

Produção de Sorgo Sacarino no Rio Grande do Sul



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

SISTEMA DE PRODUÇÃO 25

Produção de Sorgo Sacarino no Rio Grande do Sul

Beatriz Marti Emygdio

Editora Técnica

Embrapa Clima Temperado
BR 392 km 78 - Caixa Postal 403
CEP 96010-971, Pelotas, RS
Fone: (53) 3275-8100
www.embrapa.br/clima-temperado
www.embrapa.br/fale-conosco

Comitê Local de Publicações

Presidente

Ana Cristina Richter Krolow

Vice-Presidente

Enio Egon Sosinski

Secretária-Executiva

Bárbara Chevallier Cosenza

Membros

*Ana Luiza B. Viegas, Fernando Jackson, Marilaine
Schaun Pelufê, Sônia Desimon*

Revisão de texto

Bárbara Chevallier Cosenza

Normalização bibliográfica

Marilaine Schaun Pelufê

Editoração eletrônica

Fernando Jackson

Foto de capa

Beatriz Emygdio

1ª edição

Obra digitalizada (2018)

Todos os direitos reservados.

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

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Clima Temperado

P964 Produção de sorgo sacarino no Rio Grande do Sul /
editor técnico Beatriz Marti Emygdio. – Pelotas:
Embrapa Clima Temperado, 2018.
94 p. (Sistemas de Produção / Embrapa Clima
Temperado, ISSN 1676-7683; 25).

1. Sorgo. 2. Sorgo açucareiro. 3. Variedade.
4. Zoneamento agrícola. 5. Zoneamento climático.
I. Emygdio, Beatriz Marti. II. Série.

CDD 633.174

Autores

André Andres

Engenheiro-agrônomo, Ph.D. em Ciências e Tecnologias Inovadoras, pesquisador da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS.

Ana Paula Schneid Afonso da Rosa

Engenheira-agrônoma, D.Sc. em Entomologia, pesquisadora da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS.

Beatriz Marti Emygdio

Bióloga, D.Sc. em Ciência e Tecnologia de Sementes, pesquisadora da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS.

Carlos Alberto Flores

Engenheiro-agrônomo, M.Sc. em Pedologia, pesquisador aposentado da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS.

Cesar Gomes Bauer

Engenheiro-agrônomo, D.Sc. em Fitopatologia, pesquisador da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS.

Cley Donizeti Martins Nunes

Engenheiro-agrônomo, D.Sc. em Fitossanidade, pesquisador da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS.

Ivan Rodrigues de Almeida

Geógrafo, D.Sc. em Geografia, pesquisador da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS.

José Francisco da Silva Martins

Engenheiro-agrônomo, D.Sc. em Entomologia, pesquisador da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS.

José Maria Filippini-Alba

Bacharel em Química, D.Sc. em Geoquímica, pesquisador da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS.

Lilia Sichmann Heiffig Del Aguila

Engenheira-agrônoma, D.Sc. em Fitotecnia, pesquisadora da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS

Renata Moccellin

Engenheira-agrônoma, D.Sc. em Fitossanidade, bolsista de pós-doutorado da Fapeg, Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS.

Ricardo Valgas

Engenheiro-agrônomo, M.Sc. em Métodos Numéricos em Engenharia, pesquisador da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS.

Apresentação

No atual cenário da agricultura brasileira, a produção de bioenergia, numa perspectiva de sustentabilidade, passa, obrigatoriamente, pela diversificação de matérias-primas. O Brasil, além de concentrar grande número de pequenos, médios e grandes produtores, apresenta uma diversidade de condições ambientais que permitem, ao explorar o potencial de matérias-primas renováveis, com aptidão regional, promover a descentralização da produção de etanol.

No Rio Grande do Sul, em regiões onde a cana-de-açúcar é cultivada, o sorgo sacarino poderá ocupar as janelas da entressafra da cana-de-açúcar; nas demais regiões não consideradas pelo zoneamento agrícola de riscos climáticos e/ou que não apresentam condições edafoclimáticas para o cultivo da cana-de-açúcar, o sorgo sacarino poderá assumir papel de liderança como matéria-prima para produção de etanol.

Sendo o sorgo sacarino uma cultura de ampla adaptabilidade e rusticidade, além de apresentar a vantagem de ter ciclo curto e ser propagado via semente, apresenta-se como excelente opção não só como cultura complementar à cana-de-açúcar, mas como matéria-prima para produção de etanol em usinas de pequeno porte e microdestilarias.

Considerando-se as peculiaridades regionais, as condições edafoclimáticas, a especificidade da interação genótipo por ambiente, bem como as épocas de plantio e variações de manejo, que possuem forte interação com o ambiente de adaptação e com cultivares, a inserção e consolidação da cultura do sorgo sacarino no RS, de forma economicamente viável e ambientalmente sustentável, estão fortemente associadas a um sistema de produção desenvolvido especificamente para o estado.

Assim, esta publicação reúne um conjunto de manejo e de recomendações, obtidas por meio de inúmeras pesquisas, desenvolvidas pela Embrapa Clima Temperado, em parceria com a Fepagro e Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), nos últimos anos. O sistema de produção aqui proposto permite ao mesmo tempo potencializar a produção de etanol no RS, bem como minimizar os riscos da produção de etanol a partir de sorgo sacarino, permitindo incrementos para o setor sucroalcooleiro do estado.

Clenio Nailto Pillon
Chefe-Geral
Embrapa Clima Temperado

Sumário

Autores	3
Apresentação	5
Introdução.....	9
Cultivares.....	12
Ideótipo.....	12
Cultivares de sorgo sacarino para diferentes regiões do RS	13
Zoneamento Edafoclimático.....	18
Fontes de informação e métodos.....	18
Resultados e discussão	19
Considerações finais	29
Épocas de Semeadura	30
Arranjo de plantas para cultivo de sorgo sacarino no RS	34
Interação entre arranjo de plantas e ambientes.....	35
Arranjo de planta para as cultivares BRS 506, BRS 509 e BRS 511	36
Manejo de Insetos-praga	40
Lagarta-do-cartucho – <i>Spodoptera frugiperda</i>	40
Broca-da-cana – <i>Diatraea saccharalis</i>	44
Manejo de doenças	48
Principais doenças da cultura do sorgo sacarino na região sul do Rio Grande do Sul.....	48
Considerações finais	62
Manejo de nematoides	63
Manejo de plantas infestantes.....	65
Métodos de controle de plantas daninhas.....	66
Período de controle de plantas daninhas no sorgo.....	68

Dessecação pré-plantio.....	69
Controle de plantas daninhas pós-plantio	70
Princípios do manejo integrado de plantas daninhas.....	72
Controle de plantas daninhas tardias para favorecer a colheita	73
Principais espécies daninhas do sorgo sacarino	73
Danos por herbicidas residuais aplicados à cultura antecessora	75
Colheita e extração de caldo	77
Curva de maturação para cultivares de sorgo sacarino no RS.....	77
Métodos de colheita e de extração de caldo.....	79
Uso do sorgo sacarino na alimentação animal.....	83
Recomendação de uso do bagaço de sorgo sacarino na alimentação animal	85
Considerações finais	86
Referências	87
Literatura Recomendada.....	94

Introdução

Beatriz Marti Emygdio

Entre as alternativas para diversificação da matriz energética, o etanol é tido como uma das mais promissoras. No entanto, para que o Brasil possa atender a demanda mundial por energia limpa e renovável, é preciso que haja crescimento na produção de biocombustíveis e, para isso, uma série de medidas precisam ser implementadas para assegurar a expansão competitiva do setor sucroalcooleiro no Brasil e garantir o sucesso da expansão do etanol brasileiro no mercado internacional.

A demanda por etanol é crescente e deve aumentar ainda mais nos próximos anos, em função do expressivo aumento do número de veículos bicombustíveis em circulação no País e expectativa de aumento dessa frota. Além disso, a indústria de bioplásticos, produzidos a partir de derivados da cana-de-açúcar, vem ganhando força no mercado nacional, com adesão de empresas como Brasken, Tetra Pak e Nestlé Brasil, que passaram a adotar embalagens sustentáveis fabricadas a partir de bioplásticos.

No Brasil, a produção de etanol está alicerçada na cultura da cana-de-açúcar, que é vista como uma das culturas capazes de suprir parte dessa demanda. No entanto, considerando sua magnitude, apostar no monocultivo da cana-de-açúcar e na centralização da produção em alguns estados não parece uma estratégia adequada, pois a cana-de-açúcar apresenta exigências edafoclimáticas que restringem seu cultivo em diversas regiões do País e, em especial, no Rio Grande do Sul.

O Rio Grande do Sul produz apenas 2% do etanol que consome atualmente, pagando um preço alto pela importação do produto de outros estados. Atualmente, o RS possui participação pouco expressiva no setor sucroalcooleiro, mas com potencial para incremento, tanto em área quanto em produtividade. A área plantada com cana-de-açúcar no estado é de cerca de 35 mil ha, sendo 2/3 para consumo na propriedade e 1/3 para produção comercial de diferentes produtos.

Com a publicação, em 2009, do Zoneamento de Riscos Climáticos para a Cultura da Cana-de-açúcar no RS, 182 municípios gaúchos foram considerados aptos para produzir cana em grande escala, totalizando cerca de 1,5 milhão de hectares. Diante desse novo cenário, o RS passa a vislumbrar a possibilidade de se tornar um grande produtor de etanol e alcançar a autossuficiência.

O sorgo sacarino produz energia de primeira geração, quando transformado em bioetanol, e de segunda geração, quando transformado em biomassa lignocelulósica. O potencial de produção de energia do sorgo sacarino é alto, podendo ser atingido por processos tecnológicos avançados, como genética de cultivares (híbridos e variedades) e um sistema de produção específico para o sorgo sacarino, entre outros aspectos (May et al., 2012).

Tradicionalmente, em rotação com a cana-de-açúcar, utiliza-se *Crotalaria juncea*, soja ou amendoim. Frente a tais culturas, o sorgo sacarino possui a vantagem de se inserir no mesmo negócio da cana-de-açúcar, por fazer parte do sistema de produção de etanol, havendo, então, o entendimento de que o sorgo sacarino é a cultura com maior potencial de retorno econômico para uso em áreas de reformas de canaviais (May et al., 2012).

O sorgo sacarino tem sido apontado como uma das matérias-primas renováveis capaz de contribuir para o aumento da competitividade do etanol brasileiro, seja para uso como cultura complementar à cana-de-açúcar e/ou para plantio em áreas consideradas marginais para a cana, seja para áreas que não tenham sido contempladas no zoneamento de riscos climáticos para a cultura. Com isso,

a capacidade instalada das grandes usinas seria otimizada, pois essas passariam a ter matéria-prima para a produção de etanol na entressafra da cana-de-açúcar. Também se otimizariam áreas de reforma de canaviais, diminuindo ou evitando períodos de ociosidade das usinas e, conseqüentemente, reduzindo os custos de produção.

O sorgo sacarino é uma cultura rústica, com aptidão para cultivo em áreas tropicais, subtropicais e temperadas. Apresenta ampla adaptabilidade, tolerância a estresses abióticos e pode ser cultivado em diferentes tipos de solos (Dajui, 1995; Prasad, et al., 2007). A rapidez do ciclo de produção, as facilidades de mecanização da cultura do sorgo sacarino, o alto teor de açúcares diretamente fermentáveis contidos no colmo (valores de brix entre 15 e 23), a elevada produção de biomassa e a antecipação da colheita com relação à cana-de-açúcar colocam o sorgo sacarino como uma excelente matéria-prima para produção de etanol (Embrapa, 1980; Dajui, 1995; Ratnavathi et al., 2010).

Como cultura alternativa para produção de etanol, apresenta características muito semelhantes às da cana-de-açúcar, especialmente em relação à composição de açúcares fermentáveis presentes no caldo (Mohite; Raman, 1984). Em trabalhos realizados na década de 1970 e 1980, cultivares de sorgo sacarino da época produziam até 5.600 L/ha de álcool, enquanto as cultivares de cana-de-açúcar da época produziam 4.100 L/ha.

O sorgo sacarino é cultivado em 99 países, em uma área de 44 milhões de ha, especialmente em áreas pobres e semiáridas (Makrantonaki et al., 2007). Em países como China, Índia, EUA, Irã, Itália, Espanha, entre outros, é considerado matéria-prima promissora para produção de etanol, e diversos trabalhos de pesquisa vêm sendo desenvolvidos com a cultura nesses países (Wrang; Liu, 2009; Channappagoudar et al., 2007; Wortmann et al., 2010; Almodares et al., 2007). De acordo com Lingle (2010), o sorgo sacarino é uma das culturas que contribuirá para que os EUA alcance a meta de ter, até 2030, 30% da sua energia baseada em bioenergia.

O Brasil é o maior exportador mundial de etanol, totalizando em 2008 aproximadamente 5,1 bilhões de litros (IEA, 2010). A produção de etanol a partir de outras fontes, como sorgo sacarino, é uma ótima opção, sob os pontos de vista agrônomo e industrial, sendo que o seu cultivo pode ser realizado no período de entressafra da cana. A matéria-prima para produção de etanol a partir de sorgo sacarino pode ser obtida em apenas 4 meses, enquanto a cana-de-açúcar precisa de, no mínimo, 12 a 18 meses, especialmente no RS. A cultura do sorgo sacarino pode ser estabelecida entre os meses de setembro a dezembro e colhida durante a entressafra da cana-de-açúcar, entre os meses de janeiro e maio, período em que não há disponibilidade de cana-de-açúcar no estado e que o sorgo sacarino poderia ocupar essa lacuna, beneficiando a indústria alcooleira, que não ficaria sem matéria-prima para a produção de álcool.

Segundo as estimativas feitas por Borges et al. (2010), é possível produzir entre 50 e 65 litros de álcool por tonelada de colmos de sorgo sacarino. Por outro lado, Parrella e Schaffert (2012) defendem que é possível produzir entre 40 e 70 litros de etanol por tonelada de biomassa. Emygdio et al (2011) estimaram, para a cultivar de sorgo sacarino BR 506, considerando-se as produtividades médias de colmos obtidas em Pelotas, RS (entre 48 t/ha e 70 t/ha), e uma média de 55 litros de álcool por tonelada de colmos, que seria possível produzir, em média, entre 2.640 L/ha e 3.850 L/ha de álcool. Borges et al. (2010), no entanto, com base na análise do caldo da cultivar BR 506, estimaram produção de álcool entre 4.544 L/ha e 6.636 L/ha. Da mesma forma, Zhao et al. (2009) testaram três épocas de corte de plantas de sorgo sacarino após o florescimento (0, 20 e 40 DAF), e cinco cultivares e obtiveram rendimentos entre 1.281 L/ha e 5.414 L/ha de álcool.

