. Mas se o preço de mercado cair, o produtor não terá perdas. Além da fixação antecipada de preços, a CPR é um mecanismo que envolve mais o setor privado no financiamento da produção.

Já o Prêmio para o Escoamento de Produto (PEP) e o Prêmio Equalizador pago ao Produtor (PEPRO) são prêmios (bônus, subsídios) concedidos para favorecer o escoamento de produto das regiões onde há excedentes e os preços são menores, para as regiões onde há escassez e os preços são maiores. Estes prêmios são definidos através de leilões, também negociados nas Bolsas de Mercadorias, e visam garantir preços mais compensadores aos produtores sem a necessidade de compras governamentais e formação de estoques.

Por um lado, o PEP é um prêmio pago ao comprador do produto, para viabilizar o escoamento:

$$\text{preço efetivo ao comprador} = \text{preço pago} - \text{prêmio recebido}$$

Por outro, o PEPRO é um prêmio pago ao produtor, para compensar a diferença no preço de mercado, equalizando com o preço de referência:

$$\text{preço efetivo ao produtor} = \text{preço de mercado} + \text{prêmio recebido.}$$

Ainda no sentido de compreender o funcionamento dos mercados, acompanhamento e projeção de preços, e os mecanismos para a gestão de riscos, vamos comentar sobre os instrumentos privados, sem intervenção governamental, como a utilização de contratos futuros e contratos de opções, negociados através das Bolsas de

Mercadorias e Futuros. Esses contratos consistem numa evolução dos mercados físicos, com negociações antecipadas que garantem preços para o futuro. Mas nestes casos, a entrega física da mercadoria não é realizada (atualmente, menos de 2% dos contratos futuros e de opções envolvem a entrega física), sendo a liquidação dos contratos realizada por uma operação inversa à inicial. Assim, uma operação de venda é liquidada com a compra de um contrato equivalente, e uma operação de compra é liquidada com a venda de um contrato equivalente, zerando as posições iniciais.

Os contratos futuros e de opções são baseados no conceito de proteção (do inglês, *hedge*) contra queda de preços para os produtores (vendedores) ou contra alta de preços para as agroindústrias ou exportadores (compradores do produto). Dessa definição, os produtores, cooperativas, agroindústrias e exportadores são percebidos como *hedgers*, isto é, aqueles que buscam proteção contra as oscilações de preços nos mercados. Atuam também nos mercados futuros e de opções os especuladores, que dão liquidez ao mercado, comprando e vendendo contratos sem ter interesse no produto, e os corretores e operadores, credenciados pelas bolsas e que operam nos pregões.

No Brasil, a Bolsa de Mercadorias e Futuros (BM&F), em São Paulo, opera com contratos futuros e de opções, com contratos para boi gordo, café, açúcar e álcool, algodão, soja e milho. É importante a definição de padrões para os contratos. Essa padronização define a quantidade, qualidade, ponto de entrega e data de fechamento dos negócios, e com isso permite que a negociação seja feita sem a presença física do produto. No caso específico do milho, são contratos de 450 sacas de 60 kg (cada contrato = 27 t de milho), com vencimento nos meses de janeiro, março, maio, julho, agosto, setembro e novembro.

Os contratos futuros consistem numa obrigação, enquanto os contratos de opção no direito, mas não a obrigação, e envolvem o pagamento de um prêmio para a garantia de preço.

Sem a entrega física, os contratos futuros exigem o fechamento da operação pela realização de uma operação inversa à inicial, garantindo o preço acertado inicialmente entre vendedor e comprador através de ajustes diários. Assim, no caso de um produtor ou uma

cooperativa que busca proteção contra queda de preço no futuro, se os preços de mercado se apresentam em queda, ele recebe ajustes diários (ajustes positivos) que compensam a queda observada no mercado; se, por outro lado, os preços de mercado se elevam, ele paga os ajustes diários (ajustes negativos) que compensam a alta observada no mercado. Desta forma, os contratos futuros consistem em negociações que garantem os preços negociados antecipadamente por meio das compensações. Não são contratos para garantir um ganho maior, mas sim para acertar ajustes (compensações) que garantam um preço satisfatório negociado antecipadamente, eliminando o risco de preço.

Por fim, os contratos de opção consistem no direito de exercer o preço acertado antecipadamente, sem a obrigação do fechamento por uma operação inversa. Neste caso, não há ajustes diários. Assim, no caso de um produtor ou uma cooperativa que busca proteção contra queda de preço no futuro, se os preços de mercado se apresentam em queda, ele exerce sua opção de venda pelo preço negociado no contrato, evitando perdas; mas se os preços se elevam, o produtor não tem a obrigação e pode simplesmente comercializar sua produção no mercado físico a preços mais compensadores, tendo tido custo do prêmio pago pelo contrato de opção.

O conhecimento desses mecanismos é importante, então, para possibilitar o travamento de preços, reduzir as incertezas sobre os preços no futuro e auxiliar nas decisões sobre o cultivo.

2.5 Considerações finais

Mais do que o conhecimento e aplicação das recomendações técnicas, este capítulo enfatiza a importância do conhecimento e acompanhamento do funcionamento dos mercados agrícolas. As relações de oferta e demanda, as mudanças nos sistemas de produção, a formação e manutenção de estoques, a destinação para distintas finalidades, e a influência de fatores externos podem causar alta volatilidade nos preços das *commodities* agrícolas. Em particular no caso do milho, o capítulo mostra as variações percebidas nas últimas décadas e enfatiza a relevância do conhecimento das formas de intervenção e dos instrumentos de apoio à comercialização, como

forma de gestão de riscos de preços.

Com base no acompanhamento dos preços, análises de tendências, ciclos, sazonalidade e choques nos preços, podem ser formadas as expectativas que auxiliam na tomada de decisões e as escolhas dos momentos e canais adequados para a comercialização. Há que se considerar, ainda, as diferentes escalas de produção e comercialização, as questões referentes à logística e distribuição, e os custos envolvidos nessas operações. Como comentário final, vale indicar que não existe uma receita específica, uma estratégia única, mas o conhecimento das diferentes possibilidades é fundamental. A diversificação nos instrumentos utilizados é uma importante recomendação para a redução dos riscos.

2.6 Referências:

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Sistema IBGE de Recuperação Automática**. <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-agropecuario/> (acesso em novembro, 2019).

Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **IPEADATA**. <http://www.ipeadata.gov.br/> (acesso em novembro, 2019).

Miele, M.; Waquil, P. D.; Schultz, G. **Mercados e Comercialização de Produtos Agroindustriais**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2011 (série EAD).

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2018). **Plano Agrícola e Pecuário 2018/19**. Brasília: MAPA, 2018.

Schultz, G; Waquil, P. D. **Políticas Públicas e privadas e Competitividade das Cadeias Agroindustriais**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2011 (série EAD).

Waquil, P. D.; Miele, M.; Schultz, G. **Mercados e Comercialização de Produtos Agrícolas**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2010 (série EAD).

3. DESENVOLVIMENTO DA PLANTA E EXIGÊNCIAS EDAFOCLIMÁTICAS

Revisor técnico: Christian Bredemeier

As plantas de milho e de sorgo utilizam como matéria-prima água e nutrientes, extraídos do solo, e dióxido de carbono e oxigênio, provenientes da atmosfera. Pelo processo de fotossíntese, em presença de radiação solar, esta matéria-prima é convertida em massa seca. A quantidade de massa seca produzida em cada estágio de desenvolvimento da planta é função do tamanho e da eficiência do aparato fotossintético. A dimensão do aparato fotossintético depende do potencial genético da espécie e do genótipo, que, por sua vez, interage com o ambiente e com as práticas de manejo.

Embora a natureza seja responsável pela maior parte da variação do efeito do ambiente sobre o desenvolvimento da planta e o rendimento de grãos, o produtor de milho e/ou sorgo pode maximizar a exploração dos recursos ambientais pela adoção de práticas de manejo adequadas. Dentre estas práticas, destacam-se a escolha correta da época de semeadura e do arranjo de plantas, a realização de adubação de acordo com as necessidades da planta, irrigação e controle de plantas daninhas, pragas e doenças.

No entanto, o produtor precisa compreender como as plantas de milho e de 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, com reflexos sobre o lucro obtido. Os objetivos deste capítulo são analisar os principais processos fisiológicos associados aos estágios de desenvolvimento da planta e as suas relações com as decisões de manejo e discutir os principais fatores que afetam a fenologia destas espécies.

3.1 Desenvolvimento da planta

Nesse subitem e em todo o texto das recomendações, serão utilizadas as escalas de desenvolvimento propostas por Ritchie et al.

(1993) para o milho e por Vanderlip e 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 C_4 e com ampla adaptação a diferentes ambientes. Botanicamente, o grão dessas espécies é um fruto, denominado cariopse, em que o pericarpo está fundido com o tegumento da semente propriamente dito.

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.

3.1.1 Período vegetativo

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

3.1.1.1 Subperíodo semeadura-emergência

O período vegetativo se inicia com os processos de germinação da semente e emergência da plântula. A emergência ocorre devido ao 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 utilizada deve ser menor. Nesse sentido, o sorgo exige maior temperatura de solo para germinação e emergência em relação ao milho. 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. Nas semeaduras realizadas a partir de outubro, a profundidade de semeadura deve ser maior do que nas semeaduras mais antecipadas, 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 sustentação da plântula durante este período. Esse sistema radicular é temporário, iniciando sua degeneração logo após o surgimento das primeiras raízes adventícias dos nós do colmo, abaixo da superfície do solo. Este segundo sistema radicular passa a constituir-se no principal mecanismo de extração de água e de nutrientes e de fixação da planta ao solo durante todo o ciclo de desenvolvimento.

Durante o subperíodo sementeira-emergência, o desenvolvimento das plantas de milho e sorgo pode ser limitado por deficiência hídrica, formação de crosta no solo como, por exemplo, em solos onde se cultiva arroz irrigado no sistema de cultivo convencional, colocação do adubo em contato com sementes, ataque de pragas e doenças e profundidade de sementeira inadequada. Todos esses fatores podem afetar o número de plantas por unidade de área, que é o primeiro componente do rendimento de grãos a ser definido.

3.1.1.2 Subperíodo emergência-diferenciação dos primórdios florais.

Após o estabelecimento inicial, as plantas de milho e sorgo começam a desenvolver a estrutura foliar, com as folhas surgindo de cada nó, de forma alternada. Após as primeiras quatro a cinco semanas de desenvolvimento, 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, variando, principalmente, em função do genótipo e da época de sementeira.

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 rápida e brusca na função do ponto de crescimento. Esse se diferencia em um pequeno pendão (milho) ou panícula (sorgo), o que ocorre no estágio em que a planta tem seis folhas (milho) e sete a dez folhas completamente expandidas (sorgo), ou seja, folhas com colar visível (lígula e aurícula). A partir da diferenciação, os entre-nós do colmo principal começam a se alongar rapidamente e a planta cresce a taxas elevadas.

Até a diferenciação do pendão (milho) e da panícula (sorgo),

as plantas têm a capacidade de recuperar-se caso ocorra a morte de folhas devido à formação de geadas, 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, três a quatro dias após. Contudo, em caso de geadas intensas e repetidas, pode também haver morte do meristema apical, não ocorrendo a formação de novas folhas.

O subperíodo emergência-diferenciação do pendão (milho) ou emergência-diferenciação da panícula (sorgo) é considerado como o período crítico de competição dessas espécies com plantas daninhas. Neste intervalo, deve-se controlar plantas daninhas para reduzir a competição por água e nutrientes com as culturas. Nesse sentido, é importante salientar que a planta de sorgo é mais sensível que a de milho à aplicação de herbicidas, havendo menor número de produtos recomendados para sorgo.

Outro aspecto diferencial entre as duas culturas durante este subperíodo é que a planta de sorgo tem a capacidade de emitir afilhos, cuja quantidade depende do genótipo, da população de plantas e da fertilidade de solo, especialmente a disponibilidade de nitrogênio (N). Em milho, o afilhamento pode ocorrer em situações específicas. Entretanto, o afilhamento 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. O afilhamento confere ao sorgo resposta mais elástica à variação na densidade de plantas em relação ao milho, ou seja, erros na regulação da semeadora são mais impactantes no rendimento de grãos de milho do que no de sorgo.

No milho, o início da diferenciação do primórdio da inflorescência feminina (espiga) ocorre sete a dez dias após a diferenciação do pendão, estando completa quando as plantas estão com 11 a 12 folhas completamente expandidas (Estádio V11-V12).

A diferenciação da espiga (milho) e da panícula (sorgo) são estádios críticos, uma vez que o número de óvulos (potencialmente grãos) nas inflorescências estão sendo definidos. É importante que, por ocasião da diferenciação dessas estruturas, a disponibilidade de N para as plantas seja adequada. Para assegurar isto, 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 sementeiras até o 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 por panícula (sorgo).

3.1.1.3 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. Este é um período em que a planta cresce rapidamente. As folhas realizam fotossíntese a taxas elevadas, as raízes absorvem elevada quantidade de água e nutrientes e as várias enzimas que controlam os processos metabólicos estão funcionando com alta taxa de atividade.

Próximo ao pendoamento da cultura de milho, surgem as raízes braçais a partir de nós inferiores do colmo acima do solo. Até recentemente, supunha-se que sua única função era servir de suporte à planta. No entanto, pesquisas têm evidenciado que elas também podem absorver quantidades significativas de fósforo e de outros nutrientes da camada mais superficial do solo.

Os fatores que podem limitar o desenvolvimento das plantas durante o subperíodo da diferenciação dos primórdios florais-florescimento 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 formação e enchimento de grãos.

3.1.2 Período reprodutivo

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

3.1.2.1 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 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 calor ou deficiência hídrica excessivos. Geralmente, o baixo número de grãos na espiga é causado por alguma interferência no desenvolvimento da inflorescência feminina ou na formação de estigmas.

Na espiga de milho pode haver a formação de 700 a 1.000 óvulos, dispostos em número par de fileiras ao redor do sabugo. A formação e o enchimento dos grãos se inicia da base para o ápice da espiga. O milho é uma espécie de fecundação cruzada, ou seja, o pólen produzido por uma planta raramente fertiliza os estigmas da mesma planta. Sob condições de campo, 97% ou mais dos óvulos produzidos em uma espiga são fecundados pelo pólen de plantas adjacentes.

No milho, o espigamento é mais afetado por condições adversas (deficiência hídrica, densidade de plantas excessiva, ocorrência de outros estresses bióticos ou abióticos) que o pendoamento. Nesse caso, ocorre defasagem entre a liberação do pólen e a emissão de estigmas, havendo redução do número de grãos formados na espiga. A planta de milho pode diferenciar mais de uma espiga por planta, mas, considerando as densidades de plantas comumente utilizadas, apenas uma se mantém, com as demais se degenerando. Em cultivares prolíficas, há produção de mais de uma espiga por planta (prolificidade). Condições de baixa densidade de plantas ou de elevada fertilidade do solo resultam em maior prolificidade às plantas de milho. Na cultura do sorgo, o florescimento começa no ápice da panícula e continua em direção à base. É uma espécie autógama, com baixa taxa de fecundação cruzada.

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 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 máximo. Caso a disponibilidade hídrica no solo não seja fator limitante, maior produtividade é atingida com essas culturas quando se faz coincidir o estágio em que a planta está com máxima área foliar com os dias mais longos do ano (ao redor de 21 de dezembro), em que há maior disponibilidade de radiação solar.

Durante o subperíodo florescimento-polinização, as limitações que podem ocorrer 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 pendoamento 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.

3.1.2.2 Subperíodo polinização-maturação fisiológica

A duração do subperíodo polinização-maturação fisiológica (Enchimento de grãos) é de, aproximadamente, 60 dias em milho e de 35 dias em 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 nos grãos. 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). Teoricamente, essas culturas poderiam ser colhidas na maturação fisiológica, desde que fossem dadas condições para secagem imediata, uma vez que a umidade de grãos ainda é elevada, ao redor de 30%. Se o consumo do grão é na forma de silagem de grão úmido, o ponto de colheita é na maturação fisiológica. Contudo, quando o grão for utilizado como matéria-prima de ração, espera-

se que a umidade diminua para 18 a 22% para proceder a colheita mecanizada.

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, no sorgo, a planta permanece com várias folhas verdes. Isto permite que, após a colheita dos grãos, os colmos e as folhas da planta de sorgo possam 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 da cultura.

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 sementeiras 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.

3.1.2.3 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, a planta pode levar de sete a 20 dias até atingir condições para ser colhida de forma mecanizada. Nas sementeiras mais tardias realizadas em dezembro e janeiro, a duração deste subperíodo é maior do que nas sementeiras em setembro-outubro.

Na Tabela 3.1 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 3.1 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				
		Emg	DPF	FL	PLZ	MF
Nº de plantas/m ²	- Quantidade de sementes/m ² - Porcentagem de emergência	G	G	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	M
Peso do grão	- Disponibilidade de fotoassimilados - Área foliar - Fatores ambientais	--	--	--	--	G

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

3.2 Escala de desenvolvimento da planta de milho

A descrição dos estádios de desenvolvimento do milho segue a escala de Ritchie et al. (1993). Este sistema identifica com precisão os estádios de desenvolvimento da planta. Entretanto, todas as plantas de uma determinada área não estarão no mesmo estágio ao mesmo tempo. 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 somente quando 50% ou mais das plantas no campo estiverem naquele estágio.

Estádios vegetativos e desenvolvimento

- **VE** – Germinação/emergência: este estágio é atingido pela rápida elongação do mesocótilo, o qual faz com que o coleótilo

em crescimento rompa a superfície do solo.

- **V3** – Três folhas completamente expandidas: plantas com três folhas com lígulas visíveis, dispostas de maneira alternada. Neste estágio, há pequena elongação do 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 lígulas visíveis. Nesse estágio, o ponto de crescimento e o pendão estão acima da superfície do solo, com o colmo iniciando período de rápida elongação. A degeneração e a perda das duas folhas mais baixas pode já ter ocorrido neste estágio.
- **V9** - Nove folhas completamente expandidas: plantas com nove folhas com lígulas visíveis. Nesse estágio, o pendão começa a se desenvolver rapidamente e o colmo continua em rápida elongação. Ocorre também o desenvolvimento inicial da inflorescência feminina (espiga), a qual se diferencia a partir de uma gema lateral.
- **V12** - Doze folhas completamente expandidas: plantas com 12 folhas com lígulas visíveis. O número de óvulos (grãos potenciais) em cada inflorescência feminina e o tamanho potencial da espiga são determinados nesse estágio. A planta poderá perder as quatro folhas basais e atingir de 85% a 95% de sua área foliar máxima.
- **V15** - Quinze folhas completamente expandidas: plantas com 15 folhas com lígulas visíveis. A partir deste estágio, uma nova folha é formada a cada um ou dois dias. Os estilos com os 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 lígulas visíveis. O desenvolvimento da espiga ocorre rapidamente, estando a planta próxima do florescimento.
- **VT** - Pendoamento: inicia-se quando o último ramo do pendão está completamente visível e os estigmas ainda não emergiram (não são visíveis).

Estádios reprodutivos e de desenvolvimento de 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. Início de enchimento de grãos.
- **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 dos sólidos dentro do grão, dando a este uma consistência de massa. 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.
- **Estádio R6:** Maturação fisiológica. É atingida quando todos os grãos da espiga estão com seu máximo peso seco. Há formação de uma camada preta na extremidade basal do grão, junto à sua inserção na espiga.
- **Maturação de colheita:** para produção de silagem de planta inteira, a colheita deve ser realizada no estágio farináceo-duro (R_5). Para produção de silagem de grãos úmidos, o momento ideal de colheita é o estágio R_6 . Para reduzir perdas na colheita mecanizada de grãos, deve-se realizar a colheita após o estágio R_6 , quando os grãos apresentarem umidade entre 18 e 22%. Para armazenamento, os grãos devem estar com umidade entre 13 e 15%.