Estudos têm revelado que a redução do espaçamento entre linhas para a cultura do sorgo sacarino tem beneficiado caracteres agronômicos de importância para a produção de etanol. A cultivar de sorgo sacarino BR 506 teve maior produção de colmos/ha, quando submetida ao espaçamento entre linhas de 0,5 m, independentemente da população de plantas. A produtividade média de colmos foi de 70 t/ha em espaçamento de 0,5 m, contra uma produtividade média de 48 t/ha em espaçamento de 0,70 m (Emygdio et al., 2011). Da mesma forma, Martin e Kelleher (1984) verificaram que a redução de espaçamento entre linhas, para a cultura do sorgo sacarino, traduziu-se em aumento de produtividade para matéria seca e carboidratos solúveis em água.

Da mesma forma que variações de espaçamento e densidade influenciam caracteres agronômicos e industriais de cultivares de sorgo sacarino, afetando a produção de etanol, diferentes épocas de semeadura e colheita também apresentam forte interação com o potencial produtivo da cultura. Segundo Borges et al. (2010), os açúcares redutores totais (ART%) tiveram comportamento quadrático em função da época de corte das plantas após o florescimento, atingindo ponto máximo, estimado pela equação de regressão, aos 28 dias após o florescimento. Da mesma forma, Brix, AR e ATR também tiveram comportamento quadrático em função da época de corte das plantas após o florescimento.

Com base nos aspectos acima descritos, fica clara a influência das condições ambientais no desempenho de cultivares de sorgo sacarino, bem como a existência de interação entre cultivares e especificidades regionais e diferentes condições de manejo, justificando a necessidade de desenvolvimento de tecnologias específicas para um sistema de produção para cultivo de sorgo sacarino no RS.

Cultivares

Beatriz Marti Emygdio

A disponibilização de cultivares produtivas e a implantação de um sistema adequado de manejo para cultura do sorgo sacarino para entressafra da cana-de-açúcar ou para áreas de reformas e de expansão de canaviais constituem-se nos fatores críticos para inserção do sorgo sacarino no setor sucroalcooleiro nacional (Durães et al., 2012).

Atualmente, o RS possui participação pouco expressiva no setor sucroalcooleiro, mas com potencial para incremento, tanto em área quanto em produtividade. Com a publicação, em 2009, do Zoneamento de Risco Climático para a Cultura da Cana-de-açúcar para o RS (Portaria nº 332/2009), cerca de 1,5 milhão de hectares de solo gaúcho foram considerados aptos para produzir cana-de-açúcar em grande escala (Brasil, 2009). Diante desse novo cenário, o RS passa a vislumbrar a possibilidade de se tornar um grande produtor de etanol e alcançar a autossuficiência, tendo em vista que, hoje, o estado produz apenas 2% do etanol que consome.

Sendo a cultura do sorgo sacarino de propósito múltiplo, a indicação de cultivares para diferentes regiões do RS permitiria a descentralização da produção de biocombustíveis, o alargamento da produção de etanol para regiões onde a cana-de-açúcar apresenta restrições de cultivo, e ainda a inserção de agricultores que tradicionalmente produzem grãos e trabalham com culturas anuais no processo de produção de biocombustíveis, contribuindo para que o estado se torne menos dependente da importação de etanol (Emygdio, 2011).

Hoje, no Brasil, existem seis empresas que desenvolvem e comercializam cultivares de sorgo sacarino. Dessas, duas são empresas públicas, Embrapa e Fepagro, e as demais são empresas privadas: Advanta Sementes, Monsanto/CanaVialis, CERES Sementes do Brasil e NexSteppe.

Ideótipo

Para que o sorgo sacarino seja utilizado como matéria-prima para produção de etanol de primeira geração, em usinas de cana-de-açúcar, como cultura complementar à cana-de-açúcar, seja para uso na entressafra dessa ou em áreas de reformas de canaviais, ou ainda para áreas não aptas e ou não destinadas ao cultivo da cana-de-açúcar, para processamento em microdestilarias, as cultivares de sorgo sacarino precisam atender alguns requisitos mínimos de produtividade e de desempenho, a fim de viabilizar a cultura.

Em estudo de viabilidade econômica para cultivo do sorgo sacarino na entressafra da cana-de-açúcar, considerando vários cenários de produção de biomassa e de rendimento de etanol, verificou-se que, nos níveis de produção considerados médios (entre 50 e 60 t ha⁻¹ de biomassa), mesmo com baixo rendimento de etanol (40 L t⁻¹), ainda seria rentável o cultivo do sorgo sacarino (Tabela 1) (Miranda, 2012).

Tabela 1. Viabilidade econômica do sorgo sacarino em relação aos cenários de rendimento.

Rendimento de etanol (L t ⁻¹ de biomassa)	Rendimento de biomassa (t ha ⁻¹)			
	Baixo (40 t ha ⁻¹)	Médio-baixo (50 t ha ⁻¹)	Médio-alto (60 t ha ⁻¹)	Alto (80 t ha ⁻¹)
Alto (85 L t ⁻¹)	R\$ 1.476,04	R\$ 3.068,21	R\$ 3.864,30	R\$ 5.058,43
Médio-alto (70 L t ⁻¹)	R\$ 454,44	R\$ 1.535,81	R\$ 2.076,50	R\$ 2.887,53
Médio-baixo (60 L t ⁻¹)	R\$ -56,36	R\$ 779,61	R\$ 1.182,60	R\$ 1.802,08
Baixo (40 L t ⁻¹)	R\$ -567,16	R\$ 3,41	R\$ 288,70	R\$ 1.076,63

Fonte: Citado por Miranda (2012).

Associada a uma produtividade mínima de 50 t ha⁻¹ de biomassa, as cultivares de sorgo sacarino precisam alcançar ART (teor de açúcar total) mínimo de 12,5% no caldo, que corresponde, aproximadamente, ao teor °Brix de 14,25% a 14,5%. Esse nível mínimo de ART e ou °Brix é desejável para que as leveduras consigam converter completamente esse nível de açúcar em etanol dentro de 6 a 10 horas. Concentrações inferiores resultarão em baixa eficiência de utilização dos tanques de fermentação, aumentando os custos industriais (Shaffert; Parrella, 2012).

Tendo em vista que o caldo, rico em açúcares fermentáveis, usado para produção de etanol, é extraído em sua totalidade dos colmos (que representam entre 70% e 80% da biomassa total), elevadas produções de colmo são desejáveis. Variáveis como altura de plantas e diâmetro do colmo são extremamente importantes, pois apresentam forte correlação com a produção de colmos e também exercem grande influência sobre a produção de caldo (Emygdio et al., 2011, 2015).

Se, por um lado, é desejável cultivares com elevada produção de biomassa e alto teor de sólidos solúveis totais (°Brix), por outro, é desejável cultivares com baixa produção de panículas e de grãos (que em geral representam entre 10% e 15% da biomassa total), tendo em vista que esses componentes drenam parte da produção de fotoassimilados, que seriam carregados para os colmos para uma maior produção de sólidos solúveis totais e maiores teores de açúcares totais.

É preciso considerar, ainda, que as cultivares de sorgo sacarino apresentam porte alto, e que o excesso de grãos nas panículas, no ápice das plantas, favorece o acamamento, o que, por sua vez, reduz a qualidade da matéria-prima, aumentando o teor de impurezas durante o processo de colheita (Parrella; Schaffert, 2012).

Cultivares de sorgo sacarino para diferentes regiões do RS

Para fins de recomendação de cultivares, com base nos diferentes cenários para produção de sorgo sacarino no Rio Grande do Sul, quer seja como cultura complementar ao cultivo de cana-de-açúcar ou como cultura exclusiva para produção de etanol em pequenas usinas ou microdestilarias, considerou-se apenas cultivares testadas em várias regiões do estado por meio da Rede Sorgo Sacarino RS (RSSRS). Essa rede integrou diversas instituições de ensino e pesquisa. Os ensaios de avaliação de cultivares da RSSRS foram conduzidos durante quatro safras (de 2012/2013 a 2015/2016), em 14 municípios gaúchos (Emygdio et al., 2016). A RSSRS avaliou um total de 23 cultivares de sorgo sacarino, pertencentes a cinco diferentes empresas. No entanto, para fins desta publicação, somente se considerou o desempenho de cultivares comerciais, avaliadas, no mínimo, em duas safras, e que apresentam registro no RNC/MAPA.

Os municípios da RSSRS foram divididos em dois grupos: municípios aptos e indicados para o cultivo da cana-de-açúcar, e municípios não aptos e não indicados, com base no Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC) da Cana-de-açúcar para o RS (Figuras 1 e 2) (Emygdio et al., 2016).

Com base nos ensaios da RSSRS, as cultivares avaliadas revelaram desempenho médio diferente, quando cultivadas em ambientes aptos e não aptos ao cultivo da cana-de-açúcar, especialmente para as variáveis altura de planta, produção de panículas e teor de sólidos solúveis totais. De maneira geral, nos ambientes aptos ao cultivo da cana-de-açúcar, localizados na região central e noroeste do estado, as cultivares apresentaram maior altura de planta, menor produção de panícula e maior teor de sólidos solúveis totais (Figura 3).

Segundo Emygdio et al. (2016), esses resultados podem ser explicados, em parte, em função das características climáticas de cada grupo de ambientes. O grupo de municípios não aptos ao cultivo da cana-de-açúcar, com base no ZARC (Zoneamento Agrícola de Riscos Climáticos), onde os experimentos da RSSRS foram conduzidos, são municípios com altitudes que variam de 452 m a 971 m (com exceção de Pelotas e de Capão do Leão, que apresentam menor altitude). Nesses municípios, o predomínio de temperaturas noturnas mais baixas, que promovem economia de energia para a planta, favorecem a produção de grãos, explicando por que a totalidade das variedades e parte dos híbridos avaliados nesse grupo de ambientes apresentaram maior produção de panículas, quando comparado ao desempenho dessas mesmas cultivares no grupo de ambientes aptos ao cultivo da cana-de-açúcar (todos de baixa altitude, < 343 m).

Tendo em vista que os grãos do sorgo sacarino drenam parte da produção de fotoassimilados, que seriam carregados para os colmos, para promover maior produção de sólidos solúveis totais e maiores teores de açúcares totais, a maior produção de panículas (e conseqüentemente de grãos), observada nos ambientes não aptos, também explica por que as cultivares avaliadas apresentaram menor teor de sólidos solúveis totais nessas condições. Para algumas cultivares, essa diferença de desempenho foi suficiente para afetar a meta mínima preconizada para a variável sólidos solúveis totais (14,24%), de modo que se possa atingir a viabilidade econômica e eficiência de fermentação. Assim, cultivares que tendem a ter maior produção de panículas e de grãos não constituem boas opções de cultivo para ambientes não aptos ao cultivo da cana-de-açúcar (Figura 3).

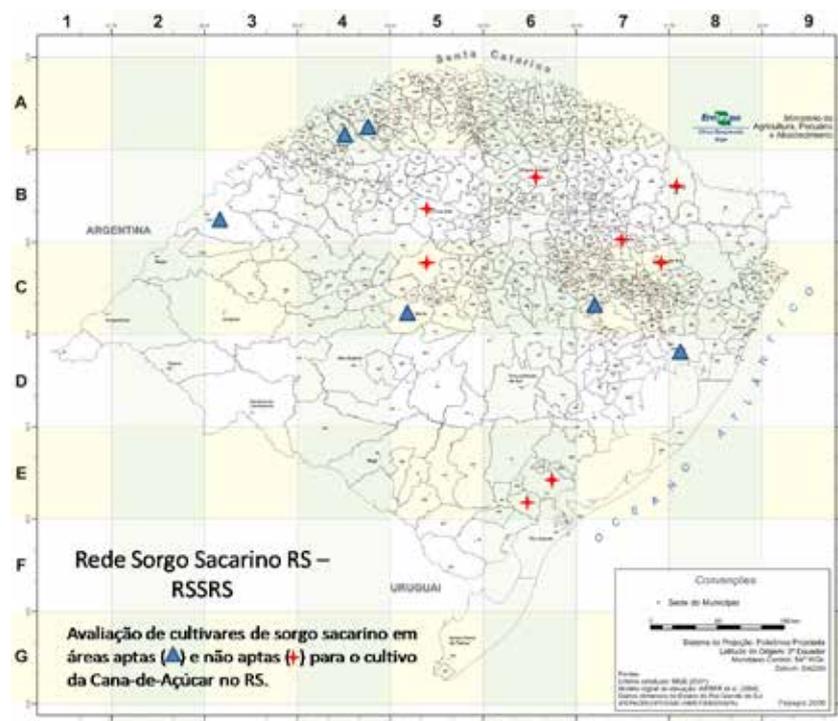


Figura 2. Rede de avaliação de cultivares de sorgo sacarino (RSSRS) em municípios aptos (Viamão, Taquari, Santa Maria, São Borja, Santa Rosa e Três de Maio) e não aptos (Capão do Leão, Pelotas, Caxias do Sul, Veranópolis, Vacaria, Passo Fundo, Cruz Alta e Júlio de Castilhos) ao cultivo de cana-de-açúcar no RS, entre as safras 2012/2013 e 2015/2016, visando a produção de etanol. (Fonte: Emygdio et al., 2016).

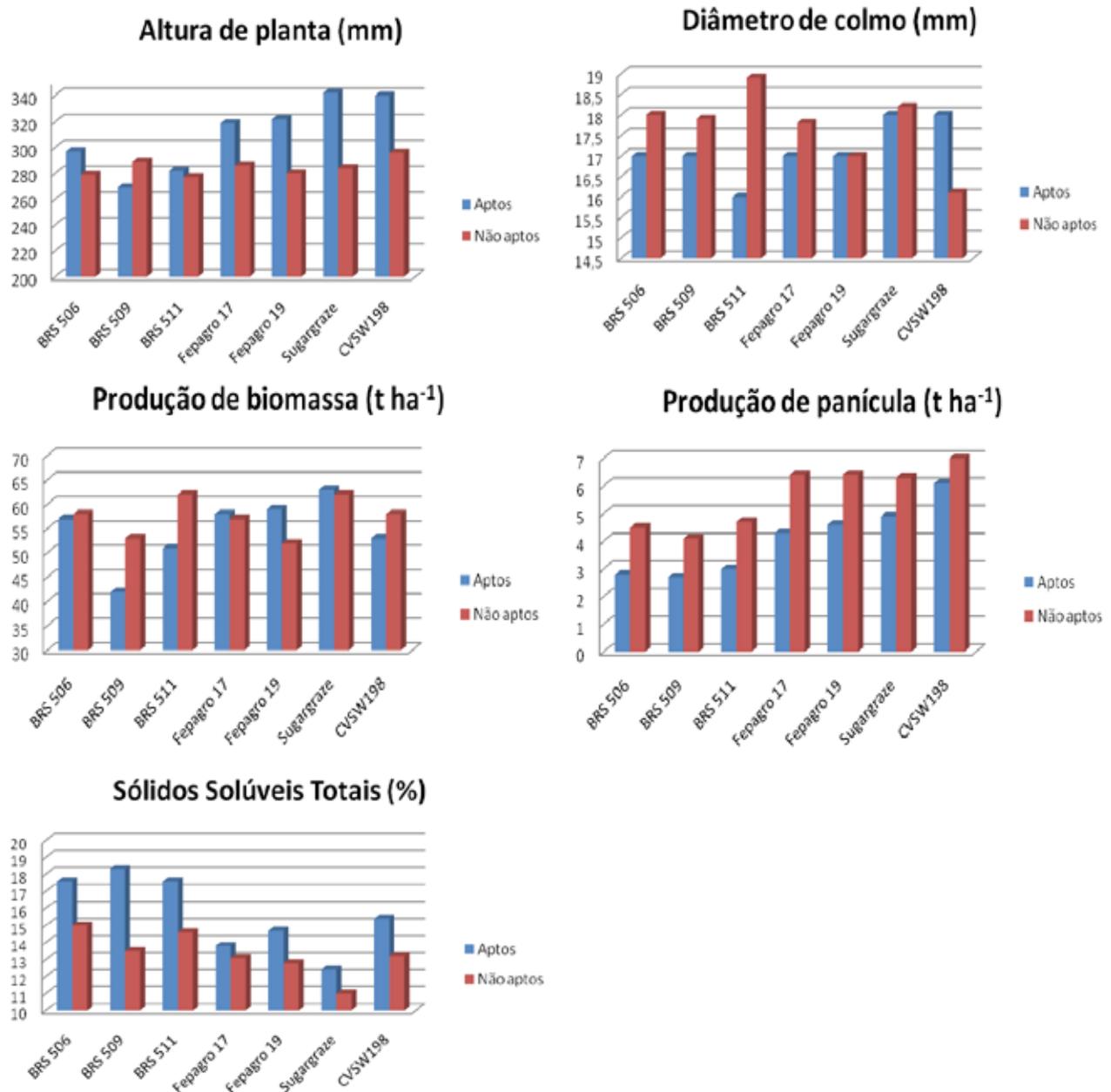


Figura 3. Desempenho de cultivares de sorgo sacarino, nas safras 2012/2013, 2013/2014, 2014/2015 e 2015/2016, em municípios aptos (A) e não aptos (NA) para o cultivo da cana-de-açúcar no Rio Grande do Sul, com base no Zoneamento de Riscos Climáticos, visando à produção de etanol no estado. Embrapa Clima Temperado, 2018.

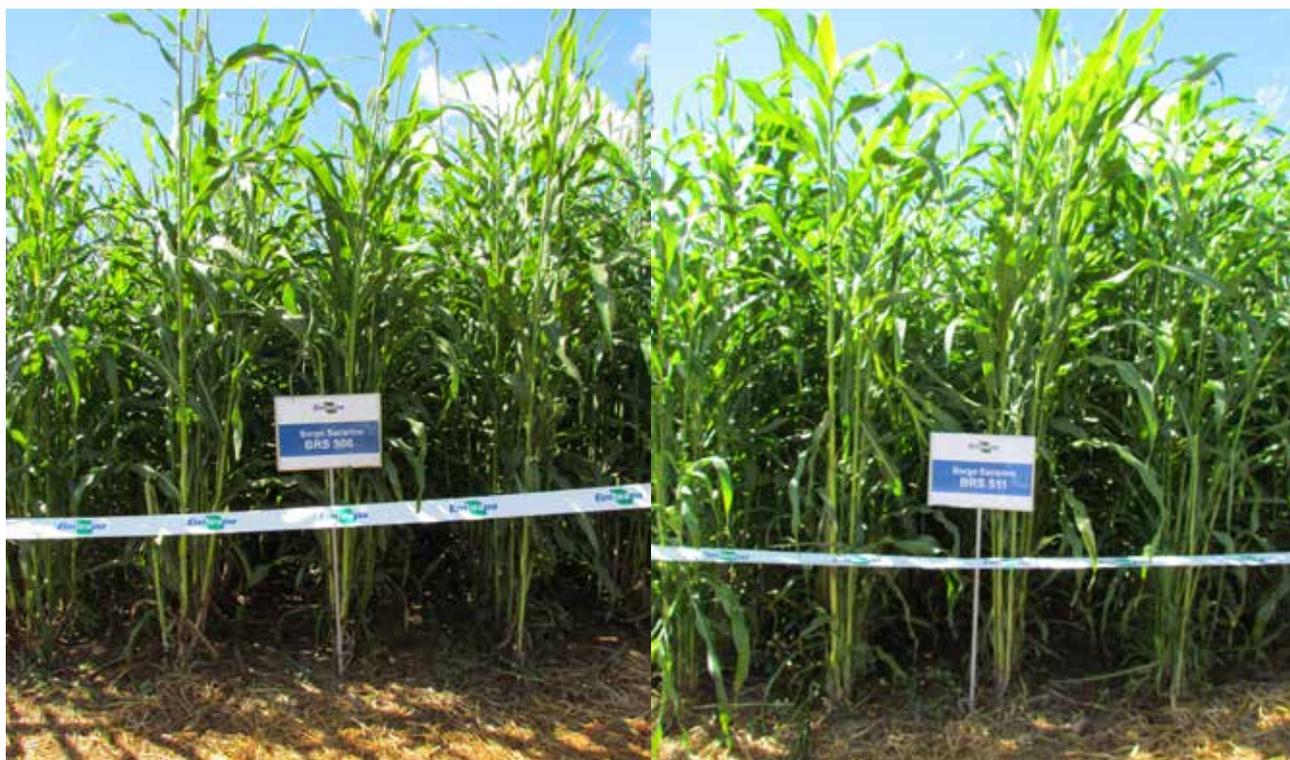
Para a variável diâmetro do colmo, com exceção da cultivar Fepagro 19, que não apresentou diferença média de desempenho, entre os ambientes aptos e não aptos, e da cultivar híbrida CVSW198, que apresentou desempenho contrastante, todas as demais apresentaram maior diâmetro de colmo nos ambientes não aptos ao cultivo da cana-de-açúcar, no estado (Figura 3).

Assim, com base no desempenho médio ao longo das diferentes safras de avaliação, para os ambientes não aptos ao cultivo da cana-de-açúcar, situação em que se vislumbra o cultivo de sorgo sacarino para produção de etanol em microdestilarias, as melhores opções de cultivo, que atendem as metas mínimas preconizadas, são as variedades BRS 506 e BRS 511 (Figura 4), que apresentaram baixa produção de panículas, produção de biomassa de 58 e 62 t ha⁻¹, respectivamente (nível médio-baixo e maio-alto de produção) e °Brix superior a 14,6%. As demais cultivares, ainda que tenham apresentado boa produção de biomassa, tiveram alta produção de panículas e não atingiram teor de Brix mínimo desejável.

Para municípios aptos ao cultivo da cana-de-açúcar, onde o sorgo sacarino pode ser cultivado na entressafra dessa e/ou em áreas de reforma de canaviais, mostraram-se melhores opções de cultivo as variedades BRS 506 e BRS 511, as quais, embora tenham ficado com produção média de biomassa na faixa de 60 t ha⁻¹, apresentaram baixas produções de panículas e os maiores teores de sólidos solúveis totais. Também se mostraram excelentes opções a variedade Fepagro 19 e o híbrido CVSW198, que cumpriram os requisitos mínimos para as principais variáveis de produção e qualidade (Figura 3).

A indicação dessas cultivares de sorgo sacarino, adaptadas às condições edafoclimáticas do estado, e a consequente adoção dessa cultura pelos produtores gaúchos permitem tanto a ampliação como a descentralização da produção de etanol, contribuindo para que o estado se torne autossuficiente na produção de etanol.

Vale ressaltar, no entanto, que a indicação de cultivares para o estado, por si só, não é suficiente para assegurar o estabelecimento e o desenvolvimento da cultura no RS de forma sustentável e economicamente viável. Há a necessidade de que sejam adotadas, simultaneamente, práticas de manejo apropriadas para cada cultivar e para cada situação.



Fotos: Beatriz Marti Emygdio

Figura 4. Cultivares de sorgo sacarino BRS 506 (esquerda) e BRS 511 (direita) para produção de etanol no RS. Embrapa Clima Temperado, 2018.

Zoneamento Edafoclimático

José Maria Filippini-Alba
Beatriz Marti Emygdio
Ivan Rodrigues de Almeida
Carlos Alberto Flores

O zoneamento edafoclimático de culturas é um instrumento de gestão territorial que permite caracterizar a aptidão do clima e do solo para uma cultura em um território ou região específica (Filippini Alba et al., 2011, 2014; Flores; Filippini Alba, 2015).

Nesse contexto, este capítulo indica a aptidão edafoclimática do sorgo sacarino no território gaúcho, em escala municipal, considerando-se informações disponibilizadas pela Embrapa, em termos de aptidão climática do sorgo sacarino em relação à cana-de-açúcar no contexto nacional, assim como de aptidão edáfica para o sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) no Rio Grande do Sul. Trata-se de um instrumento de gestão para o ordenamento territorial e suporte às políticas públicas, que poderá também auxiliar estudantes, extensionistas, produtores e profissionais autônomos relacionados ao setor, de forma a gerar valor à cadeia e buscar sustentabilidade, por meio do aprimoramento de custos e redução dos impactos ambientais.

Este estudo insere-se no projeto “Tecnologias para o sistema de produção de sorgo sacarino para o Rio Grande do Sul”, liderado pela Embrapa Clima Temperado, plano de ação “Zoneamento edafoclimático e avaliação da viabilidade econômica do sorgo sacarino”. Com esse objetivo, dados climáticos relacionados principalmente à ocorrência de frio no território sul-rio-grandense (Wrege et al., 2012), conforme indicações para o cultivo do sorgo sacarino (Durães, 2011) e o zoneamento edáfico para o sorgo (Flores et al., 2017) foram integradas para gerar o zoneamento edafoclimático para o cultivo do sorgo sacarino no Rio Grande do Sul.

Fontes de informação e métodos

Como área de estudo, foi considerado todo o Estado do Rio Grande do Sul, território com predomínio do clima subtropical úmido com duas estações bem definidas. Segundo a classificação de Köppen, prevalece o clima de tipo Cfa, com chuvas bem distribuídas no decorrer do ano e verão quente, exceto na região nordeste do estado, onde predomina o clima tipo Cfb, também sempre úmido, mas com verão ameno (Pessoa, 2017). Por outro lado, as temperaturas sofrem variações em função da altitude. Assim, as áreas baixas apresentam clima tropical, e onde ocorrem elevações predomina o clima temperado. Há avaliações apontando que, no RS, um aumento da altitude em 100 m representa uma diminuição de temperatura de aproximadamente meio grau Celsius (Cargnelutti Filho et al., 2006).

A época ideal de semeio do sorgo sacarino depende do interesse das usinas sucroalcooleiras, normalmente associado à entressafra da cana-de-açúcar (Pereira; Rodrigues, 2015). Por outro lado, a fase de germinação deve-se afastar do período de geadas. Dessa forma, foram considerados dados disponíveis no Atlas Climático da Região Sul do Brasil (Wrege et al., 2012). Em função disso, a aptidão climática foi considerada análoga à de cana-de-açúcar (Durães, 2011), no entanto, sem eliminar a possibilidade de cultivo independente do sorgo sacarino, ou seja, não associado à produção de cana-de-açúcar.

O zoneamento edáfico foi disponibilizado em arquivo digital em formato de polígonos, elaborado em etapa prévia do projeto (Flores et al., 2017). Os níveis de informação correspondentes ao clima e ao solo foram processados em ambiente SIG, por meio do software ArcGIS (ESRI®, 1999-2014), sendo transformados para formato de imagem, considerando-se píxel de aproximadamente 100 m e fusionados pela operação soma. O resultado foi reclassificado conforme as classes de aptidão edafoclimática do sorgo sacarino. Visando referenciar as informações, também foi utilizada a articulação das cartas 1:250.000 e o contorno dos municípios, conforme arquivos vetoriais disponibilizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Em termos de coordenadas, foi considerado o sistema WGS84.

Resultados e discussão

Segundo os dados avaliados, 19,9% do território do estado possui clima e aptidão edáfica favoráveis ao plantio do sorgo sacarino (Tabela 1). Já 14,2% apresenta a mesma condição climática, mas a aptidão edáfica algo reduzida, que pode significar na ocorrência de somente um ou vários dos parâmetros à continuação: solo mal drenado, com teor elevado de alumínio (alítico), escassa profundidade efetiva (de 25 cm a 50 cm), textura siltosa, declividade acima de 20% e pedregosidade acima de 15%.

Algumas dessas condições podem ser manejadas ou derivam em produtividade reduzida ou baixa qualidade da produção. Descendo na tabela, encontramos condições paulatinamente mais complexas para um cultivo competitivo.