3.3 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 3.2).

Tabela 3.2 Descrição dos estádios de desenvolvimento da planta de sorgo, conforme escala de Vanderlip e Reeves (1972).

Estádio	Descrição do estádio
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

3.4 Fenologia

As cultivares de milho e de sorgo indicadas para cultivo no Estado do Rio Grande do Sul são praticamente insensíveis a fotoperíodo. Assim, as variações observadas na duração do ciclo e dos subperíodos de desenvolvimento são devidas a diferentes exigências em soma térmica. A duração do subperíodo sementeira-emergência é função da 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 na 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 na 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 das culturas de milho e de sorgo varia em função de cultivar, época de sementeira, região de cultivo e disponibilidades hídrica e nutricional do solo. 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 (ao redor de 21 de dezembro), quando a radiação solar é máxima. 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 tardia, há redução no potencial de rendimento de grãos, pois as condições de temperatura do ar e radiação solar não são as ideais.

3.5 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 as causas adversas ao seu desenvolvimento. 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.

3.5.1 Radiação solar

Na estação 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 mais alta radiação solar, que ocorre de meados de novembro a meados de fevereiro. Isso é possível quando se cultiva milho em outubro com irrigação ou em regiões com adequadas disponibilidade e distribuição hídrica na estação de crescimento.

3.5.2 Temperatura

De uma forma geral, o milho responde à alta temperatura,

desde que haja suficiente umidade de solo (a indicação do início da sementeira é quando o solo está com temperatura $\geq 16^{\circ}\text{C}$). Nas regiões de maior produção de milho no Rio Grande do Sul (metade norte), a temperatura média do ar é menor do que nas regiões de menor altitude. Assim, no município de Vacaria (região de 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 já não se aplica de forma generalizada, pois a mudança na base genética adaptou algumas cultivares a situações de ambientes mais quentes (temperatura diurna e noturna). Com efeito, o recorde de produtividade de milho (18,0 t/ha) obtido em condições experimentais no Estado do Rio Grande do Sul foi registrado no município de Eldorado do Sul, numa região com elevada temperatura noturna e com altitude de 42 m (Depressão Central).

A cultura de sorgo é mais exigente em temperatura do solo para os processos de germinação e emergência em relação ao milho, devendo-se, portanto, retardar a época de início de sementeira.

A interação adequada entre os três elementos meteorológicos analisados 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 por combinarem adequada disponibilidade desse fator com época ideal de sementeira 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 adequadas radiação solar e temperatura do ar. O uso dos recursos do ambiente só pode ser potencializado em cultivares com alto potencial genético. No milho, as primeiras populações crioulas do RS não apresentavam alto potencial de rendimento de grãos, uma vez que eram selecionadas em função de sua adequação a sistemas de consórcios e tolerância a fatores adversos. Com os avanços nos processos de melhoramento genético, inicialmente com o desenvolvimento de cultivares sintéticas

e, depois, dos híbridos, surgiram cultivares capazes de utilizar eficientemente os fatores do ambiente e de tolerar densidades de plantas mais elevadas. As diferenças de potencial de rendimento de grãos entre as cultivares de população aberta melhoradas, sintéticas, os híbridos duplos e os híbridos simples, quando cultivadas em condições de alto nível de manejo, evidenciam a evolução da genética proporcionada pelos programas de melhoramento genético de milho.

3.5.3 Necessidades hídricas da planta

O milho é uma espécie que utiliza grande quantidade de água durante o ciclo de desenvolvimento, devido ao seu elevado rendimento de massa seca. Trata-se, no entanto, de uma cultura eficiente no uso de água, medida pela massa seca produzida por unidade de água utilizada. O elevado consumo de água não é devido apenas ao alto rendimento de massa seca, mas também pelo fato de tratar-se de um cereal de estação estival. Isto significa que a maior demanda de água pela planta coincide com a maior demanda evaporativa da atmosfera.

Em função desses aspectos, a disponibilidade hídrica é o fator que mais freqüentemente limita a obtenção de elevado rendimento de grãos. 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 durante o pendoamento e espigamento (em torno de 7 mm/dia), quando a planta tem a maior área foliar.

Como a precipitação média mensal no estado do Rio Grande do Sul do Brasil varia entre 100 e 150 mm, as necessidades da cultura poderiam ser supridas pelas precipitações pluviais. No entanto, a quantidade média de precipitação não atende às exigências da cultura nos períodos de maior consumo de água, devido a perdas por escoamento, evaporação e drenagem, aliadas à baixa capacidade de retenção de água da maioria dos solos e à distribuição irregular da precipitação. Além disto, o consumo de água não é uniforme durante todo o ciclo da planta.

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 das sementes e emergência das plântulas. O pequeno consumo deve-

se ao reduzido número de folhas constituinte da massa verde, de pequeno volume. Inicialmente, há muita evaporação da água do solo, que vai sendo reduzida gradativamente, dando lugar à maior participação da transpiração. 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. Os eventos que ocorrem no desenvolvimento da planta, que requerem adequado suprimento de água, são vitais para a obtenção de altos rendimentos de grãos. A falta de água é muito prejudicial cerca de duas a três semanas antes do pendoamento até duas semanas após o espigamento. Neste período, ocorre o surgimento do pendão (pendoamento), a antese, a emergência de estigmas, a fecundação e o início de desenvolvimento 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 polinização provoca má formação (falhas) 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. Nessa etapa, a planta inicia a senescência, até completar a formação e secagem de grãos.

Na região Sul do Brasil, há frequentes períodos (uma ou mais semanas) sem precipitação durante a estação de crescimento de milho. Com isto, a umidade do solo decresce e o suprimento de água à cultura fica comprometido. O agricultor nada pode fazer a respeito da precipitação, mas poderá adotar práticas de manejo que minimizem o problema. A primeira relaciona-se à capacidade de retenção de água pelo solo. De maneira geral, solos arenosos retêm menos água do que os francos ou argilosos. O passo seguinte é saber explorar a água armazenada no solo pela ação do sistema radicular, a qual será maior quanto mais estruturado for o solo, facilitando o crescimento de raízes.

O agricultor pouco pode fazer para aumentar a capacidade de armazenamento de água pelos solos, pois cultiva apenas nos horizontes superiores do solo, enquanto as raízes exploram camadas mais profundas. Algumas técnicas de manejo empregadas, às quais se atribui o aumento na capacidade de retenção de água do solo estão, na realidade, apenas evitando perdas. Assim, o rompimento

de camadas impermeáveis no subsolo permite maior infiltração de água. A adoção de sistemas de cultivo que incrementam o teor de matéria orgânica no solo pode aumentar a capacidade de retenção de água em alguns solos, mas o efeito maior é sobre o aumento do uso da água das precipitações em razão da melhoria na estrutura da superfície.

Como não pode interferir na capacidade de retenção de água, o agricultor deve fazer uso racional da água que possui no solo. As técnicas empregadas são no sentido de reduzir perdas e racionalizar o consumo. As perdas se dão pelo escoamento superficial da água das precipitações, competição por água pelas plantas daninhas (eliminação das mesmas); evaporação da água do solo (resíduos de culturas sobre a superfície diminuem o problema). A racionalização do consumo pode ser conseguida pela conversão mais efetiva da água disponível em grãos. Isto 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.

Com base no consumo relativo de água, representado pelo índice E_{Tr}/E_{Tm} , que é a quantidade de água consumida pela planta em condições naturais de disponibilidade hídrica, ou evapotranspiração real, em relação ao consumo de água sem restrição hídrica, considerada evapotranspiração máxima, Matzenauer et al. (2002) definiram três índices para classificação de áreas de risco por deficiência hídrica para produção de milho no Estado do Rio Grande do Sul: áreas de baixo risco – áreas onde o consumo relativo de água (índice E_{Tr}/E_{Tm}) no período crítico é maior que 0,70; áreas de risco médio – áreas onde o consumo relativo de água no período crítico se situa entre 0,70 e 0,50; e áreas de alto risco – áreas onde o consumo relativo de água no período crítico é inferior a 0,50. Esses valores do consumo relativo de água no período crítico (do início do pendoamento até 30 dias após) para diferentes épocas de semeadura foram recentemente disponibilizados para produtores de diferentes regiões desse estado.

Pelo manejo adequado podem ser conseguidos resultados surpreendentes em termos de racionalização do uso da água. Assim, plantas ineficientes ou sob condições de estresse (mineral,

competição com plantas daninhas, ocorrência de pragas e doenças) consomem tanta água quanto plantas livres desses problemas.

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 277 e 349 litros, respectivamente, para sorgo e milho (Mengel & Kirkby, 1978). 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 com menor tamanho, presença de cera nas folhas e nos colmos e capacidade de entrar em estado de dormência sob 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.

3.5.3.1 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 Depressão Central do Estado em diferentes períodos de desenvolvimento da cultura e três épocas de semeadura, são apresentados na Tabela 3.3. 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 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 3.3 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 – ML	120	5,7	174	6,6	86	5,1
ML - 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; ML – maturação leitosa; 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 (K_c) 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 K_{c_1} , K_{c_2} e K_{c_3} da seguinte forma:

$$K_{c_1} = ETm/Eo; \quad K_{c_2} = ETm/ETo; \quad K_{c_3} = ETm/Rs$$

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 3.3, são apresentados os valores dos três coeficientes nos diferentes subperíodos de desenvolvimento e no ciclo completo

de milho, para três épocas de semeadura.

Tabela 3.4 Coeficientes de cultura KC1 (ETm/Eo), KC2 (ETm/ETo) e KC3 (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 – ML	0,81	0,97	0,60	0,92	1,05	0,68	0,81	0,96	0,60
ML - 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;

ML – maturação leitosa; 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-ML. 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 2.3), calcula-se o consumo de água da seguinte forma:

$$ETm = Eo \times Kc1 \quad Eo = 52,0 \text{ mm} \quad Kc1 = 0,81$$

$$ETm = 52,0 \times 0,81 \quad \rightarrow \quad ETm = 42,1 \text{ mm}$$

Como os períodos de maior deficiência hídrica ocorrem com maior frequência 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.

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 nas épocas do cedo (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.

3.5.4 Manejo da irrigação

Os principais fatores determinantes do planejamento da irrigação, seja qual for o método utilizado (aspersão ou infiltração), 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 fim de verão. Logo, haverá maior necessidade de água quando coincidir os períodos mais críticos em pleno verão. Deve-se considerar que a quantidade de água exigida pela planta varia conforme a época de semeadura e o estágio de desenvolvimento. Assim, torna-se difícil estabelecer qual será o 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 nos seus estádios mais críticos. A irrigação durante o período em que a cultura é mais sensível à deficiência hídrica (pendoamento e espigamento) pode garantir altos rendimentos e alta eficiência de uso da água. Os conhecimentos disponíveis são ainda escassos no sentido de estabelecer a viabilidade econômica da suplementação de água por irrigação. Entretanto, 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.

3.5.5 Cultivo de milho e sorgo em áreas de arroz irrigado

Estudos mostram a viabilidade de se estabelecer a cultura do milho em planossolos e gleissolos, em rotação com arroz irrigado, desde que se disponha de eficiente sistema de drenagem e que se utilize as demais práticas de manejo adequadas para obtenção de altos rendimentos de grãos.

A planta de milho é muito sensível ao excesso de água, necessitando de solos bem drenados. A excessiva umidade provoca ambiente anaeróbico, prejudicando a respiração de raízes e afetando a absorção de nutrientes. Isto induz menor crescimento radicular e, conseqüentemente, da parte aérea, refletindo-se em menores rendimentos de grãos. A possibilidade de introdução do milho em áreas de arroz irrigado deve levar em conta estes aspectos e, para tanto, alguns cuidados devem ser tomados.

Além da maior tolerância à deficiência hídrica, o sorgo é mais tolerante a condições de excesso de umidade no solo, quando comparado a outras espécies. A planta de sorgo possui características

de tolerância a excesso de água no solo a partir de, aproximadamente, 20 dias após a emergência (20 a 30 cm de estatura), tolerando baixas tensões de O_2 . No entanto, na fase inicial de desenvolvimento, esta cultura é muito sensível, necessitando os mesmos cuidados tomados para o milho em relação à drenagem de solo.

Para cultivo de milho e sorgo em solos mal drenados, algumas práticas de manejo do solo devem ser aplicadas para se evitar perdas por encharcamento. Nas terras baixas do sul do Brasil, existem extensas áreas disponíveis para produzir milho e sorgo. Entretanto, o milho é sensível ao encharcamento do solo (mais sensível do que o sorgo ou a soja), sendo que, nas fases iniciais desta cultura, somente um dia em alagamento já pode resultar na morte da planta. As principais indicações de manejo do solo para evitar perdas por encharcamento no cultivo do milho em terras baixas são as seguintes:

1. Quando houver área disponível, deve-se implantar o milho nos talhões menos propensos ao alagamento, 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 deficiente drenagem natural. Outros locais com probabilidade alta de alagar são os vales de rios, que elevam seu nível de água e transbordam frequentemente em função da ocorrência de altos volumes de precipitações em suas cabeceiras.

2. Deve-se implantar um sistema eficiente de drenagem superficial, com base em estudo prévio do relevo da área. Na prática, o melhor momento para fazer este estudo é após as chuvas, quando os locais alagados são facilmente visualizados na lavoura. Outra forma de estudo destas áreas é pelo uso de instrumentos específicos, como os teodolitos e níveis manuais ou a laser. Deve-se então demarcar o centro das depressões e, posteriormente, fazer os drenos, com os canais de drenagem passando na parte mais baixa das áreas previamente demarcadas que alagam.

3. No caso do cultivo do milho nas áreas utilizadas com arroz irrigado, pode-se aproveitar a estrutura pré-existente de drenagem da área, sendo importante a realização de limpeza de canais. Deve-se ter cuidado adicional quanto aos drenos internos da lavoura, pois na semeadura do milho ou do sorgo a terra revolvida pelo maquinário

bloqueia os drenos, impedindo o escoamento da água. Isso ocorre comumente nos canais internos, conhecidos como microdrenos ou canais estreitos. Após a semeadura, portanto, estes canais devem ser refeitos e/ou desobstruídos.

4. Em áreas muito planas (declive menor que 0,5%) e uniformes, pode-se utilizar a técnica de camalhões de base larga, que consiste na sistematização, com o direcionamento da aração do solo, para formar taludes de drenagem, de tamanho variável (até 10 m de largura) sobre os quais as culturas podem ser cultivadas em semeadura direta. Esta técnica propicia um sistema de drenagem que pode permanecer na área por várias safras agrícolas. A Figura 3.1 demonstra, resumidamente, a confecção destes camalhões. Informações mais detalhadas podem ser obtidas junto à Embrapa Clima Temperado (Pelotas, RS).

5. 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. Na lavoura, este método se assemelha às áreas de cultivo de milho em sucessão ao fumo ou batata, em que o milho é semeado em cima dos camalhões, aproveitando a adubação residual destas culturas. Uma peculiaridade para utilizar este sistema de drenagem é que os camalhões e sulcos devem ser feitos, nas terras baixas muito planas, no sentido da declividade do terreno, para facilitar o escoamento do excesso de água. Pode-se aproveitar esta estrutura para irrigar o milho ou o sorgo, com “banhos” rápidos e drenagem imediata da área. Resultados agrônômicos do emprego da técnica de sulco-camalhão com culturas de sequeiro em áreas de terras baixas estão disponíveis junto à Embrapa Clima Temperado (<https://www.embrapa.br/clima-temperado>).

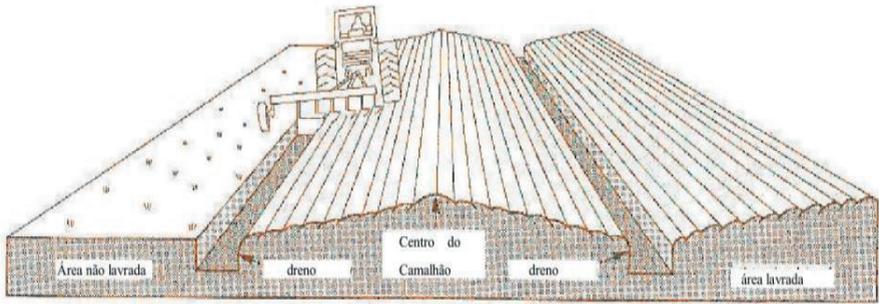


Figura 3.1 Confeccção de camalhões de base larga.

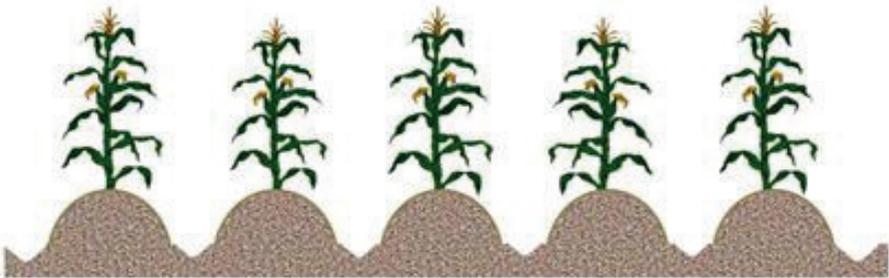


Figura 2.2 Milho implantado em sistema sulco-camalhão.

3.6 Zoneamento de riscos climáticos

3.6.1 Cultura do milho

O milho pode ser cultivado em todo o Rio Grande do Sul. Entretanto, ocorrem variações no rendimento de grãos entre anos e entre regiões. Essas variações são causadas, principalmente, pela ocorrência de deficiência hídrica durante o desenvolvimento da cultura. A ocorrência de geadas tardias (agosto - setembro) é outro fator que, embora em menor grau, também pode influir na variação de rendimentos de grãos. De modo geral, o regime térmico do Estado atende às exigências do milho, configurando-se como principal

problema a baixa quantidade e irregularidade na distribuição de precipitações, o que limita a obtenção de altos rendimentos de grãos.

A identificação dos períodos favoráveis de semeadura para cultivo de milho no Rio Grande do Sul foi realizada com base em cálculos de balanço hídrico diário, considerando a interação entre local (clima) x ciclo das cultivares x período de semeadura x tipo de solo. Para cálculo do balanço hídrico diário (simulações), considerou-se as semeaduras centradas nos dias 5, 15 e 25 de cada mês, entre julho e janeiro.

Os ciclos das cultivares de milho (superprecoce, precoce, semiprecoce, médio e tardio) variam em função da época de semeadura e local, em média entre 120 e 160 dias para atingir a fase de maturação fisiológica no Rio Grande do Sul. Desta maneira, para as simulações de balanço hídrico foram considerados ciclos de 120, 130, 140 e 150 dias, como os mais representativos nas diversas regiões do Estado.

No cálculo de balanço hídrico, foram considerados três tipos de solo com capacidade de retenção de água (CAD) de: 35 mm, 50 mm e 70 mm, correspondendo aos solos Tipo 1, Tipo 2 e Tipo 3, respectivamente. Usou-se ... o Índice de Satisfação das Necessidades de Água (ISNA) do subperíodo 3 do desenvolvimento do milho (floração e enchimento de grãos) como principal índice de zoneamento. Os valores de ISNA, calculados para uma frequência mínima de 80 % de sucesso, foram espacializados através de SIG, definindo-se três categorias: favorável (ISNA > 0,55), intermediária (ISNA entre 0,45 e 0,55) e desfavorável (ISNA < 0,45). Os períodos de semeadura foram estabelecidos com base nas áreas delimitadas pela faixa de valores favoráveis de ISNA, desde que não coincidentes com áreas onde não é recomendado o cultivo de milho no Rio Grande do Sul, pelo atual zoneamento agroclimático, em função de baixa disponibilidade térmica (riscos de danos por baixas temperaturas).