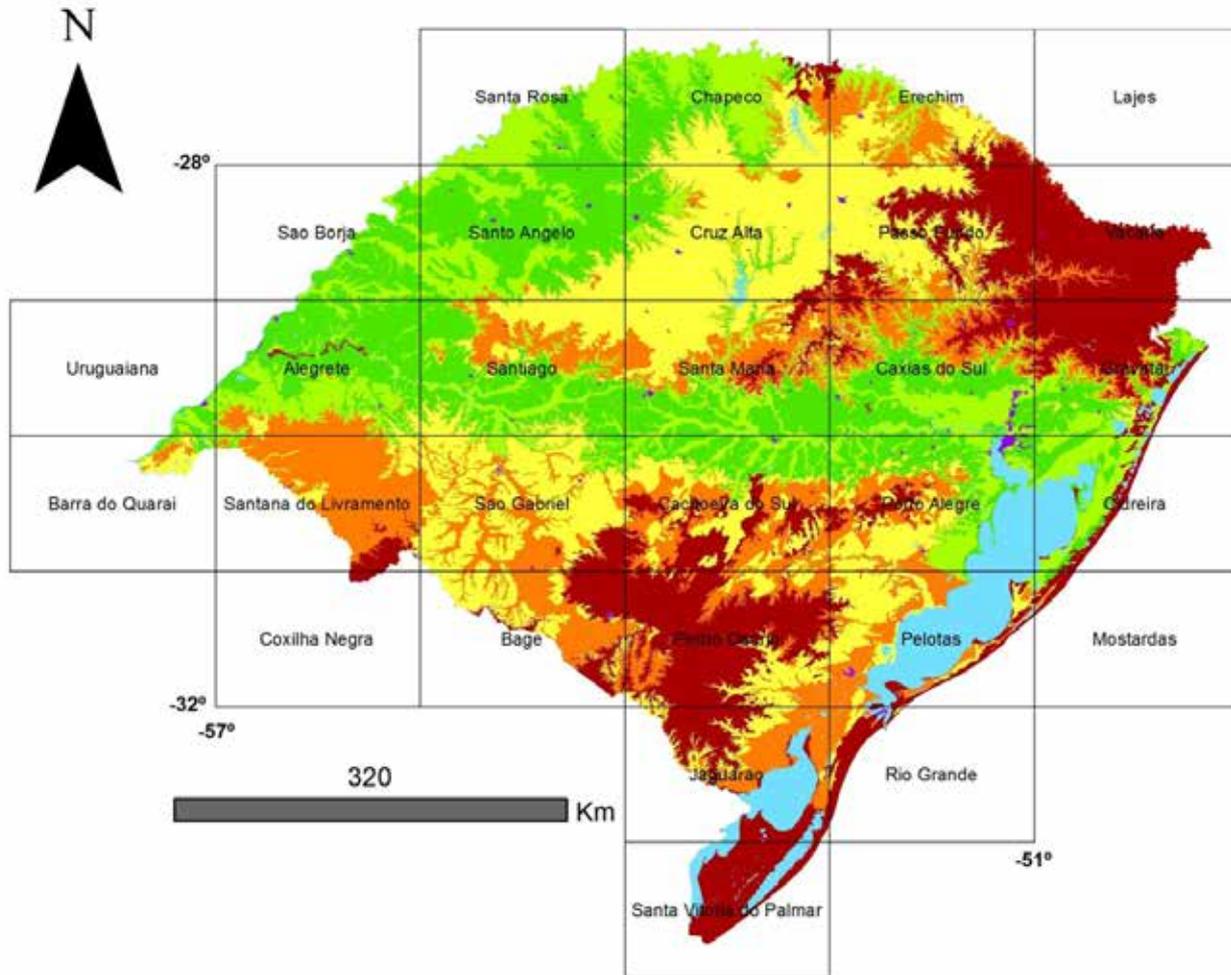
Tabela 1. Área absoluta e relativa de ocupação das classes de aptidão edafoclimática para o cultivo do sorgo sacarino no Rio Grande do Sul. R = Recomendável; PR = Pouco Recomendável; NR = Não Recomendável.

Classe de Aptidão/Ocupação	Área	
	Absoluta	Relativa
Água	16.896 km ²	6,0 %
R por clima e solo	56.037 km ²	19,9 %
R por clima e PR por solo	40.078 km ²	14,2 %
R por solo com limitações por geadas	67.256 km ²	23,9 %
PR por solo com limitações por geadas	50.425 km ²	17,9 %
NR por clima ou solo	50.154 km ²	17,8 %
Urbano	902 km ²	0,3 %
Total	281.748 km ²	100 %

Ao observar a distribuição geográfica da aptidão edafoclimática para o sorgo sacarino no Rio Grande do Sul (Figura 1), percebe-se uma nítida separação que vai dos tons esverdeados, com condição favorável ao plantio, para os tons amarelados e alaranjados, quando a condição de plantio já é mais difícil, derivando em menor produtividade ou qualidade da produção. A cor marrom indica área Não Recomendável ao cultivo, ou seja, em condições de clima extremo, que se verificam ao sul pela latitude e ao norte por altitude, mas ocorrendo uma faixa estreita no litoral pela presença de solos arenosos ou salinos e outras pequenas manchas espalhadas pelo restante do território, onde há drenagem muito ruim, e/ou profundidade efetiva inferior a 25 cm, e/ou textura orgânica ou declividade acima de 45%.

Destaca-se que a condição edáfica Preferencial que não ocorre no Estado do RS para o sorgo (*Sorghum* spp.) e que representada situação oposta à mencionada acima, caracteriza-se por solos eutróficos com declividade de 0 a 8%; drenagem acentuada, boa ou forte; pedregosidade ou rocho-

idade abaixo de 3%; profundidade efetiva acima de 100 cm e textura média ou argilosa, neste caso com argilas caulínicas.



Legenda

Zoneamento Sorgo Sacarino - RS

Aptidão Edafoclimática

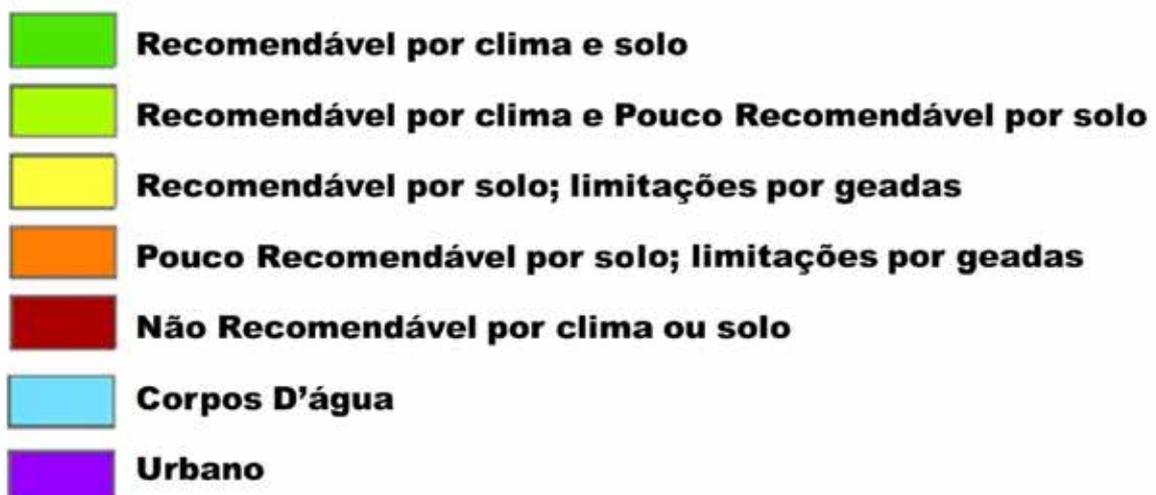


Figura 1. Aptidão edafoclimática do sorgo sacarino no Rio Grande do Sul. A articulação das folhas 1:250.000 apresenta-se a maneira de referência.

A zona de aptidão climática Recomendável com condição edáfica igual ou Pouco Recomendável (tons esverdeados), que atravessa o estado como uma faixa de alguns quilômetros de largura que margeia os rios Ibicuí, Jacuí e Uruguai, é detalhada conforme pares de folhas 1:250.000 (Figuras 2 a 8), respeitando uma sequência que começando, no leste, nas folhas Cidreira e Gravataí (Figura 2), avança para oeste, folhas Caxias do Sul – Porto Alegre (Figura 3), folhas Cachoeira do Sul – Santa Maria (Figura 4), folhas Santiago – São Gabriel (Figura 5) e Alegrete – São Borja (Figura 6), então desviando para Nordeste com as folhas Santa Rosa – Santo Ângelo (Figura 7), terminando nas folhas Chapecó – Cruz Alta (Figura 8). Tal zona determina a região gaúcha com aptidão edafo-climática favorável para cultivo de cana-de-açúcar, sendo sugerido cultivo de sorgo sacarino na entressafra (Durães, 2011). Mas, já que o sorgo sacarino demonstra, geralmente, aptidão edafo-climática um nível acima, em relação à cana-de-açúcar, poderá ser implantado em outras zonas, sempre evitando-se a ocorrência de geadas.

As folhas Gravataí e Cidreira mostram uma transição abrupta de altitude acima de 800 m para terras planas, com altitude da ordem do 0 a 100 m, derivando em escassa área de transição, expressa pelas cores amarela e laranja (Figura 2). Já a faixa de clima favorável e solos Recomendáveis ou Pouco Recomendáveis nas margens dos rios Ibicuí e Jacuí, em cores esverdeadas, detalha-se nas Figuras 3, 4 e 5, e nas folhas restantes (Figuras 6, 7 e 8) se visualiza vasta área para plantio de sorgo sacarino na Fronteira Oeste, margens do Rio Uruguai. Confirmando essa regra, a folha Cruz Alta apresenta limitações por geadas na maior parte do território (Figura 8).

Os dados relacionados à aptidão climática e edáfica e aspectos cartográficos como os limites das folhas 1:250.000 e dos municípios gaúchos foram armazenados em sistema de informação geográfica no Laboratório de Planejamento Ambiental da Embrapa Clima Temperado. Essa base é um produto do projeto, que permite elaborar figuras como as apresentadas ou mapas. Nesse sentido também é possível a construção de produtos digitais, como camadas de informação em formato vetorial, e, inclusive, incorporar elas, parcial ou integralmente, em bancos de dados de domínio público.

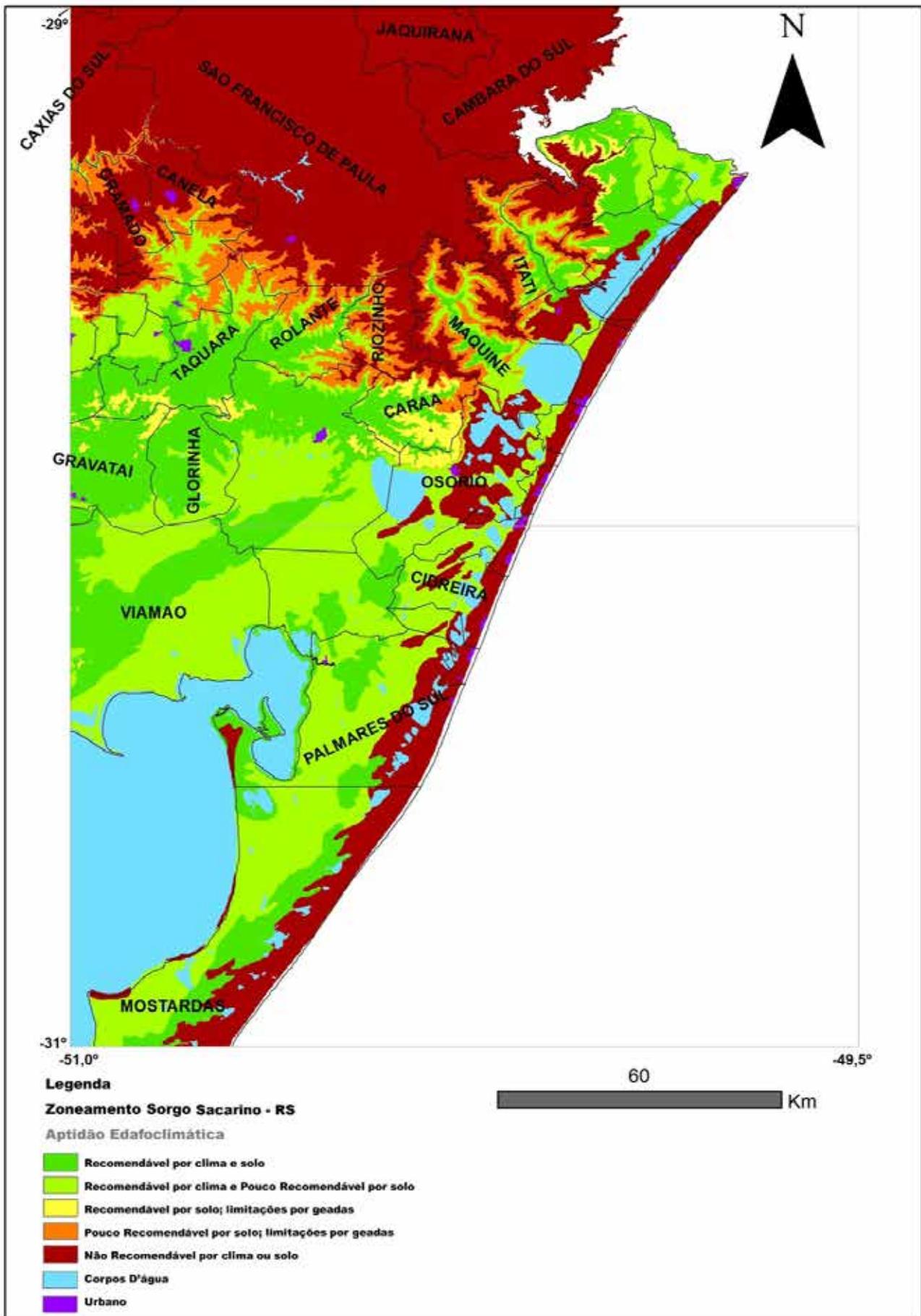


Figura 2. Aptidão edafoclimática do sorgo sacarino nas folhas 1:250.000 Cidreira (Sul) e Gravataí (Norte). Alguns municípios são indicados como referência.