3.6.1.1 Tipos de solos aptos para semeadura

Solos tipo 1. Englobam: i) solos cujo teor de argila é superior a 10% e inferior a 15% nos primeiros 50 cm de solo e ii) solos com teor de argila entre 15% e 35% e com teores de areia inferiores a

70%, que apresentam variação abrupta de textura nos primeiros 50 cm, isto é, que nos 50 cm superficiais, um horizonte ou camada de solo tem 15% ou mais de argila, em valor absoluto, do que o outro horizonte.

Solos tipo 2. Englobam solos com teor de argila entre 15% e 35% e com teores de areia inferiores a 70% nos primeiros 50 cm de solo.

Solos tipo 3. Englobam i) solos com teor de argila maior que 35% nos primeiros 50 cm; e ii) solos com menos de 35% de argila e menos de 15% de areia (textura siltosa) nos primeiros 50 cm.

- Para efeito dos estudos de riscos climático para culturas de grãos não são indicadas as áreas de preservação obrigatória, de acordo com a Lei 4.771 do Código Florestal;
- com solos que apresentam teor de argila inferior a 10% nos primeiros 50 cm de solo;
- com solos que apresentam profundidade inferior a 50 cm;
- com solos que se encontram em áreas com declividade superior a 45%;
- com solos muito pedregosos, isto, é solos nos quais calhaus e matações (diâmetro superior a 2 mm) ocupam mais de 15% da massa e/ou da superfície do terreno.

3.6.1.2 Períodos de semeadura nos 36 decêndios do ano

Períodos	21	22	23	24	25	26	27	28
Datas	21 a 31	01 a 10	11 a 20	21 a 31	01 a 10	11 a 20	21 a 30	01 a 10
Mês	Julho	Agosto			Setembro			

Períodos	29	30	31	32	33	34	35	36	1	2
Datas	11 a 20	21 a 31	01 a 10	11 a 20	21 a 30	01 a 10	11 a 20	21 a 31	01 a 10	11 a 20
Mês	Outubro		Novembro			Dezembro			Janeiro	

A época de semeadura indicada pelo zoneamento, para cada região, não será prorrogada ou antecipada. No caso de ocorrer algum evento atípico à época indicada, como, por exemplo, a ocorrência de deficiência hídrica que impeça o preparo de solo e semeadura, ou excesso de chuvas que não permita o tráfego de máquinas na propriedade, recomenda-se aos produtores não efetivarem a

implantação da lavoura nesta safra no local atingido, uma vez que o empreendimento estará sujeito a eventos meteorológicos adversos ainda impossíveis de serem previstos pelo zoneamento.

Nota: caso exista mais de um período de semeadura, por exemplo, 21 a 24 + 28 a 36, significa que nos períodos intermediários ausentes da indicação (25, 26, 27 e 1 a 2, no exemplo), a semeadura não é indicada.

3.6.1.3 Municípios e períodos favoráveis de semeadura

A relação de municípios indicados para semeadura de milho no Estado do Rio Grande do Sul está disponível e atualizada no endereço <http://www.agricultura.gov.br/politica-agricola/zoneamento-agricola/portarias-segmentadas-por-uf>.

3.6.2. Cultura do sorgo

O sorgo pode ser cultivado em todo o Rio Grande do Sul. Entretanto, também ocorrem variações no rendimento de grãos entre anos e entre regiões. Essas variações são causadas, principalmente, pela ocorrência de deficiência hídrica durante o desenvolvimento da cultura, que pode ser intensa em alguns anos nos meses de final de primavera e início de verão, em particular nas regiões mais quentes. A ocorrência de geadas tardias (agosto - setembro) é outro fator que, embora em menor grau, também pode influir negativamente na variação de rendimentos. De modo geral, o regime térmico do Estado atende às exigências do sorgo. O principal problema é a baixa quantidade e a irregularidade na distribuição de precipitações em algumas regiões, causando deficiência hídrica, que pode limitar a obtenção de altos rendimentos de grãos, apesar de sua tolerância ao déficit hídrico ser maior que as demais culturas de primavera-verão cultivadas no Estado. Por isso, é cultivado em áreas com menor disponibilidade hídrica, onde a produtividade de outros cereais é antieconômica.

A identificação dos períodos favoráveis de semeadura para o sorgo foi realizada com base em cálculos de balanço hídrico diário, considerando a interação entre local (clima) x ciclo da cultivar x

período de semeadura x tipo de solo, pelo uso de um índice SIG.

A duração total do ciclo fenológico foi considerada de 90 dias para cultivares de ciclo precoce e 120 dias para as de ciclo médio/tardio. A reserva máxima utilizável de água foi estimada considerando-se uma profundidade efetiva de raízes de 50 mm e três grupos de solos definidos em função de sua capacidade de armazenamento de água: 35 mm para os solos Tipo 1, com baixa capacidade de armazenamento de água; 50 mm para os solos Tipo 2, com média capacidade de armazenamento de água e 70 mm para os solos Tipo 3, com alta capacidade de armazenamento de água.

Foram analisados 12 períodos possíveis de semeadura, com duração de dez dias cada um, entre os dias 21 de setembro e 20 de janeiro. O sistema de balanço hídrico estimou o atendimento hídrico no período crítico da cultura pelo índice ISNA (Índice de Satisfação das Necessidades de Água), para cada data de semeadura, tipo de solo e ciclo da cultivar. A análise frequencial para obter o valor do índice ISNA correspondeu à frequência de ocorrência de 80% de sucesso. Esses valores foram geo-referenciados por meio de SIG. Os mapas resultantes de cada simulação apresentaram as seguintes classes de risco, de acordo com o ISNA obtido:

- Favorável: $ISNA \geq 0,50$;
- Intermediária: $ISNA 0,40 - 0,50$;
- Desfavorável: $ISNA < 0,40$.

3.6.2.1 Tipos de solos aptos ao cultivo

- **Solo Tipo 1:** Teor de argila maior que 10% e menor ou igual a 15%, com profundidade igual ou superior a 50 cm; ou Teor de argila entre 15 e 35% e com menos de 70% de areia, que apresentam diferença de textura ao longo dos primeiros 50 cm de solo, e com profundidade igual ou superior a 50 cm.
- **Solo Tipo 2:** Teor de argila entre 15 e 35% e menos de 70% de areia, com profundidade igual ou superior a 50 cm.
- **Solo Tipo 3:** teor de argila maior que 35%, com profundidade igual ou superior a 50 cm; ou solos com menos de 35% de argila e menos de 15% de areia (textura siltosa), com profundidade igual ou superior a 50 cm.

Nota – áreas/solos não indicados para a semeadura: áreas de preservação obrigatória, de acordo com a Lei nº 4.771 do Código Florestal; solos que apresentem teor de argila inferior a 10% nos primeiros 50 cm de solo; solos que apresentem profundidade inferior a 50 cm; solos que se encontrem em áreas com declividade superior a 45% e solos muito pedregosos, isto é, solos nos quais calhaus e matacões (diâmetro superior a 2 mm) ocupem mais de 15% da massa e/ou da superfície do terreno.

2.6.2.2 Períodos de semeadura nos 36 decêndios do ano

	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	01	02
Data	21 a 30	01 a 10	11 a 20	21 a 31	01 a 10	11 a 20	21 a 31	01 a 10	11 a 20	21 a 31	01 a 10	11 a 20
Mês	Setembro	Outubro		Novembro			Dezembro		Janeiro			

3.6.2.3 Municípios e períodos indicados para semeadura

A relação de municípios do Estado do Rio Grande do Sul aptos ao cultivo do sorgo, está disponível e atualizada no endereço <http://www.agricultura.gov.br/politica-agricola/zoneamento-agricola/portarias-segmentadas-por-uf>.

A época de semeadura indicada pelo zoneamento não será prorrogada ou antecipada em hipótese alguma. No caso de ocorrer algum evento atípico, como, por exemplo, a ocorrência de deficiência hídrica excessiva que impeça o preparo do solo e a semeadura ou o excesso de precipitações que não permita o tráfego de máquinas na propriedade, recomenda-se aos produtores não implantarem a lavoura nesta safra no local atingido, uma vez que o empreendimento estará sujeito a eventos meteorológicos adversos de difícil previsão.

4. MANEJO DO SOLO, ADUBAÇÃO E CALAGEM

Revisores técnicos: Evandro Spagnollo
Walkyria Bueno Scivittaro

4.1 Manejo conservacionista do solo

Atualmente, apesar de o milho ser cultivado predominantemente em semeadura direta, ainda é incipiente a adoção de práticas conservacionistas fundamentais à melhoria e otimização no uso dos recursos naturais e de insumos, 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 componente do 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 sistema plantio direto requer a observância integral dos fundamentos a seguir apresentados.

4.1.1 Rotação de culturas

A rotação de culturas, conceituada como o cultivo alternado e 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: o favorecimento do manejo integrado de pragas; 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; 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 e a inserção da cultura do milho em sistema de rotação em plantio direto é bastante vantajosa, tanto pelo tipo de sistema radicular, quanto pela quantidade alta de biomassa aportada ao solo, como resíduos culturais.

4.1.2 Mobilização mínima do solo

A restrição da mobilização do solo à linha de semeadura tem como benefícios a redução nas perdas de solo 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.

4.1.3 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 preservação 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.

4.1.4 Processo colher-semear

O processo colher-semear, conceituado como redução ou supressão do intervalo de tempo entre uma colheita e a semeadura 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, dos fluxos de matéria orgânica vigentes em sistemas naturais.

4.1.5 Práticas mecanizadas conservacionistas

A cobertura permanente do solo, otimizada no sistema plantio direto, 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, conseqüentemente, 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 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.

4.2 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.

4.2.1 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 seqüência 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 de as adubações terem sido realizadas a lança 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 de entrelinha a entrelinha. 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 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.

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).

4.2.2 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 associado a quantidades variáveis de 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) 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 4.1).

As quantidades de corretivo indicadas na Tabela 4.1 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 4.1 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).

A quantidade de corretivo (calcário PRNT 100%) definida pelo método da saturação por bases e pelo índice SMP é semelhante. Diferenças maiores possam ocorrer, porém, 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:

$$\text{para atingir pH 6,0: } NC = - 0,516 + 0,805MO + 2,435AI$$

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 cmolc/dm³.

A quantidade de calcário e seu modo de aplicação variam, ainda, com o sistema de preparo do solo, convencional ou plantio direto (Tabela 3.2.2).

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 3.2.2. 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 natural 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 ($\frac{1}{4}$) 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 \geq 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 4.2.

Tabela 4.2 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 Al ≥ 40%	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 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.

4.2.3 Adubação

4.2.3.1 Adubação nitrogenada para milho

As doses de nitrogênio (N) indicadas para a cultura de milho são apresentadas na Tabela 4.3, 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.

Tabela 4.3 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	Consociação 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 produção média de matéria seca da cultura antecedente. Caso a massa seca da leguminosa for alta (> 3 t/ha), pode-se diminuir a quantidade de N em até 20 kg/ha. Se a massa 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 massa 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 massa seca da cultura antecedente. Para expectativa de rendimento de 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 4.3 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 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 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, 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 sulco, 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 de amônio e 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.

4.2.3.2 Adubação nitrogenada para milho pipoca

As doses de nitrogênio indicadas para a cultura de milho pipoca são apresentadas na Tabela 4.4. O manejo da adubação pode ser semelhante ao indicado para o milho, independentemente do sistema de cultivo, convencional ou plantio direto.

Tabela 4.4 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.

4.2.3.3 Adubação nitrogenada para sorgo

As doses de nitrogênio indicadas para a cultura de sorgo são apresentadas na Tabela 4.5, 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.

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 4.5 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.

4.2.4 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 4.6 e 4.7), a partir do qual pouco incremento em produtividade é esperado com a aplicação de fertilizantes contendo esses nutrientes.

Tabela 4.6 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/dm ³ 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 4.7 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	CTCpH _{7,0} do solo			
	≤ 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 P₂O₅ e de K₂O 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 pequena comparativamente às indicadas para os níveis “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 todos os níveis de disponibilidade desses nutrientes, com exceção do “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 ao nível “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 4.8, 4.9 e 4.10 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 4.2.8 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 P2O5 -----		----- kg/ha de K2O -----	
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 P2O5 e de K2O indicadas pressupõem rendimento ≤ 6 t/ha. Para expectativa de rendimento > 6 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 4.9 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	2]
	----- kg/ha de P2O5 -----		----- kg/ha de K2O -----	
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 4.10 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 P2O5 -----		----- kg/ha de K2O -----	
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 subseqüentes.

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 3.2.3, 3.2.4, 3.2.5, 3.2.8, 3.2.9 e 3.2.10, sobretudo nas doses mais elevadas.

4.2.4.1 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 (K₂SO₄), 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 P₂O₅ e K₂O aplicado na lavoura, levando em conta os critérios de solubilidade.

4.2.5 Fertilizantes orgânicos

É possível utilizar fertilizantes orgânicos no cultivo de milho e sorgo. As doses de N, P₂O₅ e K₂O devem ser as mesmas indicadas nas Tabelas 3.2.3, 3.2.4, 3.2.5, 3.2.7 e 3.2.8. O cálculo destas deve ser realizado, porém, levando-se em consideração 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.

4.2.6 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 mmolc/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-P₂O₅-K₂O aplicado na propriedade.

4.2.7 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.

4.2.8 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 evidente deficiência.

5. CULTIVARES

Revisores técnicos: Jane Rodrigues De Assis Machado
Felipe Bermudez

5.1 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 irá alcançar patamares elevados de produtividade. Vários fatores externos tem impacto direto no desempenho da cultivar, por isso é de fundamental importância que o agricultor e o técnico extencionista conheçam bem a propriedade e os objetivos do cultivo do milho no momento da definir qual a melhor cultivar a ser utilizada para as condições de sua propriedade.

Considerando o local de cultivo deve-se considerar 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 deve ser baseada no objetivo da produção, ciclo, tipo de cultivar, época de semeadura, histórico de ocorrência de pragas e doenças e a indicação de cultivo para a região.

A seguir trataremos dos assuntos relacionados à cultivar.

5.1.1 Objetivo da produção

O milho pode ser utilizado de diferentes formas, sendo as mais comuns a produção de grãos e de silagem. Existe também aqueles desenvolvidos para usos específicos, os chamados “milhos especiais”, são eles: milho verde, milho doce, milho para artesão, milho pipoca, milho farinácio, entre outros. Sua finalidade de uso depende da constituição do grão.

Para produção de grãos uma das características mais observadas é o potencial produtivo da cultivares. Para que o milho possa alcançar seu potencial produtivo é necessário avaliar a sua adaptabilidade à região onde será cultivado, a estabilidade de produção em diferentes ambientes, seu nível de resistência às principais doenças que já tem histórico de ocorrência na área. Outros

fatores também devem ser observados, um bom empalhamento irá refletir na boa qualidade do grão, tolerância ao acamamento e tombamento para facilitar o processo de colheita e por último mas, não menos importante inserção de primeira espiga, que não deve ser muito alta para não levar ao acamamento também.

O milho é o mais preferido para a produção de silagem devido: elevada produção de massa seca por área, alta densidade energética com mais de 68% nutrientes digestíveis totais, alto teor de amido, baixa concentração de carboidratos fibrosos e baixo poder tampão. Os programas de melhoramento tem se dedicado à seleção de milhos para produção de silagem e os mesmos devem conter: 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, por conseguinte, 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 mais indicados para fornecimento “in natura” aos animais. No entanto, eles requerem maior cuidado no armazenamento que os 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 de 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 grandes 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.

Além do tipo e da distribuição do endosperma, a cor e a qualidade dos grãos de milho são características que devem ser levadas em consideração na escolha da cultivar. A maioria das cultivares de milho apresenta grãos com coloração amarela, amarelo-alaranjada, vermelho-alaranjada e alaranjada. No entanto, há cultivares que têm pericarpo e endosperma com coloração branca. A vantagem desta característica é possibilitar a mistura da farinha de milho à de trigo, dentro de certos limites, sem alterar a cor da farinha de trigo.

5.1.2 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 cultivares de polinização aberta também são dividida sem:

Variedades sintéticas: são subproduto de híbridos onde utilizadas linhagens de eleva 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 freqüência 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.

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).

Os híbridos simples apresentam as vantagens de maior uniformidade e potencial produtivo quando comparados aos híbridos triplos, duplos e variedades melhoradas. No entanto, como regra geral, apresentam maior custo na aquisição de sementes.

Para os híbridos expressarem seu potencial de rendimento precisam de manejo adequado, práticas culturais, tratamentos fitossanitários, disponibilidade de água, adubação de base e nitrogênio em cobertura, nas doses recomendadas, razão pela qual tornam-se mais adequados para produtores com expectativa de elevado rendimento.

As variedades melhoradas, além do menor custo da semente, não apresentam redução no potencial produtivo quando semeadas na safra seguinte, o que possibilita aos produtores a produção de semente própria, por período não superior a três safras consecutivas.

Em áreas tecnificadas, com uso adequado de insumos (adubos, herbicidas, inseticidas, irrigação, etc.), em que se espera obter rendimento de grãos elevado, a utilização de híbridos tem sido vantajosa. 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 tecnologia 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.

5.1.3 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 inseto e/ou tolerância a herbicida (Tabela 1).

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

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

b) Observar norma de coexistência: para permitir a coexistência, a distância entre uma lavoura comercial de milho geneticamente modificado e outra de milho não geneticamente modificado, localizada em área vizinha, deve ser igual ou superior a 100 (cem) metros ou, alternativamente, 20 (vinte) metros, desde que acrescida de bordadura com, no mínimo, 10 (dez) fileiras de plantas de milho convencional de porte e ciclo vegetativo similar 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. Aspectos das regras são apresentados no capítulo 8, Manejo Integrado de Pragas.

Tabela 5.1. Informações sobre os eventos disponíveis nas cultivares de milho transgênicas, aprovadas para comercialização no Brasil, 2019.

Yield Gard	MON-008 D-6	M ON8 D	<i>Bacillus thuringiensis</i>	Resistente a insetos
Liberty Link	ACS-ZM 003-2	T25	<i>Streptomyces viridochromogenes</i>	Tolerante a Herbicida
TL	SYN-B T 011-1	B111	<i>Bacillus thuringiensis</i> / <i>Streptomyces viridochromogenes</i>	Resistente a insetos e tolerante a herbicidas
Roundup Ready 2	M ON-00603-6	NK603	<i>Agrobacterium tumefaciens</i>	Tolerante a Herbicida
TG	M ON-00021-9	GA21	<i>Zea mays</i>	Tolerante a Herbicida
Herculex	DAS-0 507-1	TC 507	<i>Bacillus thuringiensis</i> / <i>Streptomyces viridochromogenes</i>	Resistente a insetos e tolerante a herbicidas
YGR2	M ON-00603-6 + M ON-008 D-6	NK603 & M ON8 D	<i>Agrobacterium tumefaciens</i> / <i>Bacillus thuringiensis</i>	Tolerante a Herbicida e resistência a insetos
TL/TG	SYN-B T 011-1 + M ON-00021-9	B111 & GA21	<i>Bacillus thuringiensis</i> / <i>Streptomyces viridochromogenes</i> / <i>Zea Mays</i>	Tolerante a Herbicida e resistência a insetos
Viptera-MR 62	SYN-IR 62-4	M IR 62	<i>Bacillus thuringiensis</i>	Resistente a Insetos
HR Herculex/RR2	DAS-0 507-1 + M ON-00603-6	TC 507 & NK603	<i>Bacillus thuringiensis</i> / <i>Streptomyces viridochromogenes</i> / <i>Agrobacterium tumefaciens</i>	Resistente a insetos e tolerante a herbicidas
Pro	M ON-89034-3	M ON89034	<i>Bacillus thuringiensis</i>	Resistente a insetos
TL TG Viptera	SYN-B T 011-1 + SYN-IR 62-4 + M ON-00021-9	B111 & M IR 62 & GA21	<i>Bacillus thuringiensis</i> / <i>Streptomyces viridochromogenes</i> / <i>Zea Mays</i>	Resistente a insetos e tolerante a herbicidas
PRO2	M ON-89034-3 + M ON-00603-6	M ON89034 & NK603	<i>Bacillus thuringiensis</i> / <i>Agrobacterium tumefaciens</i>	Resistente a insetos e tolerante a herbicidas
Yield Gard VT	M ON-880 7-3	M ON8807	<i>Agrobacterium tumefaciens</i> / <i>Bacillus thuringiensis</i>	Tolerante a Herbicida e resistência a insetos
Power Core PW/Dow	M ON-89034-3 + DAS-0 507-1 + M ON-00603-6	M ON89034 x TC 507 x NK603	<i>Bacillus thuringiensis</i> / <i>Streptomyces viridochromogenes</i> / <i>Agrobacterium tumefaciens</i>	Resistente a insetos e tolerante a herbicidas
Optimum Intrasect	M ON-008 D-6 + DAS-0 507-1 + M ON-00603-6	M ON8 D x TC 507 x NK603	<i>Bacillus thuringiensis</i> / <i>Streptomyces viridochromogenes</i> / <i>Agrobacterium tumefaciens</i>	Tolerante a Herbicida e resistência a insetos
TC 507xM ON8 D	DAS-0 507 & M ON8 D	TC 507 x M ON8 D	<i>Bacillus thuringiensis</i> / <i>Streptomyces viridochromogenes</i>	Tolerante a Herbicida e resistência a insetos
M ON89034 x M ON8807	M ON-89034-3 + M ON-880 7-3	M ON89034 x M ON8807	<i>Bacillus thuringiensis</i> / <i>Agrobacterium tumefaciens</i>	Tolerante a Herbicida e resistência a insetos
Herculex XTRA™ maize	DAS-0 507-1 + DAS-59 022-7	M ON89034 x M ON8807	<i>Bacillus thuringiensis</i> / <i>Streptomyces viridochromogenes</i>	Tolerante a Herbicida e resistência a insetos
Viptera4	SYN-B T 011-1 + SYN-IR 62-4 + SYN-IR 604-5 + M ON-00021-9	B111M IR 62xM IR604xGA21	<i>Bacillus thuringiensis</i> / <i>Streptomyces viridochromogenes</i> / <i>Zea mays</i>	Tolerante a Herbicida e resistência a insetos
M IR 604	SYN-IR604-5	M IR604	<i>Bacillus thuringiensis</i>	Resistente a insetos
Enlist™	DAS-40278-9	DAS-40278-9	<i>Sphingobium herbedorovans</i>	Tolerante a herbicida
Leptra	DAS-0 507-1 + M ON-008 D-6 + SYN-IR 62-4 + M ON-00603-6	TC I 507 x M ON81 0 x MIR1 62 x NK603	<i>Bacillus thuringiensis</i> <i>Streptomyces viridochromogenes</i> <i>Agrobacterium tumefaciens</i>	Tolerante a herbicida & resistência a insetos
Enlist™ RR	DAS-40278-9 x M ON-00603-6	DAS-40278-9xNK603	<i>Sphingobium herbedorovans</i> <i>Agrobacterium tumefaciens</i>	Tolerante a herbicida
Agrisure Duracade 5222	SYN-B T 011-1 x SYN-IR 62-4 x SYN-IR 604-5 x DAS-0 507-1 x SYN-05307-1 x M ON-00021-9 e subcomponentes	B111M IR 62xM IR604xTC 507x 5307xGA21	<i>Bacillus thuringiensis</i> <i>Streptomyces viridochromogenes</i> <i>Zea mays</i>	Tolerante a Herbicida e resistência a insetos
Agrisure Duracade	SYN-05307-1	5307	<i>Bacillus thuringiensis</i>	Resistente a insetos
VIP2	SYN-B T 011-1 x SYN-IR 62-4 + DP-32138-1	B111M IR 62	<i>Bacillus thuringiensis</i> , <i>S. viridochromogenes</i>	Tolerante a Herbicida e resistência a insetos
PowerCore Enlist	***	M ON89034xTC 507xNK603xDAS40278-9	<i>Bacillus thuringiensis</i> / <i>Streptomyces viridochromogenes</i> / <i>Sphingobium tumefaciens</i>	Tolerância a herbicidas & resistência a insetos
SmartStax™	M ON-89034-3 + M ON-880 7-3 + DAS-0 507 DAS-59 022-7	M ON8934xM ON880 7xTC 507xAS-59 022-7	<i>Bacillus thuringiensis</i> / <i>Streptomyces viridochromogenes</i> / <i>Agrobacterium tumefaciens</i>	Tolerância a herbicidas & resistência a insetos
Enogen	SYN-E3272-5	Evento 3272 (aprovado somente para consumo humano/animal)	<i>Thermococcus spp.</i>	Aumento de
VIP4TG	SYN-B T 011-1 x SYN-IR 62-4 x M ON-89034 x M ON-00021-9	B111M IR 62xM ON 89034xGA21	<i>Bacillus thuringiensis</i> / <i>Streptomyces viridochromogenes</i> / <i>Zea mays</i>	tolerância a herbicida e resistência a insetos
VIP4	SYN-B T 011-1 x SYN-IR 62-4 x M ON-89034	B111M IR 62xM ON 89034	<i>Bacillus thuringiensis</i> / <i>Streptomyces viridochromogenes</i>	tolerância a herbicida e resistência a insetos
PowerCore Ultra	M ON-89034-3 x DAS-0 507-1 x M ON-00603-6 x SYN-IR 62-4	M ON89034 x TC 507 x NK603 x M IR 62	<i>B. thuringiensis</i> , <i>S. viridochromogenes</i> , <i>A. tumefaciens</i> .	tolerância a herbicidas e resistência a insetos
PowerCore Ultra Enlist	M ON-89034-3 x DAS-0 507-1 x M ON-00603-6 x SYN-IR 62-4xDAS-40278-9	M ON 89034 x TC 507 x M IR 62 x NK603 x DAS-40278-9	<i>B. thuringiensis</i> , <i>A. tumefaciens</i> , <i>S. viridochromogenes</i> , <i>Sphingobium herbedorovans</i> , <i>E. coli</i>	tolerância a herbicidas e resistência a insetos

Fonte: CTNBio;

<http://ctnbio.mcti.gov.br/documents/566529/1684467/Tabela+de+Plantas+Aprovadas+para+Comercializa%C3%A7%C3%A3o/e3087f9c-c719-476e-a9bd-bfe75def842f>

5.1.4 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 no Rio Grande do Sul, 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.

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 deve-se 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”). Esta característica, que define o ponto de colheita, acaba tendo mais importância para o produtor que a precocidade para atingir o período de florescimento, que é o critério mais usado para definir e/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.

Se existe 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.

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, conseqüentemente 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.

Se o plantio for 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.

Se o plantio for 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 aspectos como tolerância ao excesso de umidade no solo e ao acamamento e quebraimento, colmos vigorosos, baixa estatura e baixa inserção de espiga. De modo geral, as cultivares transgênicas de ciclo superprecoces e precoces têm dado 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 em nível de propriedade.

5.2 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., 2012).

O sorgo se adapta a uma gama de ambientes. Apresenta boa tolerância à seca e ao encharcamento. Para as condições do Rio Grande do Sul, 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 ele adapta-se bem em solos médios e arenosos, profundos e permeáveis, livres de acidez nociva, com pH variando de 5,5 a 6,5. Prefere solos com fertilidade adequada.

As cultivares de sorgo são aptas para produção de rebrota e o seu aproveitamento, para produção de grãos, forragem ou cobertura de solo, pode ser viável desde que a temperatura e umidade do solo sejam favoráveis ao seu desenvolvimento.

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.

5.2.1Sorgo Granífero

O sorgo granífero é um tipo de sorgo 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 e após a colheita a planta continua veder, 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 (antipássaros), para cultivo em áreas com presença abundante de pássaros.

5.2.2 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 morta. 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 cerca de 30 a 50 t/ha de forragem verde e possui em torno de 11,5% de proteína bruta na massa seca.

5.2.3 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, pode chegar a mais de dois metros de altura, com muitas folhas e panícula com mais grãos quando comparado com o sorgo corte e pastejo, não possui tanino, 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, juntamente com 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. O sorgo sacarino em, algumas circunstâncias, também é usado para a produção de silagem, no comparado ao sorgo silageiro, apresenta qualidade inferior.

5.2.4 Sorgo Biomassa

O sorgo biomassa 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. Tem capacidade de produção de até 150 toneladas de massa verde e tem potencial elevado na produção de cobertura de solo em curto intervalo de tempo.

A lista com as cultivares de milho e de sorgo para a região subtropical pode ser obtida em: http://sistemas.agricultura.gov.br/snpc/cultivarweb/cultivares_registradas.php

6. ESTABELECIMENTO DA LAVOURA

Revisores técnicos: Ebersson Diedrich Eicholz
Rogério Ferreira Aires

6.1 Época de semeadura

6.1.1 Fatores determinantes da escolha

O Rio Grande do Sul tem condições adequadas de clima e solo que permitem o cultivo de milho em todas as regiões ecoclimáticas. Em cada uma delas, os produtores escolhem as épocas de semeadura com base em: a) riscos de deficiência hídrica nos períodos críticos; b) 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 o fator disponibilidade hídrica não é limitante e d) no sistema de rotação e sucessão de culturas adotado. Com isso, observam-se, nas regiões mais quentes, semeaduras durante até sete meses no ano, desde julho até janeiro, enquanto que em regiões mais frias a faixa de época de semeadura é mais restrita, de outubro a início de dezembro.

A ampla faixa de semeadura é geralmente adotada quando o rendimento de grãos não é elevado. À medida que se deseja melhorar a produtividade de grãos, deve-se considerar com maior prioridade os fatores temperatura do ar e radiação solar, que devem ser altos durante o pré-florescimento e o enchimento de grãos, pois a cultura responde à soma térmica. Com isso, quando o objetivo é maximizar o rendimento de grãos da cultura, geralmente a melhor época de semeadura para o Estado 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 seqüência de cultivos do sistema obriga a tomada dessa decisão. Em uma situação ou outra, a lavoura não se beneficia das vantagens da radiação solar e,

potencialmente, obtém-se rendimento mais baixo.

Os períodos de deficiência hídrica no Rio Grande do Sul são ocasionais e não bem definidos na época do ano em que acontecem. Entretanto, quando ocorrem, seus efeitos são muito drásticos na lavoura de milho, resultando em grande redução do rendimento de grãos. Isto dificulta a tomada de decisão de escolher a época de semeadura. Para cada região, observa-se que há 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, que beneficia o enchimento de grãos. Rendimento de grãos acima de 10 t ha⁻¹ já é atualmente atingido em semeaduras de agosto e setembro. Isto demonstra que o potencial genético dos híbridos poderá ser ainda melhor expresso se a semeadura for realizada no mês de outubro, desde que não haja risco de falta de água. As semeaduras 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 enchimento de grãos durante os meses de março e abril.

O estabelecimento da época de semeadura de milho no estado do Rio Grande do Sul leva em conta as condições de temperatura do ar, radiação solar e precipitação pluvial. No tocante à temperatura, observa-se que as regiões mais quentes são o Médio e Baixo Vale do Uruguai, as Missões e a Depressão Central. Nessas regiões o milho é semeado primeiro, já no mês de agosto. No Planalto Médio, de altitude maior que as regiões anteriores e, portanto, com temperaturas mais baixas, retarda-se a semeadura para início de setembro. As regiões da Serra do Sudeste e da Encosta da Serra do Nordeste são semelhantes a do Planalto Médio. Este retardamento da época de semeadura vai se prolongando progressivamente à medida que se aproxima da região dos Campos de Cima da Serra, onde o início da semeadura é indicado apenas no mês de outubro.

Como as semeaduras mais tardias também são determinadas em função da temperatura do ar, elas podem estender-se por um período maior nas regiões mais quentes. Assim é possível realizar a semeadura de milho inclusive no mês de janeiro, em sucessão às culturas do feijão e do fumo. Já nas regiões mais frias, a semeadura não pode ser feita além de meados de dezembro, devido aos riscos de formação de geadas no fim do ciclo da cultura, reduzindo a translocação de fotoassimilados para os grãos.

Além da temperatura do ar, outro fator ambiental de extrema importância é a precipitação pluvial. A distribuição da precipitação no Rio Grande do Sul é irregular, havendo regiões com maior pluviosidade (parte do Planalto Médio e Campos de Cima da Serra), com valores médios (Missões, Alto e Médio Vale do Uruguai, parte do Planalto Médio e da Depressão Central), com baixa pluviosidade (Depressão Central, Baixo Vale do Uruguai e Fronteira Oeste) e com deficiência acentuada (Litoral e Campanha).

A conjugação destes dois elementos climáticos (temperatura do ar e precipitação pluvial) determina o estabelecimento de regiões mais ou menos apropriadas ao cultivo de milho. No estado do Rio Grande do Sul, as regiões do Planalto, Missões e Encosta da Serra do Sudeste são consideradas preferenciais para cultivo de milho em qualquer época de semeadura. É importante observar que a distribuição geográfica das regiões preferenciais, toleradas ou marginais pode variar conforme a época da semeadura que o agricultor vai utilizar.

Quando o fator disponibilidade hídrica não é limitante, a melhor época de semeadura é aquela que faz coincidir o florescimento e o início do subperíodo de formação e enchimento de grãos (planta com maior área foliar) com os meses de mais elevada temperatura do ar e radiação solar. No entanto, nesses meses podem ocorrer deficiência hídrica já que a demanda evaporativa é alta. Por isso, as semeaduras nos períodos anteriores e posteriores ao “ideal” são, muitas vezes, as que mais se adaptam às condições do agricultor, caso ele 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, embora periodicamente ainda esteja sujeita à deficiência hídrica que pode ocorrer em novembro e dezembro.

Se o agricultor semear no final da estação de crescimento (semeadura 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. Nas semeaduras tardias, embora se diminua o risco de falta de água, o potencial de rendimento reduz-se muito em relação à época de outubro, caso não haja deficiência hídrica.

Nas regiões de baixa probabilidade de ocorrer deficiências hídricas prolongadas, a melhor época de semeadura é aquela que considera as melhores disponibilidades de temperatura e radiação solar, conforme exposto acima. Nas semeaduras 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 elevado risco climático (sobretudo por estiagem) o escalonamento da época de semeadura e o uso de cultivares de ciclos distintos são recomendáveis.

6.1.2 Efeitos sobre as características da planta

Ao ser semeada em diferentes épocas, a planta de milho sofre modificações na duração do ciclo e em outras características da planta, com reflexos no rendimento de grãos. Quanto ao ciclo, observa-se que a duração do período entre a semeadura e o florescimento é o que mais varia com a época. O fator mais importante neste caso é a temperatura do ar. Com baixa temperatura (como no caso da semeadura de agosto) a planta leva mais tempo para se

desenvolver, ocorrendo o oposto com a semeadura de dezembro-janeiro. A duração do período de formação e enchimento de grãos é mais estável, variando pouco com a época de semeadura, exceto o período de secagem dos grãos (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 superprecoces, precoces e de ciclo normal diminuem à medida que se retarda a época da semeadura.

Nas semeaduras tardias (dezembro-janeiro), além do encurtamento do ciclo, constata-se geralmente maior acamamento de plantas e maior incidência de insetos pragas (lagartas elasmó e do cartucho) 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 daquela redução esperada pelo efeito de menores temperatura do ar e de radiação solar incidente durante o subperíodo de enchimento de grãos. Este conjunto de elementos meteorológicos adversos faz com que o agricultor tenha que ter maiores cuidados na lavoura semeada no tarde.

Considerando o exposto acima, a escolha da cultivar a ser utilizada pode variar conforme a época de semeadura. Seu ciclo (superprecoce, precoce ou normal) torna-se importante, especialmente quando há restrições na extensão da estação de crescimento e se quer evitar a coincidência de qualquer estresse ambiental com os estádios mais críticos de desenvolvimento da planta. Com relação as 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.

6.2 Semeadura

6.2.1 Qualidade, classificação e tratamento de sementes

A semente a ser empregada na lavoura pode ser adquirida no comércio (semente certificada, S1 ou S2) que apresentam elevado padrão de qualidade no que se refere a germinação, pureza e presença de sementes de outras espécies de plantas silvestres ou cultivadas como, utilizar sementes próprias (cultivares de polinização aberta) ou semente salva, neste caso alguns cuidados devem ser tomados durante o tempo de armazenamento na propriedade, podendo haver redução na qualidade.

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

Além das perdas ocasionadas pelo uso de sementes com baixa germinação, que pode ser determinadas antes da semeadura, há outras perdas que ocorrem até que as plantas estejam bem estabelecidas. Estas perdas são de natureza variável e, de maneira geral, são estimadas ao redor de 15%. 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 e ao corte de plantas no momento do controle mecanizado de plantas daninhas, entre outras.

Para prevenir o ataque das lagartas elasma (*Elasmo palpuslignosellus*) 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 a partir de outubro, quando suas incidências aumentam, devido à ocorrência de temperatura do ar mais elevada e menor umidade do solo. O prejuízo ocasionado pelo ataque desses insetos é devido à redução da densidade de plantas na lavoura, 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 espécies da família das poáceas, que têm a capacidade de perfilhamento.

O tamanho da semente é outro fator que pode ser importante na definição da densidade inicial de plantas em milho. A massa seca da semente é influenciada pelo tipo de cultivar, pela posição da cariopse na espiga e pelas condições edafoclimáticas e de manejo durante o período de enchimento de grãos. As sementes de híbridos simples são normalmente menores do que as dos híbridos duplos, pelo fato de serem colhidas em linhagens endogâmicas. Quanto à posição das sementes na espiga, as sementes maiores estão localizadas no terço inferior da espiga em relação ao ápice da mesma por serem as primeiras a ser fertilizadas.

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 podem afetar a velocidade e a porcentagem de germinação e a uniformidade da densidade de plantas na lavoura. Sementes oriundas do ápice da espiga possuem menor quantidade de reservas, podendo ocasionar desuniformidade da lavoura em condições de estresse. Este comportamento pode ser acentuado com 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 profundidade de semeadura maior em relação aos outros cereais, raramente o tamanho de sementes é fator relevante quando tem alta porcentagem de germinação. No entanto, quando as sementes não são utilizadas no mesmo ano e são armazenadas em condições não propícias, o uso das sementes na próxima estação de crescimento pode resultar em menor emergência de plântulas, devido ao esgotamento das reservas contidas nas sementes pelo processo de respiração e reduzir o rendimento de grãos, devido à baixa densidade de plantas.

Um aspecto importante a ser observado na regulação da semeadora 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.

6.2.2 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 produzidos às diferentes demandas. 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, por influenciar o índice de área foliar, o ângulo foliar, a interceptação de luz por outras partes da planta, a disposição de folhas na planta e a de plantas na área, bem como as características de absorção de luz pelas folhas na comunidade. Este efeito é mais significativo em milho do que em outras espécies poáceas, por razões de natureza morfo-fisiológica e anatômica da planta.

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

6.2.2.1 Densidade de plantas

O incremento na densidade de plantas, dentro de certos limites, é uma forma de maximizar a interceptação da radiação solar incidente. Contudo, o uso de alta densidade de plantas pode reduzir a atividade fotossintética da cultura e a eficiência de conversão dos fotoassimilados à produção de grãos, favorecer a esterilidade feminina, devido ao aumento do intervalo entre os florescimentos masculino e feminino, e reduzir o número de grãos por espiga. É importante salientar que a densidade de plantas a ser utilizada está associada com as características da cultivar, das condições de ambiente, principalmente disponibilidade hídrica e fertilidade do solo, e condições de manejo.