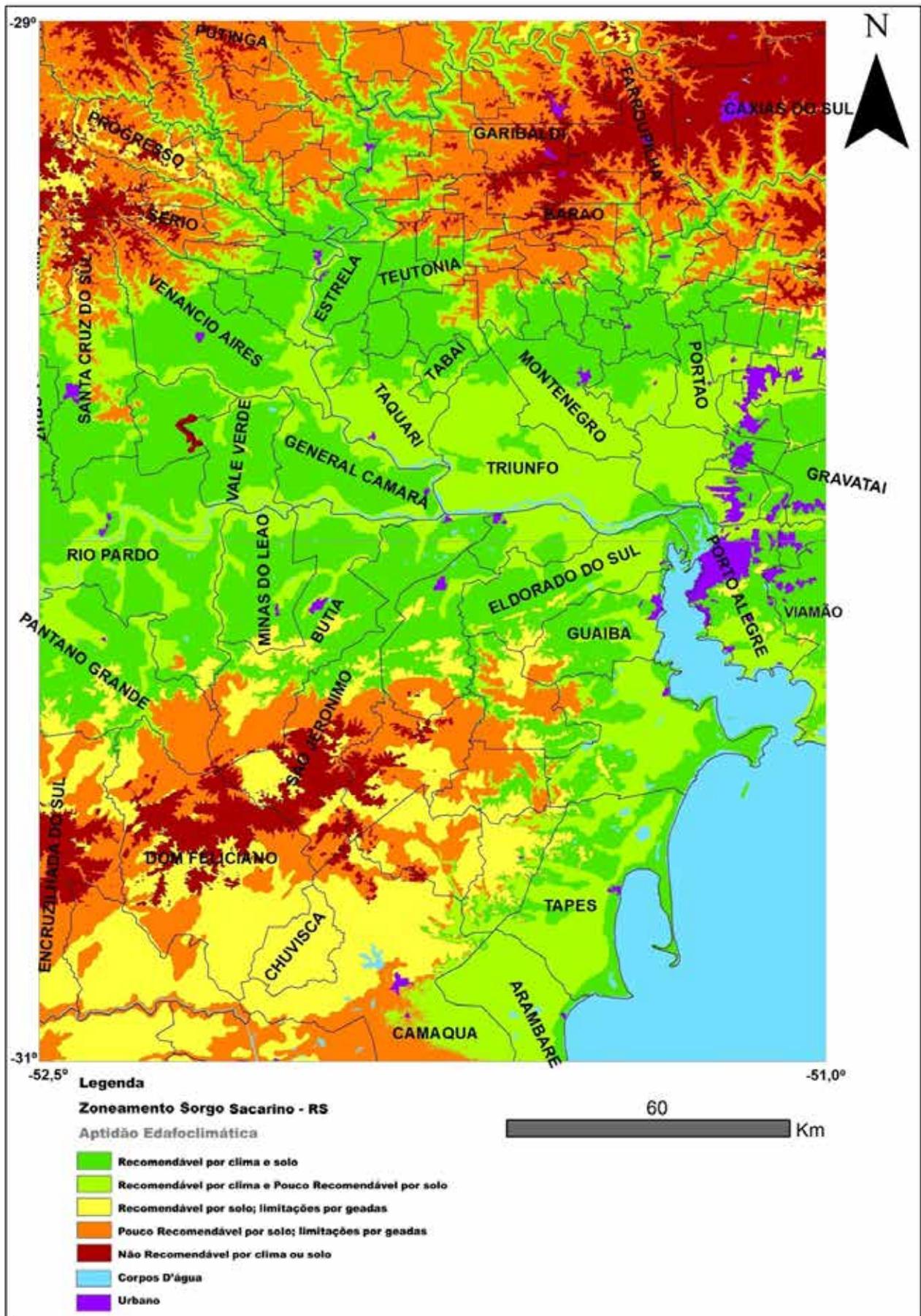


Figura 3. Aptidão edafoclimática do sorgo sacarino nas folhas 1:250.000 Caxias do Sul (Sul) e Porto Alegre (Norte). Alguns municípios são indicados como referência.

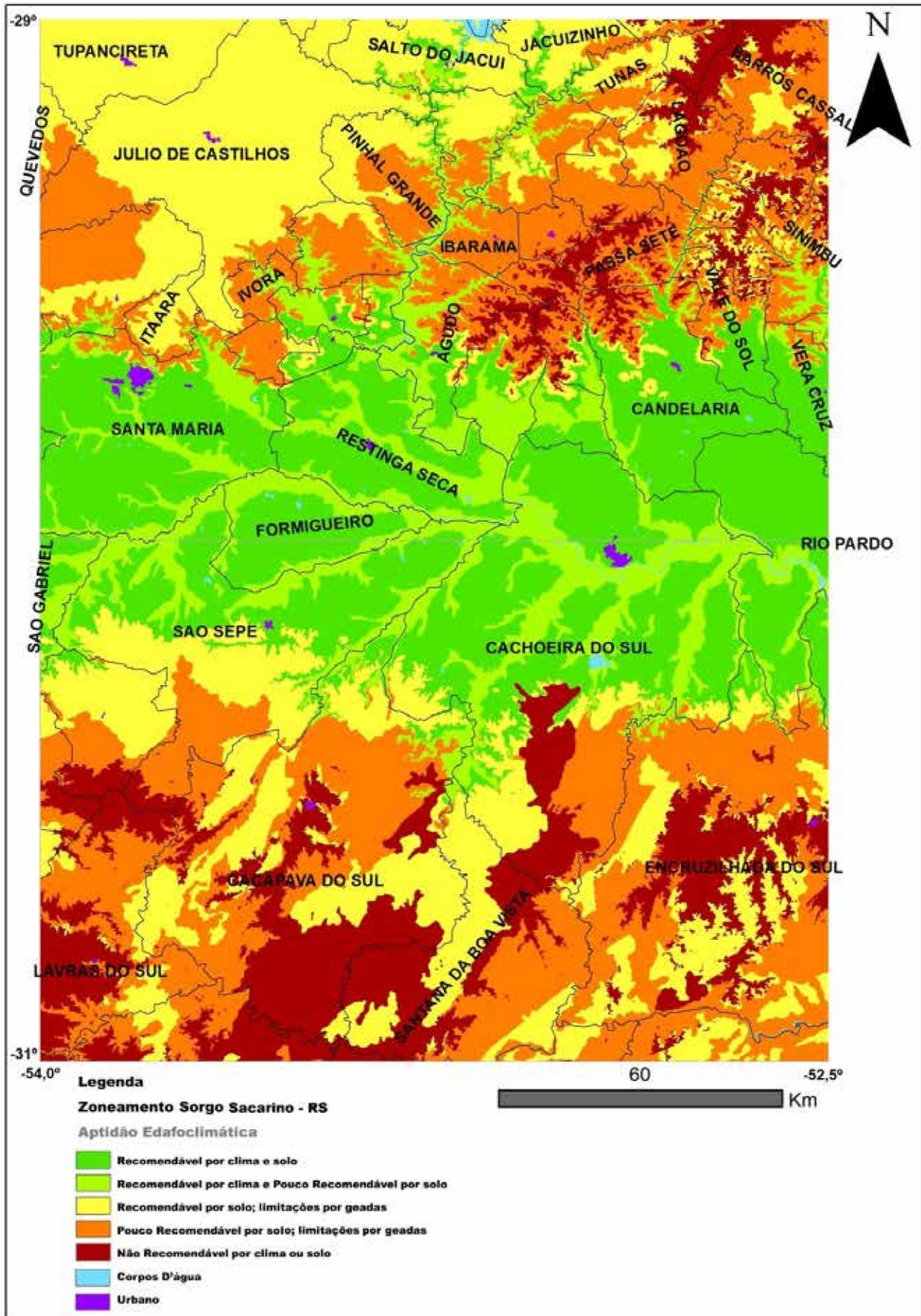


Figura 4. Aptidão edafoclimática do sorgo sacarino nas folhas 1:250.000 Cachoeira do Sul (Sul) e Santa Maria (Norte). Alguns municípios são indicados como referência.

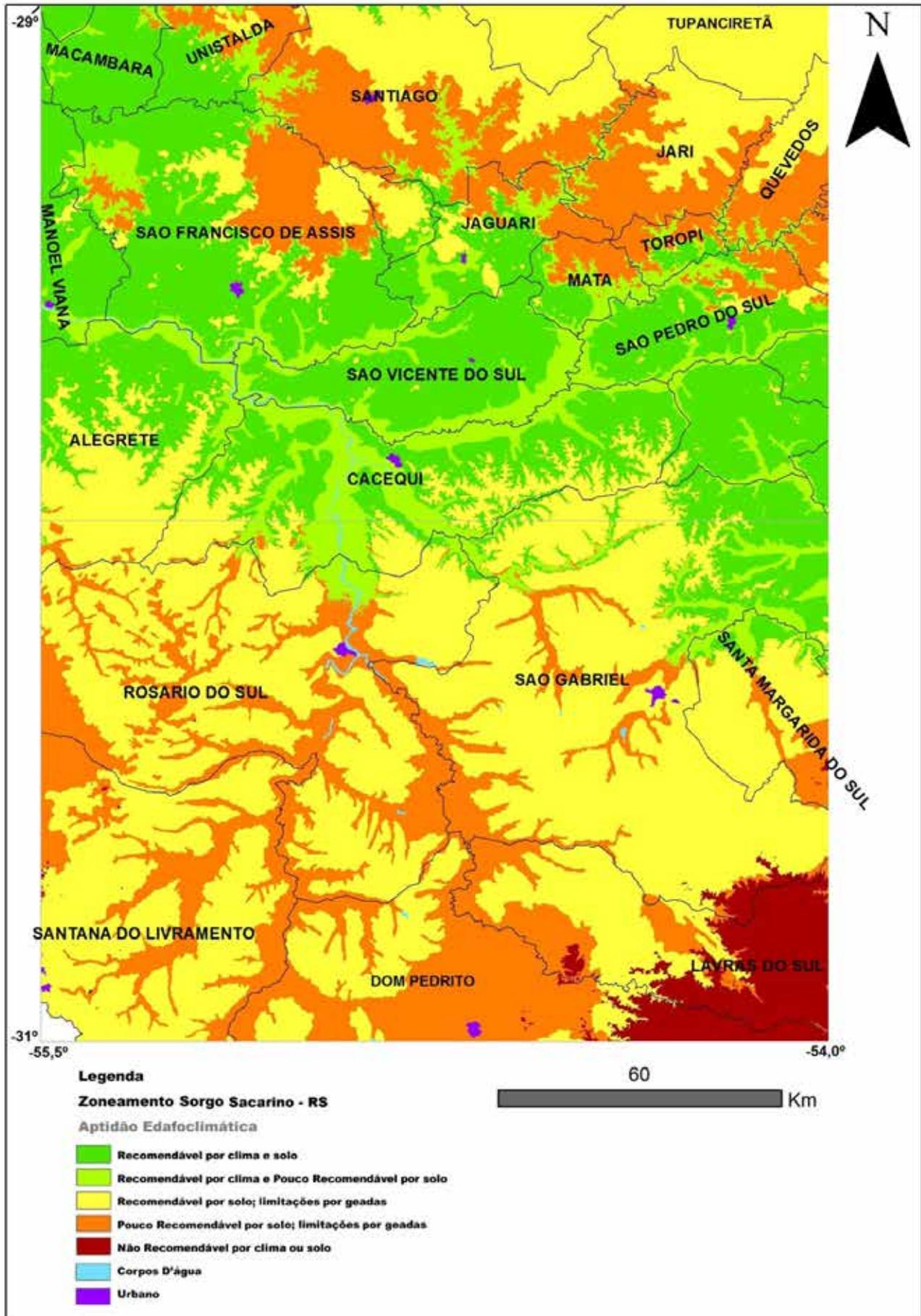


Figura 5. Aptidão edafoclimática do sorgo sacarino nas folhas 1:250.000 Santiago (Norte) e São Gabriel (Sul). Alguns municípios são indicados como referência.

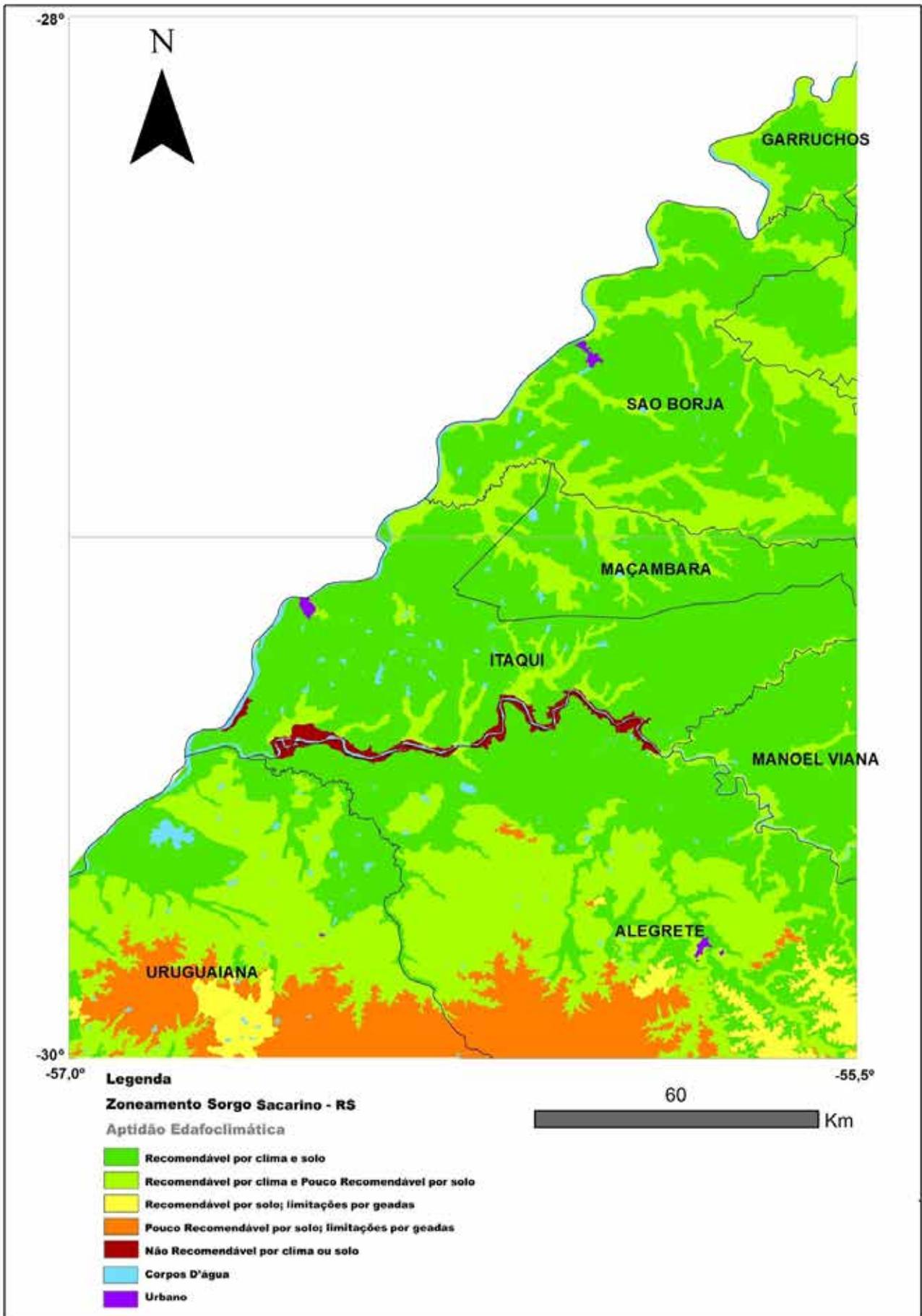


Figura 6. Aptidão edafoclimática do sorgo sacarino nas folhas 1:250.000 Alegrete (Sul) e São Borja (Norte). Alguns municípios são indicados como referência.