Entre as formas existentes de manipulação do arranjo espacial em milho, a densidade de plantas é a que mais influencia o rendimento de grãos, já que pequenas alterações na densidade implicam em modificações significativas no rendimento de grãos. Esta resposta está associada ao fato de que, diferentemente de outras espécies da família das poáceas, a planta de milho não possui mecanismo de compensação de espaços sem plantas eficiente, pois raramente produz afillhos efetivos e apresenta limitada capacidade de expansão foliar e de prolificidade.

Assim, o rendimento de grãos aumenta com a elevação na densidade de plantas até que o incremento no rendimento devido ao aumento de plantas seja inferior ao declínio do rendimento médio por planta. A densidade ótima é determinada pela cultivar, ambiente e pelo manejo da cultura.

a) Cultivar

Aumentos na tolerância de diversos híbridos contemporâneos ao adensamento em relação aos genótipos utilizados no passado têm sido reportados na literatura em diferentes regiões produtoras de milho. Grande parte deste avanço foi obtido utilizando-se, como critério de seleção, o rendimento de grãos sob densidades superiores às normalmente indicadas. Contudo, pouco se sabe sobre a contribuição de características morfo-fisiológicas, fenológicas e alométricas para maior tolerância de genótipos de milho modernos a densidades elevadas. A elucidação destas bases morfo-fisiológicas é fundamental para que se possa continuar avançando na conversão de energia luminosa à produção de grãos por área pelo incremento da densidade de plantas.

De modo geral, híbridos 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 apresentam menor área foliar por planta e menor sombreamento do dossel da cultura. Esses híbridos normalmente requerem maior densidade de plantas para maximização do rendimento de grãos, por necessitarem de mais plantas por unidade de área para gerar índice de área foliar capaz de potencializar a interceptação da radiação

solar incidente.

A arquitetura de planta das cultivares de milho também interfere na resposta à densidade de plantas, uma vez que influencia a qualidade da luz que penetra no dossel. O desenvolvimento de genótipos com menor número de folhas, folhas mais eretas e menor área folhar minimiza a competição entre plantas, reduzindo a quantidade do comprimento de onda luminosa vermelho extremo (V_e) refletida pela comunidade. Com isto, pode-se obter relação V_e/V mais baixa sob altas densidades, quando comparada com híbridos dotados de folhas mais numerosas, maiores e decumbentes. A melhoria na qualidade da luz obtida com o ideótipo compacto pode propiciar condições endógenas para desenvolvimento alométrico mais equilibrado entre as inflorescências da planta, minimizando a esterilidade feminina e propiciando melhores condições para desenvolvimento de maior número de espiguetas funcionais na espiga.

Uma das principais limitações ao uso de altas densidades de plantas é o possível aumento da suscetibilidade da planta à quebra e ao acamamento. Isto ocorre porque o incremento na densidade de plantas reduz a disponibilidade de fotoassimilados para enchimento dos grãos e para manutenção das demais estruturas da planta. Após a floração, o fluxo de fotoassimilados dentro da planta é direcionado prioritariamente aos grãos. Quando o aparato fotossintético não produz fotoassimilados em quantidade suficiente para manutenção de todos os drenos, a maior demanda exercida pelos grãos por estes produtos leva os tecidos da raiz e da base do colmo a senescerem precocemente, fragilizando essas regiões.

A estatura de planta também pode interferir na sua suscetibilidade à quebra e ao acamamento de colmos. Cultivares de ciclo mais precoce, que têm menor exigência de soma térmica para florescerem, normalmente apresentam menor estatura de planta e menor altura de inserção de espigas. Estas características são benéficas à manutenção do colmo ereto até à colheita. Quanto maior a relação entre altura de inserção de espiga e estatura de planta, mais deslocado está o centro de gravidade de planta, favorecendo a quebra de colmos. Este fato é particularmente relevante para espécies como milho, que aloca cerca de 50% da fitomassa total nos grãos ao final de seu ciclo.

b) Ambiente

b.1) Disponibilidade hídrica

A disponibilidade de água é, provavelmente, o principal fator que afeta a escolha da densidade ótima de plantas. A época mais crítica da planta de milho à deficiência hídrica situa-se no período entre duas a três semanas ao redor do espigamento. Quando há alta probabilidade de falta de umidade neste período, deve-se diminuir a densidade para que o solo possa suprir as necessidades hídricas das plantas. Alguns trabalhos de pesquisa mostram que densidades mais elevadas só devem ser indicadas sob condições de alta precipitação pluvial ou sob irrigação suplementar e com alto nível de manejo, pois com maior densidade há aumento do índice de área foliar e, conseqüentemente, do consumo de água.

Índices de área foliar elevados, associados a restrições no suprimento hídrico, aumentam o nível de estresse na planta, devido ao aumento da transpiração com o aumento da área foliar, resultando em maior demanda hídrica da cultura. Nestas situações, a natureza protândrica de milho se manifesta mais intensamente. Com isto, a planta reduz mais acentuadamente a taxa de crescimento das gemas laterais do que a do ponto de crescimento. Isto aumenta a defasagem temporal entre os desenvolvimentos do pendão e da espiga superior, resultando em assincronia no surgimento dessas duas inflorescências. Como o período de liberação e de longevidade dos grãos de pólen é curto, a defasagem entre pendoamento e espigamento compromete a fertilização, reduzindo o número de grãos por espiga e o rendimento de grãos.

b.2) Fertilidade do solo

A necessidade nutricional das plantas é outro aspecto a ser considerado na escolha de densidade de plantas, pois a cultura de milho é muito exigente em fertilidade do solo. O milho responde progressivamente a níveis crescentes de adubação, desde que os demais fatores estejam em níveis ótimos, sendo o nitrogênio o nutriente ao qual apresenta maior resposta de aumento de rendimento de grãos. Trabalhos com genótipos, densidades de plantas e níveis de fertilidade do solo evidenciam que, à medida que

se eleva a densidade de plantas, são necessários níveis crescentes de nutrientes. Por outro lado, com baixa disponibilidade de nutrientes, na qual se espera 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 também podem influenciar a escolha da densidade de plantas em milho. Em regiões temperadas, a duração da estação de crescimento estival é menor. Conseqüentemente, há necessidade da utilização de cultivares menos exigentes em soma térmica para concluir seu ciclo. Estas cultivares, por sua vez, demandam maior densidade de plantas para otimizar o rendimento de grãos, em função do menor número de folhas, menor área foliar e menor estatura de plantas que as caracterizam. Nas semeaduras feitas até o final do inverno (agosto a meados de setembro) , particularmente em algumas regiões temperadas e subtropicais do estado do Rio Grande do Sul, usualmente são requeridas maiores densidades de plantas. Nestes casos, temperaturas do ar mais baixas e menor disponibilidade de radiação solar incidente restringem o crescimento vegetativo da cultura, sendo recomendado o aumento da densidade de plantas para otimizar a eficiência de uso da radiação solar. Assim, na semeadura de até o final de inverno, nas regiões mais quentes do estado do Rio Grande do Sul, pode-se aumentar a densidade de plantas em 20% em relação à semeadura de 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, ocasionando grandes prejuízos à 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-pendoamento. Quanto mais precoce for a cultivar, normalmente mais compacto é o ideotipo 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 6.1).

Tabela 6.1 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 de 9 t ha ⁻¹ . Híbridos simples, triplos e 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 . 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 e pragas; precisão na época de 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.

d) Necessidade de ressemeadura

Por várias razões, uma lavoura de milho pode se apresentar com população de plantas abaixo da esperada. Entre estas, pode-se citar: baixa umidade no solo, compactação excessiva ou salinidade do solo, ataques de pragas ou doenças e problemas de regulação ou de utilização de semeadoras com velocidade acima da recomendada (5 km h⁻¹). Nestes casos, o agricultor se apresenta diante do dilema de ter que tomar uma decisão quanto à necessidade de efetuar uma nova semeadura. A planta de milho possui uma capacidade limitada

de compensação por falhas aleatórias na densidade planejada de plantas. Porém, dentro de certos limites, as plantas adjacentes às falhas podem compensar parcialmente. Esta compensação depende de vários fatores. Trabalho de pesquisa mostrou que entre 30 e 70.000 plantas por hectare e entre 10 e 40% de diminuição aleatória de plantas e em duas épocas de semeadura, as perdas médias de rendimento foram de, aproximadamente, 50% da percentagem de diminuição de plantas em relação ao originalmente planejado. Então, na decisão de resemeadura, devem ser considerados a perda teórica esperada no rendimento de grãos, os custos financeiros da nova operação e, muito importante, os prováveis efeitos negativos de uma semeadura tardia no rendimento de grãos.

6.2.2.2 Espaçamento entrelinhas

Grande parte dos produtores de milho do Brasil utilizam espaçamentos entrelinhas compreendidos entre 80 e 100 cm. Esta distância convencionalmente utilizada entre fileiras permite 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, 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 5,0 pl m⁻² e alcançam rendimentos de grãos superiores a 6,0 t ha⁻¹. Esta idéia tem sido discutida recorrentemente nos últimos 30 anos, sem que tenha sido implementada em larga escala. 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) Vantagens da redução do espaçamento entrelinhas

Mantendo-se constante a densidade de plantas na lavoura, a redução do espaçamento entrelinhas apresenta várias vantagens potenciais para o milho. A primeira é que incrementa a distância entre as plantas na linha, propiciando arranjo mais equidistante entre plantas na área de cultivo. Isto reduz a competição entre plantas pelos recursos do ambiente, otimizando sua utilização. O arranjo mais favorável de plantas propiciado pela aproximação das linhas estimula as taxas de crescimento da cultura no início de seu ciclo, aumentando a interceptação da luz solar e a eficiência de uso da radiação solar incidente e, conseqüentemente, o rendimento de grãos.

O fechamento mais rápido dos espaços disponíveis entre as plantas da comunidade, devido ao uso de menores espaçamentos entrelinhas, reduz a transmissão da radiação pelo dossel da comunidade. A menor incidência luminosa nos extratos inferiores do dossel limita o desenvolvimento de plantas daninhas, principalmente de espécies intolerantes ao sombreamento. Desta forma, a redução do espaçamento entrelinhas atua como método cultural de controle das plantas daninhas, reduzindo a duração de seu período crítico de competição com as plantas de milho.

Outra vantagem do sombreamento antecipado da superfície do solo obtido com menores espaçamentos entrelinhas é a menor quantidade de água perdida por evaporação no início do ciclo do milho. Isto, em associação à melhor exploração do solo pelo sistema radicular, decorrente da distribuição mais equidistante das plantas, aumenta a eficiência de absorção e uso da água. Além disto, a cobertura antecipada da superfície do solo também pode auxiliar a protegê-lo, diminuindo o escoamento superficial e a erosão decorrentes de precipitações pluviais intensas nas primeiras fases do desenvolvimento da lavoura.

Do ponto de vista de mecanização agrícola, a redução do espaçamento entrelinhas apresenta três vantagens potenciais. A primeira, está relacionada à maior operacionalidade que espaçamentos reduzidos de 45 a 50 cm proporcionam, pois as semeadoras não necessitam ser substancialmente alteradas na

mudança de cultivo da soja para o milho. A segunda é a de que, com espaçamentos entrelinhas reduzidos, obtém-se melhor distribuição das plântulas no sulco de semeadura, devido à menor velocidade de trabalho dos sistemas distribuidores de sementes. A terceira está vinculada à distribuição dos fertilizantes em maior quantidade de metros lineares por hectare, o que melhora o aproveitamento dos nutrientes e reduz a possibilidade de efeitos salinos fitotóxicos à semente, principalmente nas formulações com alto teor de potássio.

b) Limitações à redução do espaçamento entre linhas

Os efeitos da redução do espaçamento entrelinhas sobre o rendimento de grãos de milho existentes na literatura são inconsistentes. No Sul do Brasil, os incrementos obtidos com redução do espaçamento entrelinhas de 90-100 cm para 45-50 cm são de pequena magnitude, variando de zero a 10%, para diferentes cultivares e ambientes. Três fatores importantes que podem interferir na resposta da cultura de milho à redução do espaçamento entrelinhas em regiões subtropicais, são a época de semeadura, a cultivar e a densidade de plantas. Os benefícios desta prática cultural são potencialmente maiores quando o milho é semeado no final do inverno, nas regiões mais quentes.

Nas semeaduras precoces, há menor acúmulo de unidades térmicas por dia, determinando crescimento mais lento da cultura até à floração. A ocorrência de temperatura do ar mais baixa limita a expansão foliar e a produção de massa seca da cultura, originando plantas mais compactas e de menor estatura. Este ideotipo de planta incrementa a eficiência de uso da radiação solar incidente, com redução do espaçamento entrelinhas. Da mesma forma, cultivares de ciclos superprecoce e precoce, com folhas curtas e eretas, são mais responsivas à distribuição equidistante das plantas propiciadas pela redução do espaçamento entrelinhas. O efeito positivo da redução do espaçamento entrelinhas sobre o rendimento de grãos se manifesta mais claramente quando são utilizadas densidades de plantas superiores a 5,0 pl m⁻². Nestes casos, os espaçamentos convencionais (80 a 100 cm) fazem com que as plantas fiquem muito próximas entre si no sulco de semeadura (10 a 20 cm), aumentando a competição por água, luz e nutrientes e limitando a disponibilidade

de fotoassimilados à produção de grãos.

Deve-se destacar que a simples redução do espaçamento entrelinhas não é garantia de incrementos no rendimento de grãos. Alguns trabalhos de pesquisa não detectaram qualquer benefício da utilização de linhas mais próximas sobre o rendimento de grãos de milho. Os resultados contraditórios existentes na literatura podem ser atribuídos a diversos fatores, entre os quais o tipo de híbrido, densidade de plantas, características climáticas da região, nível de fertilidade do solo e rendimento médio de grãos obtido em condições experimentais.

Além dos aspectos agrônômicos, a recomendação de redução no espaçamento entrelinhas deve também levar em conta aspectos econômicos. Uma das maiores dificuldades para sua implementação se refere aos ajustes necessários à semeadura, à aplicação de tratamentos culturais e, principalmente, à colheita, devido às plataformas de corte das colhedoras serem ajustadas ao recolhimento de plantas na faixa de espaçamento compreendida entre 70 e 100 cm. A disponibilidade de equipamentos adaptados para cultivos com espaçamentos entrelinhas reduzidos tem aumentado nos últimos anos, em função das vantagens apresentadas. Atualmente, existem disponíveis no mercado plataformas de colheita que permitem colher milho em lavouras instaladas com espaçamentos entrelinhas de 45 a 50 cm. Contudo, sua aquisição tem custo elevado a curto prazo, que precisa ser confrontado com os benefícios potenciais advindos da adoção dessa prática cultural.

6.2.2.3 Distribuição de plantas na linha e variabilidade entre plantas

Na semeadura manual de milho, em pequenas áreas, que não permite a distribuição de sementes de maneira uniforme 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. 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 na linha, desde que seja mantida a mesma densidade de plantas. Nestes trabalhos, os tetos de produtividade de grãos obtidos variaram de 6 a 9 t ha⁻¹.

Outra forma de se manipular o arranjo de plantas é a distribuição de plantas na linha quanto à desuniformidade de emergência, que depende do tipo de semeadura, se manual (saraquá) ou mecanizada. Por sua vez, a variabilidade entre plantas é influenciada pela época de semeadura, pelo vigor de semente e pela precisão da semeadora. Nas semeaduras precoces, o uso de sementes menos vigorosas e a variação na profundidade de semeadura aumentam a variabilidade entre plantas, por influenciarem a velocidade de emergência das plântulas, devido à menor temperatura do solo. 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 (dominadas) são menos eficientes no aproveitamento dos recursos do ambiente, o que limita a performance agrônômica do dossel.

6.2.3 Profundidade de semeadura

A profundidade de semeadura afeta a quantidade de plântulas que vai emergir. Embora a semente de milho seja de tamanho grande em relação a outros cereais e, por isto, consiga emergir sob profundidade maior, ainda assim este pode ser um problema em solos mal preparados ou com uso de semeadoras mal reguladas.

A profundidade de semeadura pode variar de 3 a 8 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, semeaduras nas épocas intermediária e tardia requerem maior profundidade de semeadura, devido à maior temperatura do solo e para possibilitar que a umidade do solo seja adequada para a germinação e a emergência das plântulas. Deve-se salientar que semeaduras profundas geralmente implicam em maior duração do subperíodo semeadura-emergência, o que pode

diminuir a densidade de plantas e favorecer a desuniformidade na emergência de plântulas.

6.2.4 Equipamentos para semeadura

A semeadura pode ser procedida manualmente ou com semeadora mecanizada. O emprego da semeadura manual é prática comum em pequenas lavouras. Após marcadas as linhas (espaçadas em cerca de um metro), as sementes são depositadas com auxílio de uma semeadora manual (tipo saraquá) ou com auxílio de 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.

O uso de um ou outro método propicia bons resultados. O aspecto mais importante é a regulagem correta dos equipamentos utilizados para que a distribuição de sementes seja uniforme. O objetivo maior é não se afastar muito do número de sementes estabelecido para serem distribuídas por metro linear, para manter a densidade de plantas desejada.

As etapas para regulagem das semeadoras tratorizadas devem seguir os pontos principais que são: 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; uso de discos adaptados ao tamanho das sementes, determinado pela peneira de classificação; estabelecimento da densidade de plantas desejada e distribuição do 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 regulagem deve ser feita previamente sobre uma área de gramado ou estrada, com a semeadora levantada para que, na velocidade estabelecida, as sementes caiam e possam ser contadas.

7. MANEJO INTEGRADO DE PLANTAS DANINHAS

Revisores técnicos: Andre Andres
Siumar Tirone

7.1 Interferência de plantas daninhas em milho e sorgo

As perdas na produtividade da cultura do milho, ocasionadas pela interferência de plantas daninhas, podem ser de até 85%. Levando-se em consideração as perdas médias mundiais de produção, decorrentes da interferência desses organismos, pode-se estimar que as perdas de grãos de milho no Brasil são de mais cinco milhões de toneladas anualmente. No caso de sorgo, as perdas de produtividade podem ser de até 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, tem-se observado, em lavouras de milho e sorgo na região sul do Brasil, que ocorrem tanto espécies magnoliopsidas (dicotiledôneas), como *Amaranthus* spp. (caruru), *Bidens* spp. (picão-preto), *Cardiospermum halicacabum* (balãozinho), *Euphorbia heterophylla* (leiteira), *Ipomoea* spp. (corda-de-viola), *Raphanus sativus* (nabiça), *Richardia brasiliensis* (poaia-branca) e *Sida* spp. (guanxuma), quanto liliopsidas (monocotiledôneas), como *Lolium multiflorum* (azevém), *Brachiaria plantaginea* (papuã), *Digitaria* spp. (milhã), *Echinochloa* spp. (capim-arroz) e *Eleusine indica* (capim pé-de-galinha). De uma forma geral, as espécies liliopsidas, especialmente da família das Poaceas, causam maiores prejuízos à produtividade de milho do que as espécies magnoliopsidas.

A época de início do controle de plantas daninhas apresenta grande influência no crescimento 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, denomina-se 'período crítico de prevenção da interferência (PCPI)'. Para a cultura de milho, esse período é variável, mas, na maioria das situações, inicia aos 15 e perdura até os 50 dias após a

emergência. As variações no PCPI devem-se a cultivar, às épocas de semeadura e de emergência da cultura, à disponibilidade de água e nutrientes, às espécies daninhas presentes, época de emergência 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 rápida germinação e emergência, desse modo utilizando antecipadamente os recursos do meio. O PCPI para a cultura do sorgo de entorno de 20 a 45 dias após a emergência, com variação entre as cultivares de sorgo, comunidade infestantes e fatores ambientais de desenvolvimento da cultura.