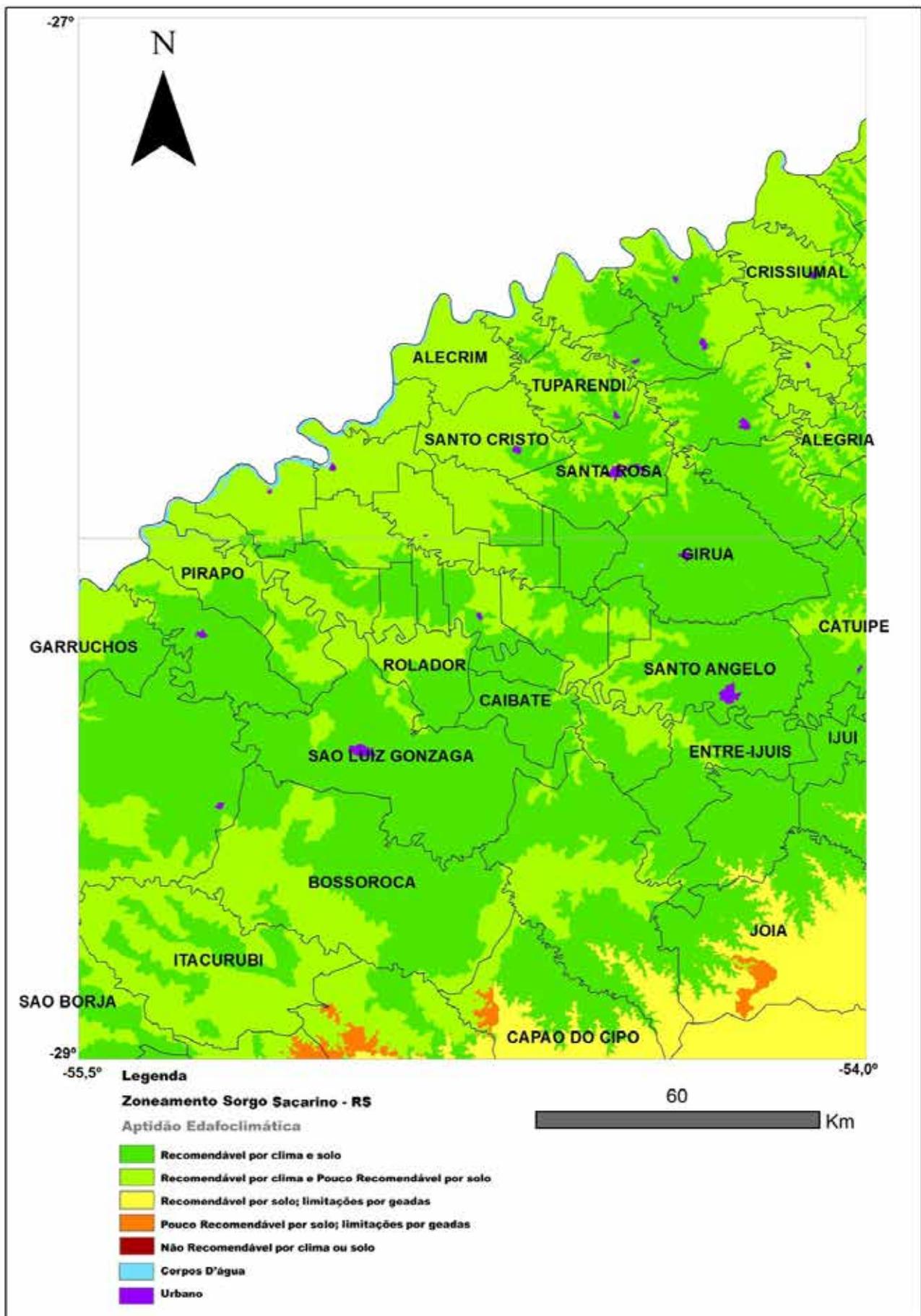


Figura 7. Aptidão edafoclimática do sorgo sacarino nas folhas 1:250.000 Santo Ângelo (Sul) e Santa Rosa (Norte). Alguns municípios são indicados como referência.

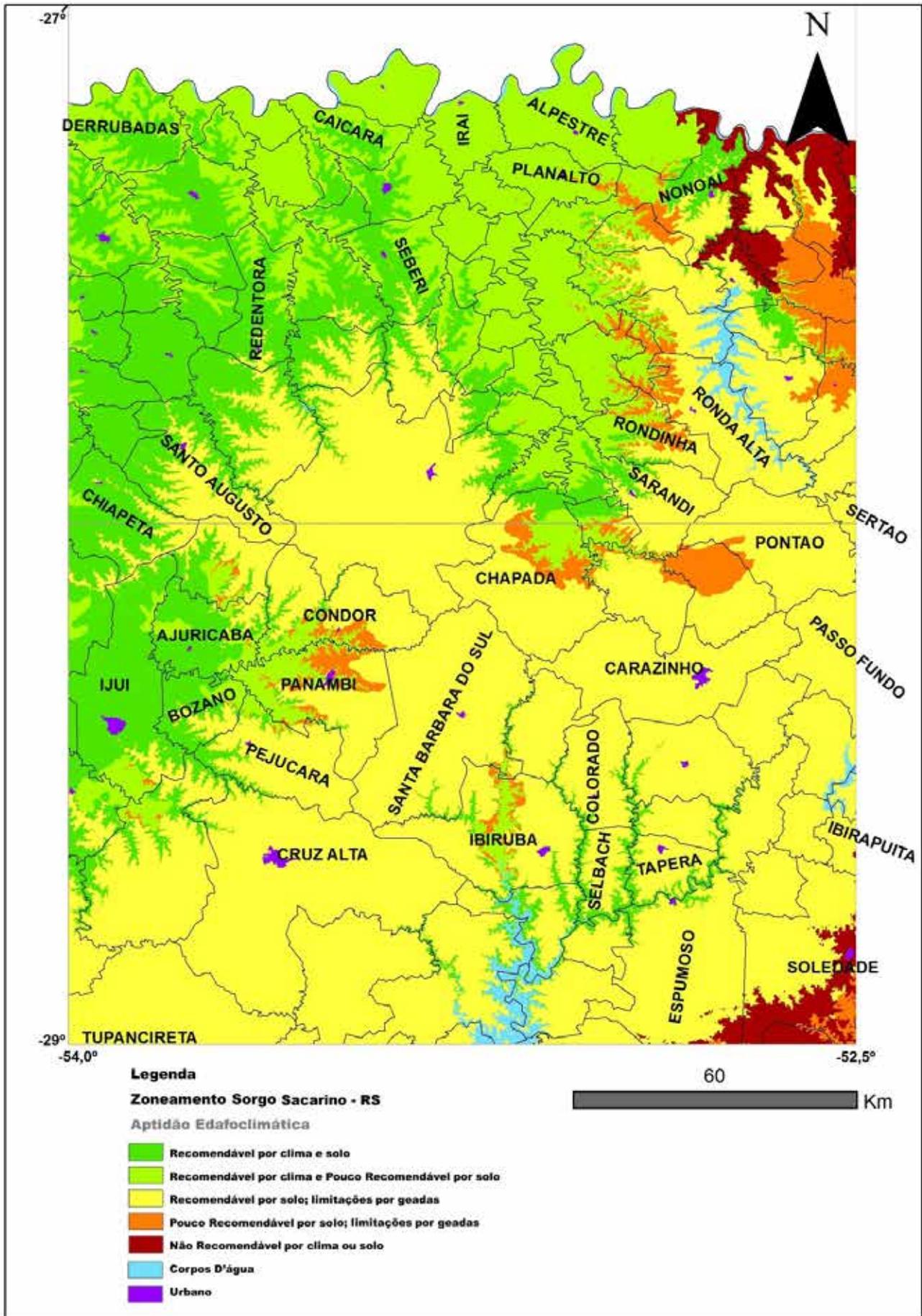


Figura 8. Aptidão edafoclimática do sorgo sacarino nas folhas 1:250.000 Chapeco (Norte) e Cruz Alta (Sul). Alguns municípios são indicados como referência.

Considerações finais

O Estado do Rio Grande do Sul apresenta aptidão edafoclimática Recomendável para o cultivo de sorgo sacarino em 56.037 km², sendo que, com condição do solo algo inferior (Pouco Recomendável), em 40.078 km², representando, respectivamente 19,9% e 14,2% do território estadual. Essa zona margeia os principais rios gaúchos, Ibicuí, Jacuí e Uruguai.

Já a área com limitações por geadas atinge 67.256 km² ou 23,9% do território para solos com aptidão Recomendável e, no caso de solos com aptidão Pouco Recomendável, os números são 50.425 km² ou 17,9%.

A escala de trabalho 1:250.000 significa que 1 cm no mapa corresponde a 2,5 km em campo. Mediante avaliações em tela, considerando-se corpos d'água no mapa e os limites municipais, conferiu-se imprecisão da ordem de 1.500 m por estatística convencional. Assim, especialmente nas zonas de transição entre classes de aptidão, por exemplo, nas folhas Cidreira e Gravataí, onde há variação abrupta de classes em alguns locais, deve-se manter cautela na hora de tomada de decisões.

Finalmente, deve-se mencionar a influência do microclima, que envolve aspectos como a posição solar e a direção dos ventos, usualmente relacionados ao relevo, que não foram considerados, em função da escala de trabalho. As áreas de conservação também devem ser consideradas como áreas Não Recomendadas (Sistema Estadual de Unidades de Conservação, 2016).

Épocas de Semeadura

Beatriz Marti Emygdio
Ana Paula Schneid Afonso da Rosa

A disponibilização de cultivares produtivas e a implantação de um sistema adequado de manejo para cultura do sorgo sacarino, para entressafra da cana-de-açúcar ou para áreas de reformas e de expansão de canaviais, constituem-se nos fatores críticos para inserção do sorgo sacarino no setor sucroalcooleiro nacional (Durães et al., 2012). Segundo May et al. (2012), a definição da melhor época de semeadura, para cada região, é um dos aspectos que afeta diretamente a produtividade e viabilidade da cultura.

Muitos trabalhos vêm sendo desenvolvidos, em diferentes regiões do Brasil, com o intuito de avaliar o efeito de épocas de semeadura sobre o desempenho de cultivares de sorgo sacarino para produção de etanol (Fernandes et al., 2014; Emygdio et al., 2014; Moraes et al., 2014; Bandeira et al., 2014; Fiorini et al., 2016).

No Rio Grande do Sul, Barros et al. (2013) e Bandeira et al. (2013) verificaram grande influência de diferentes épocas de semeadura sobre o desempenho de cultivares de sorgo sacarino para produção de etanol no estado. Emygdio et al. (2015) e Emygdio et al. (2016) verificaram que o retardo na época de semeadura afeta negativamente as variáveis agrônômicas e industriais associadas à produção de etanol, e que semeaduras tardias, na metade sul do Rio Grande do Sul, podem comprometer a viabilidade econômica da cultura.

Além disso, Bandeira et al. (2016), ao estudarem o efeito de três épocas de semeadura sobre cultivares de sorgo sacarino, na região central do RS, verificaram que o atraso na época de semeadura promove aumento no número de dias para o fechamento do ciclo das cultivares, afetando o período em que a matéria-prima fica disponível para ser processada.

Para que se tenha disponibilidade de matéria-prima de sorgo sacarino para abastecer as usinas na entressafra da cana-de-açúcar, a cultura deveria ser colhida entre os meses de dezembro e abril. Considerando-se que, em média, a cultura do sorgo sacarino tem um ciclo de 120 dias, a semeadura deveria ocorrer então a partir de agosto, o que no RS é pouco provável, em razão do frio e das baixas temperaturas do solo nesse período, inviabilizando o estabelecimento adequado da cultura em grande parte do estado. No entanto, é possível semear sorgo entre os meses de setembro e janeiro, disponibilizando matéria-prima para processamento nas usinas entre os meses de janeiro e maio, período que coincide, em grande parte, com a entressafra da cana-de-açúcar (Figura 1).



Figura 1. Período de plantio e colheita de sorgo sacarino, para disponibilização de matéria-prima na entressafra da cana-de-açúcar, no RS.

Estudos realizados no RS, comparando diferentes épocas de semeaduras, em diferentes regiões e com diferentes cultivares, quanto a parâmetros agrônômicos e industriais, revelaram existir diferenças importantes de desempenho produtivo da cultura, em função de épocas de semeadura, inclusive afetando a viabilidade econômica da produção de etanol a partir do cultivo de sorgo sacarino no estado (Emygdio et al., 2015, 2016).