A intensidade do efeito negativo causado pela interferência de plantas daninhas depende do componente do rendimento da cultura em questão. 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 pelo peso do grão. 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 duas folhas completamente expandidas, podendo diferenciar-se até as plantas apresentarem 11 a 12 folhas totalmente expandidas. 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 dias entre a emissão do pendão e a emissão da espiga do milho, interferindo negativamente o 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.

7.2 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 se tornem 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.

7.3 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 devem ser realizados 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.

7.3.1 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. 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.

7.3.1.1 Uso de cultivares adaptadas

Cultivares que se desenvolvem mais rapidamente e cubram o solo mais intensamente, mostram potencial superior em suprimir as plantas daninhas e sofrer menos sua interferência. Deve-se optar por cultivares mais adaptadas à região de cultivo, capazes de apresentar resistência ou tolerância às principais pragas e doenças e que mostrem crescimento acelerado, além de potencial produtivo elevado.

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 entrefileiras 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 melhorar a eficiência do controle de plantas daninhas com herbicidas aplicados em pré-emergência. Esses herbicidas atuam desde o início do ciclo da cultura, sendo complementados pelo rápido fechamento do dossel, efeito proporcionado por altas densidades de milho ou por reduções do espaçamento entrefileiras.

7.3.1.2 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 coincida 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 à realização de semeaduras ainda no período de inverno, nos meses de agosto e setembro, épocas 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 habilidade competitiva da mesma.

7.3.1.3 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 roçadora, 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 magnoliopsidas, 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. Podem ser utilizados herbicidas de contato, como glufosinate ammonium e herbicidas sistêmicos, como 2,4-D e clethodim.

7.3.1.4 Rotação de culturas

No manejo de plantas daninhas em culturas como milho e sorgo, deve-se utilizar práticas diversificadas, que incluam 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 obtêm 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.

7.3.2 Controle mecanizado

O controle físico ou mecanizado consiste em arrancar 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).

7.3.2.1 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.

7.3.2.2 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.

7.3.3 Controle químico

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

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 a persistência dos herbicidas no solo, uma vez que diversos produtos apresentam potencial de intoxicar culturas semeadas em sucessão. Na escolha de um herbicida, também se deve atentar para 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; 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.

As alternativas herbicidas disponíveis para controle de plantas daninhas nas culturas do milho e sorgo estão podem ser acessadas no Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA), no Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários (Agorfit). O acesso ao Agorfit pode ser realizado utilizando um navegador de internet (http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons), nessa plataforma pode-se realizar buscas de produtos registrados para uma determinada espécie daninha e cultura, acessando a aba denominada “Produtos Formulados”. Os principais ingredientes ativos utilizados nas culturas do milho e sorgo estão listados nas Tabela 6.1 e 6.2, respectivamente.

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.

7.3.3.1 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.

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.

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.

7.3.3.2 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 liliopsidas (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 liliopsidas (Poaceae), assim, o controle dessas representa um problema de difícil solução. Diversos herbicidas de pré-emergência que são eficientes no controle de liliopsidas (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 população de sorgo. Contudo,

o sorgo apresenta elevada tolerância ao herbicida atrazine, usado principalmente para controle de magnoliopsidas, 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.

7.3.3.3 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.

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).

7.3.3.4 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 as plantas de milho. Adaptações especiais, como colocação de pingentes na barra para aproximar as pontas do alvo, 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 paraquat 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.

Tabela 7.1 Ingredientes ativos de herbicidas registrados e indicados para controle de plantas daninhas na cultura de milho (Agrofit, 2019)

Ingrediente ativo	Grupo químico	Mecanismo de ação ¹	Época de aplicação ²
Acetochlor	Cloroacetanilida	Inibidores da parte aérea	Pré
Alachlor	Cloroacetanilida	Inibidores da parte aérea	Pré
Ametryne	Triazina	Inibidores do FS II	Pós(d)
Amicarbazone	Triazolinona	Inibidores do FS II	Pré
Atrazine	Triazina	Inibidores do FS II	Pré/Pós
Atrazine + alachlor	Triazina + Cloroacetanilida	Inibidores do FS II + Inibidores da parte aérea	Pré/Pós
Atrazine + mesotrione	Triazina + Tricetona	Inibidores do FS II + Inibidores dos carotenoides	Pré/Pós
Atrazine + nicosulfuron	Triazina + Sulfoniluréia	Inibidores do FS II + Inibidores da ALS	Pré/Pós
Atrazine + s-metolachlor	Triazina + Cloroacetanilida	Inibidores do FS II + Inibidores da parte aérea	Pré/Pós
Atrazine + simazine	Triazina + Triazina	Inibidores do FS II + Inibidores do FS II	Pré/Pós
Bentazon	Benzotiadiazinona	Inibidores do FS II	Pós
Carfentrazone-ethyl	Triazolona	Inibidores da PROTOX	Pós (ervas)

Clethodim	O x i m a ciclohexanodiona	Inibidores da ACCase	Pós (ervas)
Flumioxazin		Inibidores da PROTOX	Pós (ervas)
Fluroxypyr-methyl	Á c i d o piridiniloxialcanóico	Auxínicos	Pós (ervas)
Foransulfuron + iodosulfuron-methyl	Sulfoniluréia + Sulfoniluréia	Inibidores da ALS + Inibidores da ALS	Pós
Glyphosate	Glicina substituída + Cloroacetanilida	Inibidores da EPSPs	Pós (ervas)/ Pós ^(RR)
Glyphosate + s-metolachlor	Glicina substituída	Inibidores da EPSPs	Pós (ervas)/ Pós ^(RR)
G l u f o s i n a t e ammonium	H o m o a l a n i n a substituída	Inibidores da GS	Pós (ervas)
Imazapic + imazapyr	Imidazolinona + Imidazolinona	Inibidores da ALS + Inibidores da ALS	Pré/Pós
Isoxaflutole	Isoxazol	Inibidores dos carotenoides	Pré
Mesotrione	Tricetona	Inibidores dos carotenoides	Pós
S-Metolachlor	Cloroacetanilida	Inibidores da parte aérea	Pré
Nicosulfuron	Sulfoniluréia	Inibidores da ALS	Pós
Ingrediente ativo	Grupo químico	Mecanismo de ação ¹	Época de aplicação ²
Paraquat	Bipiridílio	Inibidores do FS I	Pós (ervas)/ Pós (d)
Paraquat + diuron	Bipiridílio + ureia	Inibidores do FS I + Inibidores do FS II	Pós (ervas)
Saflufenacil	Pirimidinadiona	Inibidores da PROTOX	Pós (ervas)
Sethoxydim	O x i m a ciclohexanodiona	Inibidores da ACCase	Pós (ervas)
Trifluralin	Dinitroanilina	Inibidores dos microtúbulos	Pré
2,4-D (amina)	Ácido ariloxialcanóico	Auxínicos	Pós

¹FS II = fotossistema II; PROTOX= enzima protoporfirinogênio oxidase; ACCase= enzima enzima Acetil-CoA carboxilase; ALS= enzima acetolactato sintase; EPSPs= 5-enolpiruvilchiquimato-3-fosfato sintase; GS= glutamina sintetase; FS I = fotossistema I.

²Pré = Pré-emergência; Pós = Pós-emergência; Pós(d) = Pós-emergência dirigida; Pós(ervas) = Pós-emergência na ausência da cultura. Pós^(RR): Pós-emergência em cultura resistente a glyphosate (verificar a marca comercial registrada).

Tabela 7.2 Ingredientes ativos de herbicidas registrados e indicados para controle de plantas daninhas na cultura de sorgo (Agrofit, 2019)

Ingrediente ativo	Grupo químico	Mecanismo de ação¹	Época de aplicação²
Atrazine	Triazina	Inibidores do FS II	Pré/Pós
Flumioxazin	Ciclohexenodicarboximida	Inibidores da PROTOX	Pós (ervas)
2,4-D	Ácido ariloxialcanóico	Auxínicos	Pós

¹FS II = fotossistema II; PROTOX= enzima protoporfirinogênio oxidase.

²Pré = Pré-emergência; Pós = Pós-emergência; Pós(ervas) = Pós-emergência na ausência da cultura ou dirigida.

8. MANEJO INTEGRADO DE DOENÇAS

Cley Donizeti Martins Nunes

Maria Cristina Canale

O potencial de produtividade da cultura do milho e do sorgo pode ser afetado pela ocorrência e intensidade de doenças. A severidade das doenças e os danos causados nestas duas culturas dependem da ocorrência de patógeno virulento, do ambiente favorável e da suscetibilidade do material genético. Neste capítulo serão apresentadas 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 a doença 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).

8.1 Principais doenças do milho

As principais doenças do milho e seus agentes causais estão listados na Tabela 8.1. 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 diplodia também são podridões de colmo, assim como a fusariose, a murcha e a giberela.

Tabela 8.1 Principais doenças da cultura de 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>
Helmintosporiose maidis	<i>Bipolaris maydis</i>
Mancha branca	<i>Pantoea ananatis, 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 kunkellii</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>Sphaelotheca reilliana</i>
Mofa azulada 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.

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, as manchas branca, de macrospora, ocular e pardo-escura, o míldio, a antracnose e diplodia.

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 a 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 atacados 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, *Dabulus maidis*, durante a sua alimentação 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.

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

8.2 Medidas gerais de controle das doenças do milho

8.2.1 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 ocorre 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). No entanto, dificilmente há informação específica para doenças do colmo e da espiga, pois comumente são atribuídas por escala 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”. Nessa situação é recomendado aos assistentes técnicos obter informações sobre as doenças predominantes em cada sistema de cultivo e consultar as empresas detentoras dos genótipos que por sua vez devem lhe repassar a reação específica.

Não existem informações disponíveis quanto ao uso de híbridos resistentes aos fungos patogênicos que sobrevivem no solo e provocam deterioração de semente, morte de plântula e podridão radicular. Para esses patógenos, são recomendadas outras medidas, como uso de sementes de procedência conhecida 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 infestado.

8.2.2 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 plântulas, 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 ocorrência da doença que ocasionam. Sementes infectadas acarretam problemas de deterioração em pós semeadura, tombamento de plântulas, velocidade de emergência e vigor das plantas. Os fungos considerados de armazenamento pertencentes aos gêneros *Penicillium*, *Aspergillus*, *Rhizopus*, e alguns de campo, como *Fusarium* e *Stenocarpella*, são prevaletentes nessa situação. Por outro lado, a associação

de fungos na semente pode não acarretar problemas na fase de estabelecimento de plântulas, mas sim durante o desenvolvimento da cultura provocando podridão de raízes e/ou base do colmo, como é o caso dos patógenos fúngicos *F. verticillioides*, *F. graminearum*, *S. maydis* e *S. macrospora*.

A sanidade de sementes de híbridos de milho é responsabilidade da empresa que as produziu e comercializou. Em geral, as sementes de híbridos são comercializadas tratadas 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 integrados 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 sobre as sementes. Os fungicidas que estão registrados para cultura do milho no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) para tratamento de sementes encontram-se na Tabela 8.3.

8.2.3 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*, *C. zea-maydis*, *E. turcicum*, *B. 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 (*C. graminicola*) e giberela (*F. graminearum*), uma das principais fontes de inóculo primário são os restos culturais de trigo, cevada, aveia, triticale, centeio e azevém. Porém, essas culturas antecedendo ao do milho não predispoem a ocorrência de ferrugens (*P. sorghi*, *P. polysora*, *P. zea*) e das helmintosporioses (*E. turcicum*, *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.

8.2.4 Eliminação de hospedeiros secundários e plantas voluntárias

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

Plantas voluntárias são aquelas que se desenvolvem espontaneamente numa lavoura a partir dos grãos que são perdidos no momento da colheita. Essas plantas se originam a partir de perdas dos grãos durante a colheita. As plantas voluntárias de milho também são conhecidas como tigueras. Essas plantas se constituem na principal alternativa de sobrevivência para ferrugens, vírus e as bactérias causadoras dos enfezamentos, se constituindo como um “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. As tigueras de milho em cultivos de outras espécies, como a soja, podem ser também controladas através do uso de herbicidas com ação graminicida.

O cultivo de milho de segunda safra, pela sua atual importância e extensão de sua área cultivada, determina uma alteração profunda e imprevisível no comportamento das doenças, como ferrugens, manchas, mollicutes 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.

8.2.5 Balanço de fertilidade

A adubação de base e/ou de cobertura deverá ser feita de acordo com a recomendação da análise química do solo. O desequilíbrio de nutrientes, especialmente o excesso de nitrogênio (N) e a deficiência de potássio (K), pode predispor ao surgimento de doenças nas plantas de milho. A falta ou o desequilíbrio de N e K contribui para o aumento das podridões do colmo.

8.2.6 População de plantas

À medida que a população de plantas aumenta, 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, pode-se incrementar o período de molhamento foliar, o que favorece a infecção de patógenos foliares (ferrugens, helmintosporioses, cercosporiose). Recomenda-se, portanto, estabelecer a população adequada de plantas para o respectivo híbrido, considerando o sistema de cultivo e o nível tecnológico implantado na área onde o material será semeado, evitando fatores de predisposição para infecção dos patógenos.

8.2.7 Manejo da irrigação

Plantas com balanço nutricional adequado e fornecimento de água necessária para a demanda da cultura 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 propicia sucessivos 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 no dossel da cultura 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. Quando a irrigação for feita nas primeiras horas da manhã pode haver aumento do período de duração do molhamento foliar propiciado pelo orvalho.

8.2.8 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 da doença 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 também aplicação em horários muito quentes e com vento para evitar 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 possuem maior 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 (capelo de milho) podem reduzir a ocorrência de giberela na ponta de espiga. Nesses casos conseqüentemente haverá redução da porcentagem de grãos ardidos, podendo haver reflexo na redução de níveis de micotoxinas em grãos.

Na Tabela 8.4 encontram-se os fungicidas com registro no Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA) - Agrofit, para controle dos respectivos agentes causais das doenças parte aéreas na cultura do milho. O catálogo de produtos registrados para o milho pelo MAPA pode ser acessado em http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Na aba chamada “pragas”, escolhe-se “insetos e doenças”. Ali, é possível consultar todos os problemas fitossanitários que acometem a cultura do milho e os produtos disponíveis. Selecionando-se a doença que está incidindo no cultivo, o site apresenta uma lista de produtos regulamentados. 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.

Tabela 8.4 Fungicidas com registro no Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA) para controle de doenças da parte aérea de milho (Agrofit, 2019*)

Nome Comercial	Ingrediente Ativo	Formulação ¹	Concentração (g/l ou kg)	Dose p.c. ² (g ou l.ha ⁻¹)	Classe toxicológica ³	Fungos controlados	Empresa registrante
ALIBI	Azoxistrobina + Difenoconazol	SC	200 + 125	0,30-0,40	III	<i>Cercospora zeae maydis</i> <i>Puccinia sorghi</i>	Syngenta Proteção de Cultivos Ltda
Approve WG	Fluxazinam + Tiofanato metílico	WG	375 + 375	1000	III	<i>Cercospora zeae maydis</i>	Iharabras S. A.
Approve	Fluxazinam + Iofenato metílico	WG	375 + 375	1000	III	<i>Cercospora zeae maydis</i> <i>Phaeosphaeria maydis</i>	Iharabras S. A.
Approach Prima	Picoxistrobina + difenoconazol	SC	200 + 80	0,45	III	<i>Cercospora zeae maydis</i> <i>Phaeosphaeria maydis</i> <i>Puccinia sorghi</i>	Du Pont do Brasil S. A.
Attivum	Epoxiconazol + fluxapirroxade + piraclostrobina	SC	50 + 50 + 81	0,80	I	<i>Cercospora zeae maydis</i> <i>Phaeosphaeria maydis</i> <i>Physopella zeae</i>	Basf S.A.
AUG 137	Tebuconazol	EC	250	0,80	I	<i>Cercospora zeae maydis</i> <i>Phaeosphaeria maydis</i> <i>Puccinia sorghi</i>	Avigust Crop Protection Importação e Exportação LTDA
Authority	Azoxistrobina + flutriafol	SC	125 + 125	0,50	III	<i>Cercospora zeae maydis</i>	PMC Química do Brasil Ltda
Azimut	Azoxistrobina + tebuconazol	SC	120 + 200	0,50	II	<i>Cercospora zeae maydis</i> <i>Phaeosphaeria maydis</i> <i>Puccinia polysora</i>	Adama Brasil S. A.
Azimut Supra	Azoxistrobina + Mancozebe + Tebuconazol	WG	40+600+40	1500-2000	II	<i>Cercospora zeae maydis</i> <i>Puccinia polysora</i>	Adama Brasil S. A.
Constant	Tebuconazol	EC	200	1,0	III	<i>Cercospora zeae maydis</i> <i>Exserohilum turcicum</i> <i>Puccinia polysora</i> <i>Puccinia sorghi</i>	Bayer S.A
Convicto	Azoxistrobina + Epoxiconazol	SC	100 + 100	0,80	III	<i>Cercospora zeae maydis</i> <i>Puccinia polysora</i>	Adama Brasil S. A.
Convicto SC	Azoxistrobina + Epoxiconazol	SC	100 + 100	0,80	III	<i>Cercospora zeae maydis</i> <i>Puccinia polysora</i>	Adama Brasil S. A.
Nenaxo	Epoxiconazol + fluxapirroxade + piraclostrobina	EC	50 + 50 + 81	0,80	I	<i>Cercospora zeae maydis</i> <i>Phaeosphaeria maydis</i> <i>Puccinia polysora</i> <i>Puccinia sorghi</i>	Basf S. A.