Os autores avaliaram e compararam o desempenho da cultura combinando diferentes ambientes e épocas de semeadura (Figura 2). Esses dados foram compilados e agrupados para demonstrar o efeito do desempenho da cultura à medida que se avança o período de semeadura de setembro a janeiro, cujas colheitas seriam na entressafra da cana-de-açúcar, entre janeiro e maio. Assim, foram consideradas três épocas (períodos) de semeaduras, sendo a primeira época referente a semeaduras realizadas entre setembro e novembro. A segunda época, a semeaduras realizadas entre o primeiro e o segundo decêndio de dezembro; e terceira época, a semeaduras realizadas entre o terceiro decêndio de dezembro e o segundo decêndio de janeiro.

Com base nos resultados obtidos, é possível verificar que o retardo na época de semeadura (da primeira para a terceira época) afeta tanto parâmetros agrônômicos (altura de planta, diâmetro do colmo, produção de biomassa (colmos + folhas + panículas) e produção de massa verde (colmos + folhas), como parâmetros industriais (sólidos solúveis totais e produção de caldo) da cultura (Figura 3).



Fotos: Beatriz Marti Emygdio

Figura 2. Ensaios de avaliação de cultivares de sorgo sacarino em diferentes épocas de semeadura no Rio Grande do Sul. Cultivares em estágio reprodutivo (à esquerda) e ainda em fase vegetativa (à direita).

Na primeira época de semeadura, a produção média de biomassa das cultivares de sorgo sacarino BRS 506 e BRS 511 foram, respectivamente, de 65 t ha⁻¹ e de 52 t ha⁻¹ (Figura 3), desempenho considerado muito bom, comparativamente ao desempenho obtido pela cana-de-açúcar no Rio Grande do Sul, que nas safras 2014/2015 e 2015/2016 teve produtividade média de 54 t ha⁻¹ e de 49 t ha⁻¹, respectivamente (Conab, 2016). Há que se considerar ainda que a cana-de-açúcar leva entre 12 e 18 meses para ser colhida, enquanto que o sorgo sacarino leva apenas 4 meses.

Com base nos estudos de viabilidade econômica feitos por Miranda (2012), considerando-se vários cenários de produção de biomassa e de rendimento de etanol, os índices de produção observados na primeira época de semeadura são considerados de nível médio-alto para cultivar BRS 506 (acima de 60 t ha⁻¹ de biomassa), e médio para a cultivar BRS 511 (entre 50 e 60 t ha⁻¹ de biomassa). Em ambos os cenários, e mesmo com baixo rendimento de etanol (40 L t⁻¹), ainda seria rentável o cultivo do sorgo sacarino. Se, no entanto, a semeadura for realizada na segunda época de semeadura, quando a produção média de biomassa de ambas as cultivares reduziu drasticamente, caindo para 42 t ha⁻¹ (cultivar BRS 506) e para 43 t ha⁻¹ (cultivar BRS 511), o desempenho de ambas passa a ser de baixo rendimento, e os riscos do cultivo, certamente, tornam-se mais elevados. Nesse caso, a viabilidade econômica só seria possível com a obtenção de altos rendimentos de etanol, que compensariam os baixos rendimentos de biomassa, o que é pouco provável, já que a produção de caldo e o teor de sólidos solúveis totais também sofrem reduções drásticas à medida que se retarda a época de semeadura (Figura 3).

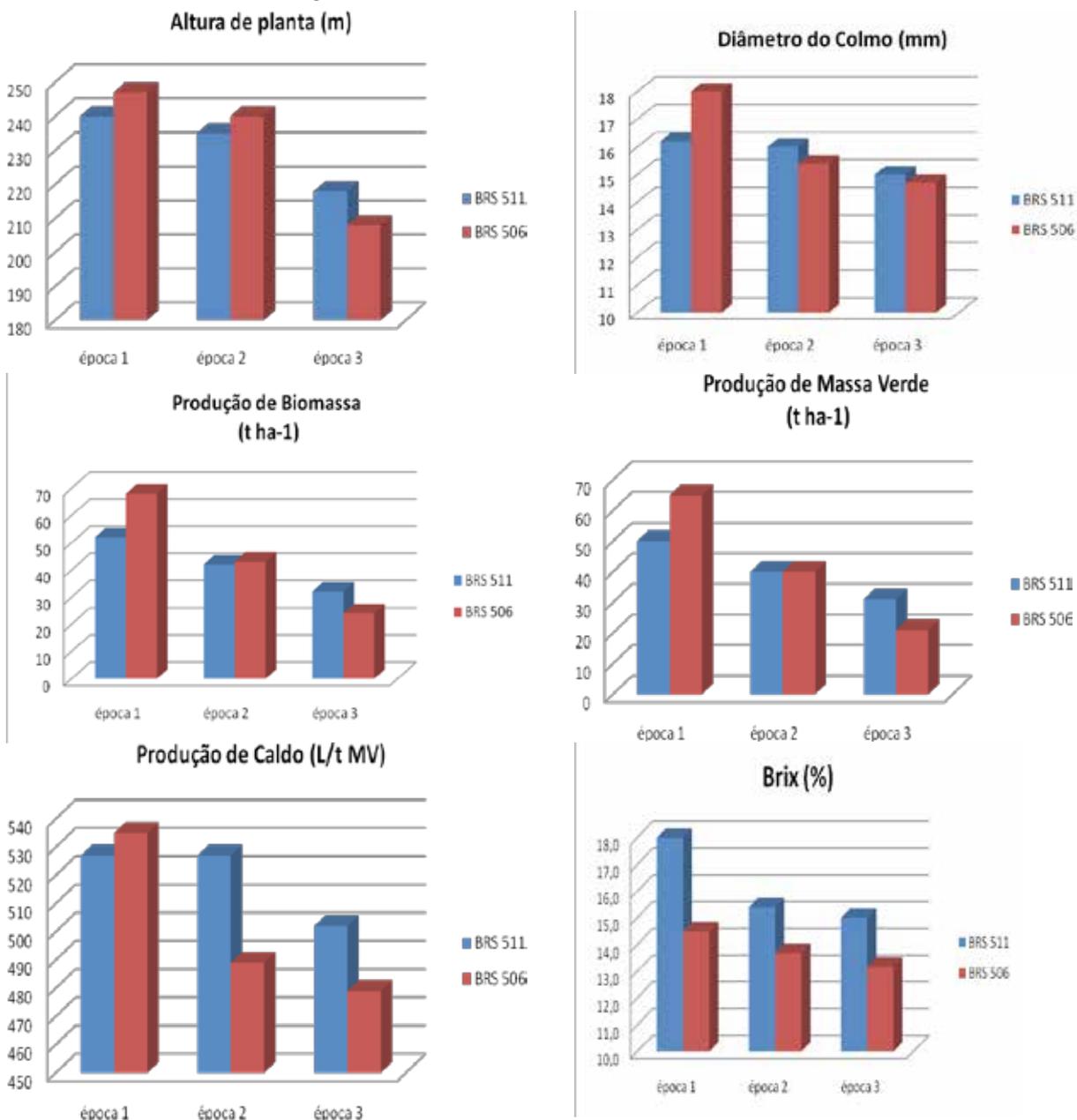


Figura 3. Efeito de épocas de semeadura (primeira época: semeaduras até 30 de novembro; segunda época: 01 dez. a 20 dez.; e terceira época: 21 dez. a 20 jan.) sobre parâmetros agrônômicos e industriais das cultivares de sorgo sacarino BRS 511 e BRS 506, visando à produção de etanol no RS.

Além disso, as metas mínimas de produção de biomassa (50 t ha^{-1}) e de teor de sólidos solúveis totais (14,3%), preconizadas para a cultura (Durães et al., 2012), só foram alcançadas na primeira época de semeadura, reforçando a importância da definição de épocas de semeadura para cada cultivar e região, visando viabilizar o cultivo de sorgo sacarino para produção de etanol (Figura 3).

Com base nesses resultados, a época de semeadura preferencial, visando a produção de etanol no Rio Grande do Sul a partir de sorgo sacarino, é entre os meses de setembro e novembro. O estabelecimento da cultura nesse período permitiria a disponibilização de matéria-prima para as usinas entre os meses de janeiro e março. A cultura pode também ser estabelecida nesse período, visando disponibilizar matéria-prima para microdestilarias e para áreas em que a cana-de-açúcar apresenta restrições de cultivo e/ou que não tenham sido contempladas no zoneamento de riscos climáticos para cana, especialmente na metade sul do RS.

Semeaduras tardias, entre dezembro e janeiro podem comprometer a viabilidade econômica da cultura.

Arranjo de plantas para cultivo de sorgo sacarino no RS

Beatriz Marti Emygdio
Lilia Sichmann Heiffig Del Aguila
Ricardo Valgas

A crescente alta nos custos de produção vem afetando o setor sucroenergético brasileiro que, por sua vez, desdobra-se para encontrar soluções que possam minimizá-los, como o aumento de rendimento agrícola e industrial (Fernandes et al., 2014).

Entre os aspectos que podem afetar consideravelmente o desempenho da cultura do sorgo sacarino, destaca-se o arranjo de plantas. Trabalhos sobre o manejo do arranjo de plantas na cultura apresentam resultados muito contrastantes, quer seja em função da definição da melhor combinação população de plantas x espaçamento entre linhas, quer seja quanto a qual desses fatores exerce maior influência sobre parâmetros agrônômicos e industriais da cultura. Enquanto alguns autores verificam pouca ou nenhuma influência do aumento na população de plantas sobre as principais variáveis de produção, nem grandes efeitos da redução do espaçamento entre linhas (May et al., 2012a; Fernandes et al., 2014; Câmara; Medeiros, 2013), outros verificam o oposto (Albuquerque et al., 2012).

Quando cultivado em grande escala, geralmente em usinas que processam cana-de-açúcar, o sorgo sacarino tem sido semeado com espaçamentos variados, geralmente em linhas duplas ou triplas, de modo a adaptar o cultivo para o uso de colhedoras de cana-de-açúcar (May et al., 2012). No entanto, estudos têm demonstrado não haver vantagem alguma na adoção de linhas múltiplas (duplas ou triplas) sobre a produção de biomassa e teor de Brix, sendo vantajoso adotar linhas simples, desde que o espaçamento entre elas permita o uso de colhedoras de cana-de-açúcar (Adams et al., 2015).

Por outro lado, quando cultivado em menor escala, na pequena propriedade e ou para processamento em usinas de pequeno porte, onde a colheita da biomassa total é feita por meio de ensiladeiras automotrizes ou acopladas a tratores, tem sido adotado o cultivo em linhas simples. Não existe uma recomendação padrão sobre densidade de semeadura para cultivares de sorgo sacarino. Primeiro, porque cada cultivar responde de forma diferenciada ao aumento na população de plantas por hectare; e, segundo, porque pode existir forte interação entre densidade de plantas e espaçamento entre linhas. Esses, por sua vez, são fatores que também interagem em resposta a diferentes ambientes e épocas de semeadura, tornando bastante complexa a definição do melhor arranjo de plantas para uma determinada cultivar.

De acordo com May et al. (2012), a população de plantas mais recomendada para sorgo sacarino é de 120 mil a 130 mil plantas por hectare, para materiais que perfilham pouco no verão, devendo ser reduzido para 110 mil plantas por hectare, quando a semeadura for realizada a partir de fevereiro/março, em razão da maior probabilidade de perfilhamento das plantas nessa época. Já Albuquerque et al. (2012) verificaram respostas positivas, com incremento em produção de biomassa e de caldo, à medida que se aumentou a densidade de 100 mil para 220 mil plantas por hectare. No Rio Grande do Sul, a situação é um pouco diferente, inclusive porque semeaduras em fevereiro e março não são possíveis. Trabalhos realizados no estado confirmam a influência do arranjo de plantas sobre o desempenho da cultura (Emygdio et al., 2017).

Interação entre arranjo de plantas e ambientes

Cultivares de sorgo sacarino da Embrapa, BRS 506, BRS 509 e BRS 511, foram avaliadas quanto a caracteres agrônômicos e industriais, em diferentes ambientes e safras, combinando-se diferentes densidades de semeadura e espaçamentos entre linhas (Figura 1). De maneira geral, as diferenças ambientais exerceram maior influência sobre o desempenho das cultivares, para um mesmo caráter, do que propriamente os diferentes arranjos de plantas. A magnitude dessas diferenças também chamou atenção. Para uma mesma cultivar em um mesmo tratamento, ou seja, mesmo espaçamento entre linhas e mesma população de plantas, algumas diferenças observadas entre ambientes foi próxima ou superior ao dobro, especialmente para produção de biomassa e de colmos (Emygdio et al., 2017).

Resultados contrastantes também foram observados. Por exemplo, a densidade de 160 mil plantas por hectares, em espaçamento de 70 cm entre linhas, para uma dada cultivar, promoveu o melhor desempenho para altura de planta e produção de biomassa em um ambiente. No entanto, em outro ambiente, esse mesmo arranjo de plantas promoveu os piores desempenhos para os mesmos caracteres, demonstrando que as condições ambientais são preponderantes na determinação do potencial produtivo da cultura (Emygdio et al., 2017).

Resultados semelhantes foram observados por Albuquerque et al. (2012), ao avaliarem duas cultivares de sorgo sacarino, em três ambientes de MG, sob diferentes arranjos de plantas. Os autores verificaram influência das diferentes localidades sobre o desempenho das cultivares, independentemente do arranjo de plantas adotado. Da mesma forma, Fernandes et al. (2014), avaliando diferentes arranjos de plantas sobre o desempenho de sorgo sacarino, em diferentes épocas de semeadura, concluíram haver maior influência dessas sobre o desempenho produtivo, em detrimento dos diferentes arranjos de planta testados.



Fotos: Beatriz Marti Emygdio

Figura 1. Sorgo sacarino cultivado em espaçamento de 50 cm (*esquerda*) e de 70 cm entre linhas (*direita*), no Rio Grande do Sul.

Quando a análise recai sobre a influência dos diferentes arranjos de plantas sobre caracteres agrônômicos e industriais da cultura, em experimentos conduzidos no RS, poucas diferenças são observadas e somente em alguns ambientes. De maneira geral, os piores desempenhos foram obtidos com densidade de 120 mil plantas por hectare no espaçamento de 50 cm entre linhas (Emygdio et al., 2017).