Tabela 8.4 Fungicidas com registro no Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA) para controle de doenças da parte aérea de milho (Agrofit, 2019*)

Domark Excel	Tetraconazol + azoxistrobina	SC	80 + 100	0,60	III	<i>Cercospora zeae maydis</i>	Isagro Brasil Ltda.
Elatius Trio	Azoxistrobina + Benzovindiflupyr + Difenoconazol	WC	150-300	0,10	I	<i>Cercospora zeae maydis</i> <i>Phaeosphaeria maydis</i> <i>Puccinia polysora</i> <i>Exserohilum turcicum</i>	Syngenta Proteção de Cultivos Ltda
Eminent 125 EW	Tetraconazol	EW	125	0,60	II	<i>Cercospora zeae maydis</i> <i>Phaeosphaeria maydis</i> <i>Puccinia polysora</i>	Arysta Lifescience do Brasil S. A.
Eminent Excell	Azoxistrobina+ Tetraconazol	SC	100 + 80	0,60	III	<i>Cercospora zeae maydis</i>	Isagro Brasil SPA
Eminent Gold	Tetraconazol	ME	125	0,3-0,6	III	<i>Cercospora zeae maydis</i> <i>Phaeosphaeria maydis</i> <i>Puccinia polysora</i>	Isagro Brasil SPA
Envoy	Piraclostrobina + epoxiconazol	SE	85 + 62,5	0,70	I	<i>Cercospora zeae maydis</i> <i>Phaeosphaeria maydis</i>	Basf S. A.
Evos	Flutriafol + azoxistrobina	SC	250 + 250	0,25	III	<i>Cercospora zeae maydis</i> <i>Phaeosphaeria maydis</i>	Alta Ltda.
Folicur 200 EC	Tebuconazol	EC	200	1,0	III	<i>Cercospora zeae maydis</i> <i>Puccinia polysora</i> <i>Puccinia sorghi</i>	Bayer S. A.
Fleris	Difenoconazol	EC	250	0,30-0,40	I	<i>Cercospora zeae maydis</i> <i>Phaeosphaeria maydis</i> <i>Exserohilum turcicum</i>	Syngenta Proteção de Cultivos Ltda
Fox	Trifloxistrobina + Proflufencazol	SC	150+175	0,4-0,5	I	<i>Cercospora zeae maydis</i> <i>Puccinia sorghi</i>	Bayer S. A.
Fusão EC	Metominostrobin + tebuconazol	EC	110 + 165	0,58	I	<i>Cercospora zeae maydis</i> <i>Phaeosphaeria maydis</i> <i>Puccinia polysora</i>	Iharabras S. A.
Galileo Excel	Tetraconazol + azoxistrobina	SC	80 + 100	0,60	III	<i>Cercospora zeae maydis</i>	Isagro Brasil Ltda.
Galixid	Azoxistrobina +Ciproconazol	SC	200 + 80	0,30	III	<i>Cercospora zeae maydis</i> <i>Phaeosphaeria maydis</i>	Syngenta Proteção de Cultivos Ltda.
Helmstar Plus	Azoxistrobina + tebuconazol	SC	120 + 240	0,40	II	<i>Cercospora zeae maydis</i> <i>Phaeosphaeria maydis</i>	Helim do Brasil Mercantil Ltda
Invict	Azoxistrobina +Ciproconazol	SC	200 + 80	0,30	III	<i>Cercospora zeae maydis</i> <i>Phaeosphaeria maydis</i>	Syngenta Proteção de Cultivos Ltda.
Keyzol EC	Tebuconazol	EC	250	0,80	I	<i>Cercospora zeae maydis</i> <i>Puccinia polysora</i> <i>Puccinia sorghi</i>	August Group Protection Importação e Exportação LTADA.
Monaris	Azoxistrobina + ciproconazol	SC	200 + 80	0,30	III	<i>Cercospora zeae maydis</i> <i>Phaeosphaeria maydis</i>	Syngenta Proteção de Cultivos Ltda.
Nativo	Trifloxistrobina + tebuconazol	SC	100 + 200	0,60	III	<i>Cercospora zeae maydis</i> <i>Phaeosphaeria maydis</i> <i>Puccinia polysora</i>	Bayer S. A.
Opera	Piraclostrobina + Epoxiconazol	SE	133 +50	0,75	II	<i>Phaeosphaeria maydis</i> <i>Cercospora zeae maydis</i> <i>Puccinia polysora</i>	Basf S.A.
Priori Top	Azoxistrobina +difenoconazol	SC	200 + 125	0,30	III	<i>Cercospora zeae maydis</i>	Syngenta Proteção de Cultivos Ltda.
Priori Xtra	Azoxistrobina + ciproconazol	SC	200 + 80	0,30	III	<i>Cercospora zeae maydis</i> <i>Phaeosphaeria maydis</i>	Syngenta Proteção de Cultivos Ltda.
Score	Difenoconazol	EC	250	0,30	I	<i>Cercospora zeae maydis</i> <i>Exserohilum turcicum</i> <i>Phaeosphaeria maydis</i>	Syngenta Proteção de Cultivos Ltda.
Sesitra	Epoxiconazol + piraclostrobina + fluxapirradade	EC	50 + 81 + 50	0,80	I	<i>Cercospora zeae maydis</i> <i>Phaeosphaeria maydis</i>	Basf S. A.
Shake	Epoxiconazol + piraclostrobina	SE	62,5 + 85	0,70	I	<i>Cercospora zeae maydis</i> <i>Phaeosphaeria maydis</i>	Basf S. A.
Sphere Max	Trifloxistrobina + Ciproconazol	SC	375 + 160	0,20	III	<i>Cercospora zeae maydis</i> <i>Puccinia sorghi</i>	Bayer S. A.
Sphere Max A	Trifloxistrobina + ciproconazol+ Trifloxistrobina	SC	375 + 160	0,20	III	<i>Cercospora zeae maydis</i> <i>Puccinia sorghi</i>	Bayer S. A.
Sphere Max B	Ciproconazol+ Trifloxistrobina	SC	375 + 160	0,20	III	<i>Cercospora zeae maydis</i> <i>Puccinia sorghi</i>	Bayer S. A.
Stratego 250 EC	Propiconazol + trifloxistrobina	EC	125 + 125	0,80	II	<i>Cercospora zeae maydis</i> <i>Phaeosphaeria maydis</i> <i>Puccinia sorghi</i>	Bayer S. A.
Tamiz	Azoxitrobina + Tebuconazol	SE	120+160	0,60-0,40	I	<i>Cercospora zeae maydis</i> <i>Puccinia sorghi</i>	NUFARM Indust Química e Farmacêutica S.A.
Tivaro	Epoxiconazol+ Fluxapiraxade + Piraclostrobina	EC	50+50+81	0,80-1,20	I	<i>Cercospora zeae maydis</i> <i>Physopella zeae</i> <i>Phaeosphaeria maydis</i>	Basf S. A.

¹Formulação: EC - Concentrado Emulsionável; SE – Suspo Emulsão; SC - Suspensão Concentrada, ME – Micro Emulsão. ²p.c. - Produto comercial; ³ I - Extremamente tóxico, II - Altamente tóxico, III - Medianamente tóxico.

*Agrofit - Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/agrotoxicos/agrofit>

8.2.9 Controle de fungos de armazenamento

Medidas de controle de fungos de armazenagem podem ser aplicadas na colheita, transporte, secagem e armazenagem, que incluem: (a) realizar a colheita preferencialmente quando a umidade do grão atingir 18 a 22%; (b) regular a colhedora para prevenir ou minimizar injúrias mecânicas no 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; (c) uma vez colhido, o produto deve ser imediatamente seco (dentro de 24 a 48 h, no máximo) até níveis de 13-14% de umidade; (d) manter os níveis de umidade abaixo do ótimo durante o armazenamento para evitar o crescimento dos fungos (<13%); (e) evitar o desenvolvimento de insetos na massa de grãos pelo manejo preventivo (limpeza das instalações, evitar mistura de lotes) e curativo (expurgo); (f) usar temperatura baixa para prevenir o crescimento de fungos e o desenvolvimento de insetos e (g) limpar as instalações de armazenagem ao receber novos lotes de grãos.

8.3 Principais doenças da cultura 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 ocorrer o ataque de patógenos causadores de doenças foliares, da panícula e de doenças sistêmicas, viroses, além de fungos habitantes de solo causadores de podridões radiculares (Tabela 8.2).

Tabela 8.2 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>
Mofa-da-panícula-e-grãos	<i>Curvularia</i> spp.
Helminthosporium; Mancha-foliar	<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.
Míldio-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>

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, que caracteriza a presença da doença.

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.

8.2.1 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 determinada localidade, usada em integração com outras medidas e com o controle químico quando 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 míldio 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.

8.2.2 Resistência genética a doenças na cultura de 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 há também exemplos de tornar-se 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*.

8.2.3 Controle químico

Outra medida complementar e eficiente de controle de doenças do sorgo é o uso de fungicidas. Mas, até o presente momento, não há fungicidas registrados no Ministério da Agricultura para controle de doenças que ocorre na parte aérea da cultura do sorgo, com exceção para o ergot (*Claviceps africana*). Nas Tabelas 8.5 e 8.6, encontram-se os fungicidas com registro no Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA) para tratamento de sementes e ergot e a escolha deve ser determinado pela assistência técnica.

Tabela 8.5 Fungicidas com registro no Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA) para tratamento de sementes de sorgo, (Agrofit, 2019*)

Nome Comercial	Ingrediente Ativo	Formulação	Concentração (g/L ou g/kg)	Dose para 100 kg de sementes (g ou mL) ²	Classe toxicológica ³	Fungos controlados	Empresa registrante
Amulet Top	Fipronil + Piraclostrobina + Tiofanato-metilico	FS	250+25+225	50	II	<i>Alternaria alternata;</i> <i>Aspergillus spp;</i> <i>Colletotrichum graminicola;</i> <i>Fusarium moniliforme;</i> <i>Penicillium spp;</i> <i>Pythium spp</i>	BASF S.A
Belure Top	Fipronil + Piraclostrobina + Tiofanato-metilico	FS	250+225+25	50	II	<i>Alternaria alternata;</i> <i>Aspergillus spp;</i> <i>Colletotrichum graminicola;</i> <i>Fusarium moniliforme;</i> <i>Penicillium spp;</i> <i>Pythium spp</i>	BASF S.A
Captlan 200 FS	Captana	SC	200	375	I	<i>Pythium spp.</i> <i>Rhizoctonia spp.</i>	Adama Brasil S. A.
Maxim Advanced	Metalaxil-M + tiabendazol + fludioxonil	FS	20 + 150 + 25	100	III	<i>Aspergillus spp.</i> <i>Colletotrichum graminicola</i> <i>Exserohium turcicum</i> <i>Fusarium moniliforme</i> <i>Phoma sorghina</i>	Syngenta Proteção de Cultivos Ltda.
Maxim Quattro	Azoxistrobina+ Tiabendazol+ Fludioxonil + Metaxil-M	FS	15+300+ 37,5+30	50-125	III	<i>Fusarium moniliforme</i> <i>Penicillium oxalicum</i> <i>Pythium spp.</i> <i>Colletotrichum graminicola</i> <i>Stenocarpella maydis</i>	Syngenta Proteção de Cultivos Ltda
Standak Top	Fipronil + Piraclostrobina + Tiofanato-metilico	FS	250+25+225	50	II	<i>Colletotrichum graminicola;</i> <i>Fusarium moniliforme;</i> <i>Penicillium spp;</i> <i>Pythium spp</i>	BASF S.A
Source Top	Tiofanato-metilico + Piraclostrobina + Fipronil	FS	225+250 +2,5	50	II	<i>Alternaria alternata;</i> <i>Aspergillus spp;</i> <i>Colletotrichum graminicola;</i> <i>Fusarium moniliforme;</i> <i>Penicillium spp;</i> <i>Pythium spp</i>	BASF S.A.

¹Formulação: SC - Suspensão Concentrada; FS - Suspensão concentrada para tratamento de sementes; ²p.c. – Produto comercial. ³ I - Extremamente tóxico, III - Medianamente tóxico.; *Agrofit - Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/agrotoxicos/agrofit>

Tabela 8.6 Fungicidas com registro no Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA) para controle de doenças da parte aérea de sorgo (Agrofit, 2019*)

Nome Comercial	Ingrediente Ativo	Formulação ¹	Concentração (g/L)	Dose p.c. ² (L/ha)	Classe toxicológica ³	Fungos controlados	Empresa registrante
Atak	Tebuconazol	EC	200	1,0	I	<i>Claviceps africana</i>	Preentiss Química Ltda.
AUG	Tebuconazol	EC	250	0,80	I	<i>Claviceps africana</i>	August Crop Protection Importação e Exportação Ltda
Constant	Tebuconazol	EC	200	1,0	III	<i>Claviceps africana</i>	Bayer S.A.
Elite	Tebuconazol	EC	200	1,0	III	<i>Claviceps africana</i>	Bayer S.A.
Erradicur	Tebuconazol	EC	200	1,0	I	<i>Claviceps africana</i>	Genbra Ltda.
Folicur 200 EC	Tebuconazol	EC	200	1,0	III	<i>Claviceps africana</i>	Bayer S.A.
Orkestra SC	Piraclostrobina + fluxapiroxade	SC	333 + 167	250	III	<i>Claviceps africana</i>	Basf S. A.
Solist 430 SC	Tebuconazol	SC	430	450	III	<i>Claviceps africana</i>	Rotam do Brasil Agroquímica e Produtos Agrícolas Ltda.
Tebuconazol 200 EC Agria	Tebuconazol	EC	200	1	I	<i>Claviceps africana</i>	Agrialliance Ltda.
Tebuconazole CCAB 200EC	Tebuconazol	EC	200	1	I	<i>Claviceps africana</i>	CCAB Agro S.A.
Triade	Tebuconazol	EC	200	1	III	<i>Claviceps africana</i>	Bayer S.A.

¹Formulação: EC - Concentrado Emulsionável; SC - Suspensão concentrada; ²p.c. - Produto comercial. ³I - Extremamente tóxico, III - Medianamente tóxico

*Agrofit - Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/agrotoxicos/agrofit>

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

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

9.1 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 de plantas (um dos principais componentes de rendimento das referidas culturas) e sucção de seiva e injeção de toxinas (percevejos); para as lagartas desfolhadoras (lagarta-do-cartucho, especialmente), pela grande capacidade de redução da área fotossinteticamente ativa da cultura, e para espécies sugadoras (especialmente cigarrinha-do-milho), as quais são potenciais transmissoras de agentes fitopatogênicos.

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, os quais podem danificar os grãos estocados, reduzindo o 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 é a 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.

9.2. Principais pragas incidentes nas lavouras de milho e sorgo

9.2.1 Pragas de sementes e raízes

Corós – *Diloboderus abderus*, *Phyllophaga triticophaga*

Larva-alfinete – *Diabrotica speciosa*

Os corós são larvas escarabeiformes (corpo recurvado em forma da 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 polífono, oviposita no solo ou junto às plantas de milho ou sorgo, geralmente 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, tendo em vista a grande mobilidade dos adultos, a presença de outros hospedeiros (por exemplo, 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.

9.2.2 Pragas de colmos e da base de plantas

Broca-do-colo – *Elasmopalpus lignosellus*

Lagarta-rosca – *Agrotis ipsilon*

Lagarta-do-cartucho – *Spodoptera frugiperda*

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

Percevejo-marrom – *Euchistus heros*

A broca-do-colo ou lagarta-elasma 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.

Alagarta-rosca é uma praga que vive enterrada no solo durante sua fase larval, à pequena profundidade, junto às 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 desse 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 tórax. 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, *Euchistus 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. Pervejo-marrom possui hábito alimentar polífago e ocorre, principalmente, em regiões de clima mais quente. Na fase adulta, esse inseto mede em torno de 11 mm de comprimento, tem cor marrom-escura, possui dois prolongamentos nas laterais do tórax 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.

9.2.3 Pragas de folhas de plântulas e de plantas adultas

Lagarta-do-cartucho - *Spodoptera frugiperda*

Lagarta-dos-capinzais - *Mocis latipes*

Pulgão-do-milho - *Rhopalosiphum maidis*

Cigarrinha-do-milho - *Dalbulus maidis*

Cigarrinha-das-pastagens – *Deois flavopicta*, *Deois schach*, *Notozulia enteriana*

Tripes-do-milho – *Frankliniella williamsi*

Dentre as pragas que atacam a fase vegetativa da cultura, a lagarta-do-cartucho ou lagarta-militar é considerada a de maior importância. Lagartas 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 quatro 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 a lagarta penetra na espiga 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, quando completamente desenvolvida, atinge cerca de 4 cm de comprimento, possui coloração geral amarelada, com estrias longitudinais de coloração castanho-escuro. 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 possui corpo alongado de coloração amarelo-esverdeada ou azul-esverdeada, com manchas negras na área ao redor dos sífúnculos, 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: morte de plantas, 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.

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 de 3 e 4 mm. As ninfas também possuem coloração amarelada. Os maiores níveis populacionais dessa praga geralmente acontecem nas lavouras cultivadas na “safrinha”. A cigarrinha-do-milho transmite para

as plantas de milho os agentes causais do enfezamento-pálido (espiroplasma), do enfezamento-vermelho (fitoplasma) e da virose-da-risca. Essas doenças acontecem com maior frequência em cultivos da “safrinha”, sendo que o enfezamento-vermelho ocorre mais em cultivos conduzidos em áreas com mais de 800 m de altitude, enquanto que o enfezamento-pálido é mais frequente em altitudes menores. Essa cigarrinha adquire os patógenos quando se alimenta em plantas infectadas, transmitindo às plantas saudáveis.

Os enfezamentos reduzem a absorção de nutriente pelas plantas, causando redução na produtividade. Esse efeito é influenciado pela suscetibilidade do cultivar, época de infecção das plantas e temperatura do ambiente. Os danos que essas doenças provocam são maiores quanto à infecção dos patógenos acontece em plantas que se encontram nas fases iniciais de desenvolvimento.

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. entreriana*) 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. Nos primeiros 20 dias, as plantas são mais sensíveis ao ataque, secando sob uma infestação de 3 a 4 cigarrinhas por planta.

O tripses-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 tripses atacam as folhas, alimentando-se da seiva das plantas, provocando o dobramento das bordas 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

no primeiros estágios de desenvolvimento.

9.2.4 Pragas de espigas e panículas

Lagarta-da-espiga - *Helicoverpa zea*

Mosca-do-sorgo - *Stenodiplosis sorghicola*

A lagarta-da-espiga apresenta colorações variadas (verdes, marrons e até pretas), dotadas de listras de outras cores dispostas nas laterais do corpo. No final da fase larval, essa 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 polífono, 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 grão devido à alimentação da lagarta, reduzindo a produtividade das lavouras. Além disso, a espiga infestada normalmente também é infectada por patógenos causadores de podridões de grãos, 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, a traça e os gorgulhos. Seus danos nas lavouras de milho normalmente são maiores nos cultivos da “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.

9.3 Pragas de grãos armazenados

Gorgulhos - *Sitophilus zeamais* e *Sitophilus oryzae*

Besouro-castanho - *Tribolium castaneum*

Besourinho-dos-cereais - *Rhyzopertha dominica*

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.

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.

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.

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 cor de palha, com franjas, e as posteriores são 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.

9.4 Estratégias de manejo das principais espécies-praga

9.4.1 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 9.1) 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 (extranet.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>).

Tabela 9.1 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	Clorpirifós, parationa-metilica, piridafentiona, pirimifós-metilico, terbufós
2 - Bloqueadores de canais de cloro mediados pelo GABA	Fenilpirazois (fiproles)	Fipronil
3 - Moduladores de canais de sódio	Piretróides 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
6 – Moduladores alostéricos de canais de cloro mediados pelo glutamato	Avermectinas, milbemicinas	Abamectina
11 – Disruptores microbianos da membrana do mesêntero	Bacillus thuringiensis, B. sphaericus e proteínas inseticidas produzidas	Bacillus thuringiensis subsp. Israelensis; B. thuringiensis subsp. Aizawai; B. thuringiensis subsp. Kurstaki; B. thuringiensis subsp. Tenebrionis; B. sphaericus Proteínas Bt: Cry1Ab, Cry1Ac, Cry1Fa, Cry2Ab, mCry3A, Cry3Ab, Cry3Bb, Cry34/35Ab1

13 – Desacopladores da fosforilação oxidativa via disrupção do gradiente de próton	Chlorfenapyr	Chlorfenapyr
15 – Inibidores da biosíntese de quitina, tipo 0, Lepidoptera	Benzoiluréias	Clorfluazurom, diflubenzurom, lufenurom, novalurom, teflubenzurom, triflumurom
18 – Agonistas de receptores de ecdisteróis	Diacilhidrazinas	Cromafenozida, metoxifenoizida, tebufenoizida
22 – Bloqueadores de canais de sódio dependentes da voltagem	Oxadiazinas	Indoxacarb
	Semicarbazonas	Metaflumizone
24 - Inibidores do complexo IV da cadeia de transporte elétrons na mitocôndria	Fosfina	Fosfeto de magnésio, fosfeto de alumínio
28 - Moduladores de receptores de rianodina	Diamidas	Fubendiamida, clorantraniliprole, ciantraniliprole

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

9.4.1.1 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 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 hibernantes) 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 de 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 de pragas potenciais ao milho, bem como a quantificação de suas populações. Cultivo de milho 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 tripes, assim como após pastagens, pode aumentar a possibilidade de ocorrência de cigarrinhas, gafanhotos, tripes 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 desta 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, aplicação de granulados no sulco ou 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 9.2) 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.

Tabela 9.2 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 09/10/2019).

Marca comercial	Evento	Proteína <i>Bt</i> 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 Core PW/Dow	MON89034 x TC1507 x NK603	Cry1A.105, Cry2Ab2, Cry1F	Lagartas (Lepidoptera)
Optimum Intrasect	MON810 x TC1507 xNK603	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 maize XTRA™	MON89034 x MON88017	Cry1F, cry35Ab1, cry34Ab1,	Lagartas (Lepidoptera); Larva-alfinete (Coleoptera)
Viptera4	Bt11xMIR162xMIR604xGA21	Cry1Ab, mcry3A, VIP3Aa20,	Lagartas (Lepidoptera); Larva-alfinete (Coleoptera)
MIR 604	MIR604	mcry3A	Larva-alfinete (Coleoptera)
Leptra	TC1507 x MON810 x MIR162 x NK603	cry1F, VIP3Aa20, cry1Ab,	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))
****		MON97411	Cry3Bb1	Larva-alfinete (Coleoptera)
VIP4TG		Bt11xMIR162 x GA21	MON89034 x Cry1Ab, VIP3Aa20, Cry1A.105, Cry2Ab2	Lagartas (Lepidoptera)
VIP4		Bt11 x MIR162 x MON89034	Cry1Ab, VIP3Aa20, Cry1A.105, Cry2Ab2	Lagartas (Lepidoptera)
***		MIR162 x MON89034	V I P 3 A a 2 0 , Cry1A.105, Cry2Ab2	Lagartas (Lepidoptera)
PowerCore Ultra		MON89034 x TC1507 x NK603 x MIR162	cry1A105, cry2Ab2, cry1F, VIP3Aa20	Lagartas (Lepidoptera)
PowerCore Enlist	Ultra	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/eCry3.1Ab	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)

*** aguardando designações.

9.4.1.2 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)]. No entanto, principalmente em condições

de baixa expectativa de produtividade, recomenda-se que o NC da *S. frugiperda* seja estimado através da fórmula $NC(\%) = CT / (0,2 \times VP)$, onde: CT= custo do tratamento (custo do inseticida acrescido do custo de pulverização); VP= valor da produção por hectare (produtividade x valor da saca).

Quando do controle dessa praga deve ser feito um rodízio de inseticidas com diferentes mecanismos de ação (Tabela 8.1), 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 8.2).

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 de diferentes estádios 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.

Para o manejo da cigarrinha-do-milho, apenas o controle do inseto-vetor não tem sido suficiente para a redução dos danos ocasionados pelas doenças transmitidas por essa praga. Por isso, é necessário adotar outras táticas preventivas de manejo, incluindo: realizar rotação de culturas nas áreas de cultivo de milho para dificultar a

sobrevivência desse inseto; eliminar plantas espontâneas de milho antes de implantar novos cultivos, especialmente na entressafra; evitar semeaduras tardias e cultivos sucessivos com milho na mesma área ou em áreas próximas; não escalonar a semeadura de milho para evitar a migração do inseto entre cultivos; diversificar as variedades e/ou híbridos cultivados porque existem diferenças de resistência aos patógenos transmitidos pela cigarrinha-do-milho; evitar o cultivo das outras plantas hospedeiras desse inseto nas proximidades das lavouras de milho; e utilizar sementes tratadas com inseticidas sistêmicos, para proteger as plantas nas fases iniciais de desenvolvimento.

9.4.2 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. Este 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-metílico), 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.

9.5 Área de refúgio para semeadura de cultivares transgênicas

O objetivo do refúgio é preservar a eficácia e, conseqüentemente, 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, conseqüentemente, gerar híbridos que serão controlados pelos níveis de proteínas expressos no eventos disponíveis (eventos de alta dose).

9.5.1 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 9.1). 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

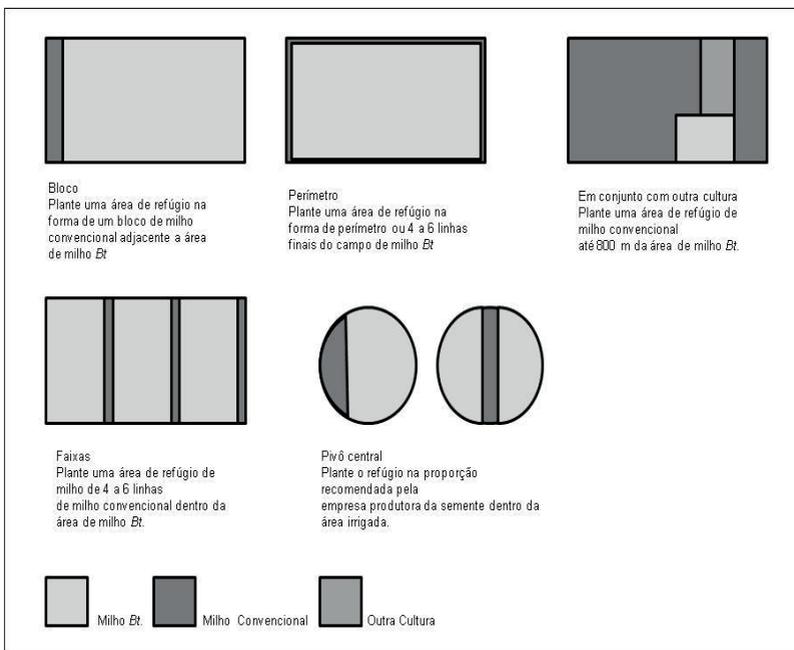


Figura 9.1 Opções de configuração de área de refúgio para o cultivo de cultivares de milho geneticamente modificados que conferem resistência a insetos (eventos Bt).

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.

9.5.2 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.

10. ROTAÇÃO E SUCESSÃO DE CULTURAS

Revisor técnico: Paulo Regis Ferreira Da Silva

O sistema de cultivo compreende 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.

O sistema inicialmente adotado no Rio Grande do Sul 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 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 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 espaçamento entrelinhas reduzido.

A rotação e a sucessão cultural são pontos fundamentais no sistema de produção de milho em semeadura direta na palha. A adoção deste sistema contribuiu para a elevação do rendimento de grãos que, pela primeira vez, ultrapassou 10 t ha⁻¹, em lavouras de diferentes regiões produtoras do Rio Grande do Sul.

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 (inverno e 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 seqüência, 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 seqüência apropriada de culturas e de práticas culturais, em que sejam atendidas suas necessidades e características nos aspectos edafo-climáticos 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.

10.1 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 densidade 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.

No entanto, em milho cultivado em sucessão à aveia preta, 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 aveia preta é lenta. Apenas 38% do N contido na planta de aveia preta 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 preta 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 densidade de semeadura indicada para a ervilhaca comum é de 90 kg ha⁻¹, aproximadamente.

Apesar dessas vantagens, a intensidade de uso de fabáceas como espécies antecessoras a milho no Estado do Rio Grande do Sul 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 dessecação 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 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 4,7 a 5,4 t ha⁻¹) têm sido obtido na região ecolimática da Depressão Central do Estado do Rio Grande do Sul, em pesquisas de campo com uso dessa espécie como cultura antecessora a 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 densidade ao redor de 20 kg ha⁻¹ de sementes de nabo para se obter maior eficiência com o uso de desseccante.

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 subseqüentes 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, trigo e tritcale para produção de forragens e grãos. Porém, a adoção desse sistema de sucessão resulta na desvantagem de deslocamento da época de semeadura de milho para final de

outubro ou início de novembro. Em regiões com deficiência hídrica, sem disponibilidade de irrigação, esta 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 agrônômico.

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

Cada espécie cultivada como cobertura de solo no 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) e leguminosas (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 preta. 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 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 densidade de semeadura indicada para o consórcio aveia preta e ervilhaca comum 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 inverno é o que mescla uma espécie poácea (aveia preta) 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 à aveia preta 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 aveia preta. No consórcio aveia preta 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 preta 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.

10.3 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 à aveia preta 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 manejo da aveia preta e o tipo de manejo da palha de aveia preta (mecanizado ou químico). Todas estas 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 preta e o atraso da semeadura do milho em 20 dias após a dessecação da aveia preta 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 preta, é o tipo de manejo da cobertura de inverno: mecanizado ou químico. A forma de manejo de resíduos da aveia preta (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 paraquat) não influenciam o rendimento de grãos de milho cultivado em sucessão. No entanto, a rolagem da palha da aveia preta é mais eficiente como medida preventiva para estabelecimento de infestação de plantas daninhas, especialmente de capim papuã (*Brachiaria plantaginea*), do que sua manutenção em pé.

10.4 Estratégias para maior benefício do uso de 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, 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 permitirá maior rendimento de massa seca e, conseqüentemente, maior quantidade de N fixada e disponibilizada ao sistema. Além disto, deve-se considerar que a taxa de crescimento da planta de ervilhaca aumenta com temperatura do ar mais elevada.

No trabalho desenvolvido em Passo Fundo, RS, na Embrapa Trigo, na década de 1980, ficou demonstrado que as leguminosas não precisam ser ceifadas e mantidas da superfície ou desseçadas para depois o milho ser semeado (SANTOS & PÖTTKER, 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 desseçadas e deixadas na superfície do solo ($5,0 \text{ t ha}^{-1}$). 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 desta cultura, o milho ou sorgo foram semeados com a ervilhaca ainda em ciclo vegetativo (Figura 10.1), 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 leguminosas 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 t ha^{-1}) entre os sistemas de rotação/sucessão de culturas.



Figura 10.1 Milho semeado em sucessão à ervilhaca ainda em ciclo vegetativo, na Embrapa Trigo, 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 inverno passou 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 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.

10.6 Sucessão milho-soja

Mais recentemente, nas regiões mais quentes do Estado do Rio Grande do Sul, 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 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 precoce ou superprecoce 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 novembro, em que há menor probabilidade de ocorrência de deficiência hídrica nesse período mais crítico da cultura. No entanto, 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 sementeiras 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.

10.7 Potencialidades e desafios do 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, praticamente não se cultiva milho, embora esteja disponível 2/3 da área com infraestrutura instalada para a agricultura.

Do ponto de vista econômico, constata-se que as áreas de terras baixas podem ser utilizadas mais intensivamente, já que se dispõe de cerca de 5,4 milhões de hectares no Estado. Desses, em torno de três milhões de hectares são utilizados com arroz irrigado, dos quais, anualmente, se cultiva pouco mais de um milhão de hectares. O restante da área é predominantemente utilizada com pecuária de corte extensiva. Mais recentemente, tem-se observado a expansão do cultivo da soja em rotação com arroz irrigado, devido, principalmente, à geração de novas informações técnicas e a sua adoção pelos produtores. Na safra 20185/19 foram cultivados, aproximadamente, 320.000 hectares de soja nessas áreas. Outro 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, devida à produção de matéria-prima para formulação de rações para essas criações mais próximo dos locais de sua utilização.

Além dos benefícios técnicos já citados anteriormente para terras altas, o cultivo de milho em rotação com arroz irrigado pode constituir-se em uma importante ferramenta para controle de uma de suas 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 herbicidas na cultura do milho, que controlam eficientemente as principais espécies de plantas daninhas da lavoura de arroz irrigado. Inclusive, com o advento do milho RR (resistente ao glifosato), essa eficiência de controle pode aumentar ainda mais, desde que se tomem as precauções necessárias para não se perder os benefícios dessa tecnologia. Tem-se constatado que o uso continuado de herbicidas com o mesmo mecanismo de ação (herbicidas do grupo das imidazolinonas) na cultura do arroz irrigado tem ocasionado resistência em diversas espécies de plantas daninhas e motivado a busca por sistemas de rotação com as culturas da soja e do milho nessas áreas. 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 em terras altas.

Embora todas essas perspectivas favoráveis para introdução de milho em áreas de arroz irrigado, ainda há muitos entraves técnicos e econômicos que têm que ser equacionados para viabilizar seu cultivo. O principal desafio, do ponto de vista econômico, é 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 da tecnologia já disponível e da tecnologia a ser gerada 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 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 como por deficiência hídrica. Nesse sentido, um dos principais critérios a serem estabelecidos é a escolha de áreas de arroz irrigado apropriadas para cultivo de milho. Os solos de arroz irrigado (hidromórficos) apresentam, em geral, baixa condutividade hidráulica, que dificulta a drenagem. Assim, 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. Mesmo nessas áreas, é fundamental dotá-las com um eficiente sistema de drenagem, que deve ser implantado antes e depois da sementeira, que permita o rápido escoamento do excesso hídrico após a ocorrência de precipitações pluviais durante o ciclo de desenvolvimento da cultura. Para uma drenagem eficiente é importante considerar, em cada região arroseira, as características de solo, que são muito variáveis. O estabelecimento de distâncias entre drenos e de profundidade dos mesmos são alguns aspectos que têm que ser estudados. A locação dos drenos deve ser feita com base em um estudo prévio das condições topográficas do terreno. Conhecendo-se a localização das depressões e as declividades, ou seja, o encaminhamento natural das águas, os drenos são locados de modo a proporcionar boa eficiência da drenagem. Os problemas de drenagem localizados devem 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. Como alternativa, a sistematização consiste na uniformização da superfície do terreno, ou seja, aterro das depressões e corte das elevações, e adapta-se a áreas planas (até 0,5% de declividade) e com muitos problemas localizados de drenagem.

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 sementeira do milho.

O camalhão de base larga é um método de preparação do solo, implementado durante a lavração na época de implantação de culturas de sequeiro (milho, sorgo, soja, etc.) ou pastagens, que permanece sendo utilizado por vários anos. Este sistema adapta-se a áreas planas com declividades uniformes. Consiste na construção de camalhões largos e em sequência, de modo que na junção dos camalhões exista uma depressão, a qual funciona como dreno do talhão. Os camalhões podem ser construídos com o uso de arados de aiveca, arados de discos ou plainas. O sentido de construção dos camalhões é dado pela declividade predominante do terreno. A altura no centro dos camalhões varia de acordo com o objetivo de uso e deve propiciar boa drenagem para as culturas de sequeiro e,

ao mesmo tempo, não 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 200 m e a largura varia com o tipo de solo, de 4 a 20 m, o suficiente para comportar a largura das semeadouras ou múltiplos destas. 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.

Camalhões estreitos (de uma ou duas linhas pareadas da cultura) são também denominados de microcamalhões e são construídos com máquinas específicas para essa finalidade. O sulco formado na construção do microcamalhão pode servir como dreno para o excesso hídrico, quando da ocorrência de alto volume de precipitação pluvial. Assim, esforços têm que ser feitos no sentido de adequar a altura e a forma de microcamalhões para melhor desempenho agrônômico do milho.

Outro potencial para cultivo de milho em áreas de arroz é a possibilidade de aproveitar a infraestrutura já existente de irrigação, que pode ser utilizada em períodos de ocorrência de deficiência hídrica durante seu ciclo de desenvolvimento, principalmente durante o período mais crítico, que é de duas semanas antes a duas semanas após o espigamento. As áreas de arroz irrigado, por apresentarem baixo teor de matéria orgânica no solo, e terem, em sua maioria, solos de textura mais arenosa, são mais suscetíveis à ocorrência de deficiência hídrica. Nesse sentido, já são disponíveis sistemas de irrigação por sulco, de menor custo em relação ao por aspersão. Há possibilidade de se utilizar os sulcos feitos para formação de microcamalhões, para se irrigar o milho. O sistema sulco/camalhão é indicado para solos planos, com declividades uniformes, requerendo, geralmente, a sistematização do terreno. A irrigação pelo sistema sulco/camalhão deve ser utilizada em pequenas áreas que possuam relevo pouco acentuado, como o que predomina em regiões de solos hidromórficos do RS. Para a irrigação por sulcos, a faixa de declive recomendada situa-se entre 0,1% a 0,5%, sendo o valor intermediário de 0,3% o que proporciona irrigação mais uniforme. Além de facilitar a irrigação, o sistema sulco/camalhão garante boa drenagem interna da lavoura, porém a rede de drenos coletores dos quadros e a macrodrenagem da área devem estar instalados de forma correta e

mantidos limpos.

No milho, o uso da irrigação é um pré-requisito essencial para que se possa utilizar as demais práticas de manejo em alto nível, como adubação, época de semeadura e escolha de híbrido adaptado às condições de solos hidromórficos, e densidade de plantas adequadas. Outro aspecto fundamental é a determinação do arranjo ideal de plantas, especialmente no que se relaciona à densidade de plantas e ao 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 de plantas, com a densidade desejada. Merece, também, atenção o fato de que, atualmente, a maior parte da área de arroz irrigado ser cultivada com variedades do Sistema Clearfield, em que se utilizam herbicidas do grupo das imidazolinonas. Em função das plantas de milho serem sensíveis ao efeito residual desses herbicidas, há que se ter cuidado com seu cultivo em rotação com arroz irrigado em áreas em que foram utilizados esses herbicidas, tendo em vista a possibilidade de fitotoxidez às plantas de milho.

Referências

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 agronômicas do milho. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 25, n. 11, p. 1647-1654, 1990.

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.

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.

11 MICOTOXINAS

Revisor técnico: Jane Rodrigues De Assis Machado

Micotoxinas são substâncias químicas produzidas e liberadas por alguns fungos causadores de doenças em plantas, são moléculas de cadeia complexa e, portanto, difíceis de serem quebradas, resistem ao calor e à maioria das práticas de processamento, permitindo que ela esteja presente em vários alimentos. No milho os fungos mais comumente ligados a produção de micotoxinas são dos gêneros: *Fusarium*, *Penicillium* e *Aspergillus*. A contaminação dos alimentos pode iniciar no campo, durante a fase de desenvolvimento da cultura e na colheita, assim como no armazenamento, desde que ocorra condições climáticas favoráveis a infecção poderá ocorrer e nem sempre apresenta sintomas visíveis.

As micotoxinas identificadas em grãos são: aflotoxinas, fumonisinas, zearalenona, deoxinivalenol, nivalenol, ocratoxinas e toxina-T2 (Scussel, 1998, 2002 citado por Silva, Cota e Costa, 2018). No milho o grupo de micotoxinas mais comuns são as fumonisinas, são tóxicas aos animais e podem causar câncer em humanos. O fungo responsável pela infecção é o *Fusarium verticillioides* (saccardo) Nienberg, causador de podridão de espiga no milho.

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 no Brasil faz-se necessário um manejo integrado com outros métodos de controle para minimizar a ocorrência do fungo e a possibilidade de produção de micotoxina. Esses métodos de controle iniciam na fase de planejamento do plantio.

- Evitar áreas com histórico de incidência do patógeno;
- Boa adubação;
- Uso de cultivares resistentes;
- Controle de pragas;
- Monitoramento de doenças e das condições climáticas e se necessário o controle químico.

Tem sido observada uma mudança de hábitos alimentares na população mundial e dentre as várias exigências do consumidor e

por consequência da indústria está, em destaque, a segurança dos alimentos. No Brasil a Resolução nº 07/2011, estabeleceu os limites máximos de micotoxinas nos alimentos (Tabela 1). Essa resolução afeta diretamente ao produtor de milho visto que ele faz parte de uma extensa cadeia alimentar (humanos, suínos, aves, bovinos). Sendo assim, o agricultor precisa cuidar bem da sua lavoura considerando não só à legislação, mas também as boas práticas de cultivo e armazenamento do milho.

Tabela 11.1 Limites máximos tolerados para presença de micotoxinas (LMT), determinados pela Resolução 07/2011.

Micotoxinas	Alimento	LMT ($\mu\text{g kg}^{-1}$)
Aflatoxina M1	Leite fluido	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

Fumonisinias (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 11.2 cont. 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

Referências:

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

COSTA, R. V. da; COTA, L. V.; SILVA, D. D. da; LANZA, F. E.; ZAMBOLIM, L.; PARREIRA, D. F. Aplicação foliar de fungicidas e incidência de grãos ardidos e fumonisinas totais em milho. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2014. *Boletim de pesquisa e desenvolvimento*. 114. 31p.

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.

MISOSUL

REUNIÃO TÉCNICA S.U.B. BRASILEIRA
DE PESQUISA DE MILHO E SORGO



PROMOTORES



REALIZADORA



ORGANIZADORAS



PATROCÍNIO OURO



PATROCÍNIO PRATA