Diâmetro do colmo e produção de caldo foram os caracteres menos afetados pelas variações de densidade de plantas e espaçamentos entre linhas. Por outro lado, os caracteres mais afetados não foram exatamente os mesmos para diferentes cultivares, reforçando que a recomendação do melhor arranjo de plantas deve ser definido para cada cultivar, já que essas respondem de forma

diferenciada às variações, em função, principalmente, da arquitetura de plantas, plasticidade e capacidade de perfilhar.

Arranjo de planta para as cultivares BRS 506, BRS 509 e BRS 511

Tendo em vista que cada cultivar responde de forma diferenciada às variações no arranjo de plantas, tornam-se necessárias recomendações específicas do melhor arranjo de plantas, capazes de maximizar o potencial produtivo de cada uma delas, visando à produção de etanol no Rio Grande do Sul.

Nas Figuras 2 e 3, encontram-se os desempenhos médios de cada cultivar (Emygdio et al., 2017), para cada carácter, considerando-se um conjunto de ambientes no RS, em resposta a variações no espaçamento entre linhas (50 cm e 70 cm), para ambas densidades (Figura 2), e em resposta às densidades de plantas (120 mil e 160 mil plantas), para ambos os espaçamentos (Figura 3).

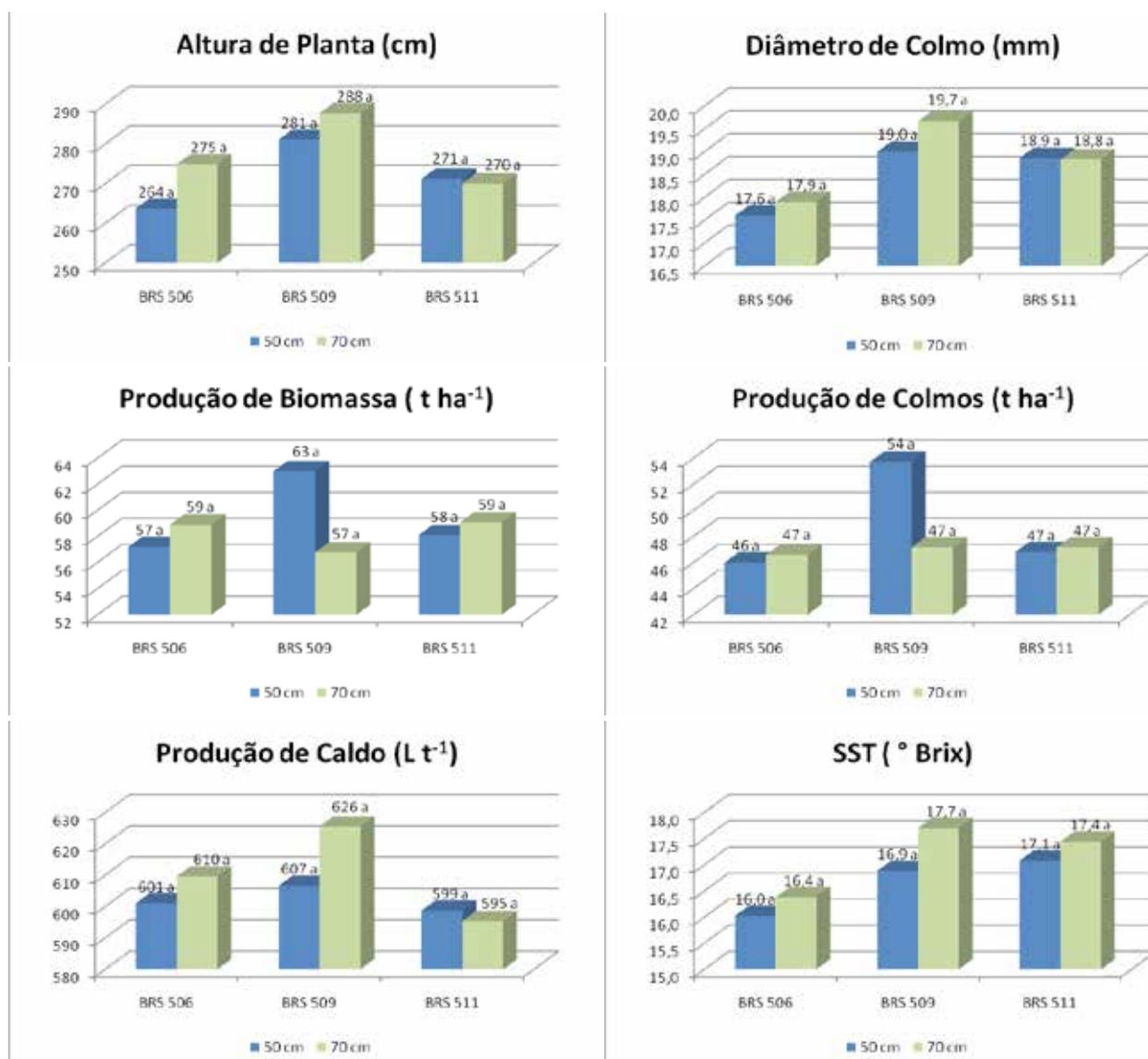


Figura 2. Desempenho médio das cultivares de sorgo sacarino BRS 506, BRS 509 e BRS 511 submetidas a dois espaçamentos entre linhas, reduzido (50 cm) e normal (70 cm), visando a produção de etanol. Fonte: Emygdio et al., 2017.

Analisando-se as Figuras 2 e 3, verifica-se que, para todas as cultivares, e para a maioria dos caracteres avaliados, diferenças foram encontradas, ficando nítida a predominância de desempenhos

superiores sob espaçamento de 70 cm entre linhas, com algumas exceções (especialmente para cultivar BRS 509), e com densidade de semeadura de 160 mil plantas por hectares. Para a cultivar BRS 506, para todos os caracteres avaliados, o melhor desempenho foi obtido com espaçamento de 70 cm entre linhas (Figura 2). No entanto, as diferenças observadas entre os espaçamentos foram pequenas e insuficientes para alterar o nível de produção de biomassa observado em ambos os espaçamentos, na faixa de 50 t ha⁻¹, considerado médio-baixo, de acordo com Miranda (2012). Por outro lado, tanto o espaçamento de 50 cm como o de 70 cm entre linhas permitiram o alcance da meta mínima de produção de biomassa, definida para cultivares da Embrapa, de 50 t ha⁻¹, sendo possível a adoção de um ou outro espaçamento, conforme as necessidades e peculiaridades de cada produtor.

Para o caráter teor de sólidos solúveis totais, que, juntamente com produção de biomassa, compõe os caracteres mais importantes na definição do potencial de uma cultivar de sorgo sacarino para produção de etanol, os diferentes espaçamentos entre linhas não afetaram o desempenho da cultura.

Para a cultivar BRS 509, da mesma forma que para 'BRS 506', houve predomínio de melhores desempenhos sob espaçamento de 70 cm entre linhas (Figura 2). No entanto, para os caracteres produção de biomassa e de colmo, verificou-se o inverso, melhor desempenho sob espaçamento de 50 cm entre linhas. Nesse caso, as diferenças foram tecnicamente significativas, pois permitiram mudanças no patamar de produção de biomassa, que passou de média-baixa (57 t ha⁻¹) para média-alta (63 t ha⁻¹), e de produção de colmos, que passou de baixo (47 t ha⁻¹) para médio-baixo (54 t ha⁻¹), justificando a recomendação do espaçamento de 50 cm entre linhas, já que para teor de sólidos solúveis totais ambos os espaçamentos permitiram °Brix bem acima do mínimo necessário (Figura 2).

Para a cultivar BRS 511 não se verificou diferenças, técnicas e estatísticas, para os diferentes caracteres estudados, quando submetidos aos diferentes espaçamentos entre linhas, sendo possível a adoção de ambos, conforme peculiaridades e conveniências de cada produtor (Figura 2).

Quanto à influência das diferentes densidades de semeadura, verificou-se significância estatística apenas para a cultivar BRS 506, quanto ao caráter produção de colmos, em que o melhor desempenho deu-se com densidade de 160 mil plantas por hectare, e para a cultivar BRS 511, quanto ao caráter produção de caldo, em que o desempenho superior foi obtido com densidade de 120 mil plantas por hectare (Figura 3).

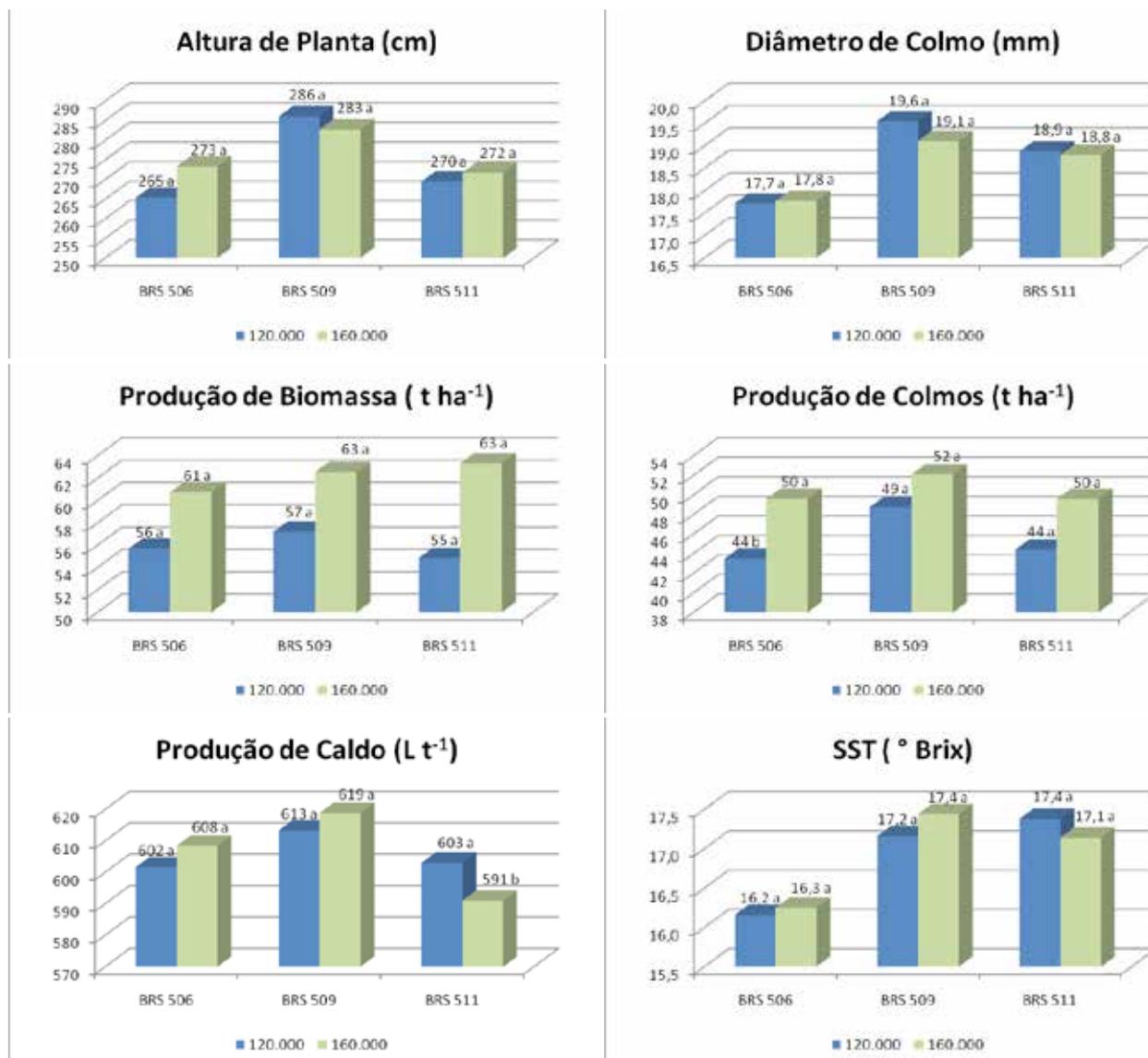


Figura 3. Desempenho médio das cultivares de sorgo sacarino BRS 506, BRS 509 e BRS 511, submetidas a duas densidades de plantas por hectare (120 mil e 160 mil), visando a produção de etanol. Fonte: Emygdio et al., 2017.

Para os caracteres produção de biomassa e produção de colmos, as diferenças não foram estatisticamente significativas; no entanto, foram tecnicamente significativas, já que, para todas as cultivares avaliadas, o aumento na densidade de 120 mil para 160 mil plantas por hectare promoveu mudanças no cenário de produção desses caracteres, refletindo na rentabilidade e na viabilidade econômica da cultura, de acordo com os padrões (cenários) estabelecidos por Miranda (2012). Para as três cultivares, o aumento na densidade de plantas fez com que a produção de biomassa passasse do cenário de médio-baixo rendimento (faixa de 50 t ha⁻¹) para um cenário de médio-alto rendimento (faixa de 60 t ha⁻¹) (Figura 3). O mesmo ocorreu para o caráter produção de colmos, que passou de baixo rendimento (faixa de 40 t ha⁻¹) para médio-baixo, à medida que a densidade passou de 120 mil para 160 mil plantas por hectare.

Aumentos na produção de biomassa de três cultivares de sorgo sacarino, à medida que se elevou a população de plantas, tanto sob espaçamento de 50 cm como de 70 cm entre linhas, também foram observados por Emygdio e Chielle (2013). Albuquerque et al. (2012) verificaram relação linear entre produção de massa fresca, em sorgo sacarino, o aumento na densidade de plantas (de 100 mil para 220 mil) por hectare.

Para os demais caracteres, as diferenças foram muito pequenas e, ainda assim, com predomínio de desempenhos superiores sob densidade de 160 mil plantas por hectare. Para cultivar BRS 509, diferentemente das demais, altura de planta e diâmetro de colmo obtiveram desempenho minimamente superior sob densidade de 120 mil plantas por hectares; no entanto, esses parâmetros, apesar de terem significância estatística, não se traduziram em maiores produções de biomassa e de colmos, como seria esperado (Figura 3).

Há que se considerar, ainda, que teor de sólidos solúveis totais não foi afetado pelas variações de densidade de plantas, e todas as cultivares, em ambas as densidades, alcançaram °Brix superior ao mínimo necessário (14,25) (Figura 3).

Assim, considerando-se os resultados acima expostos, e tendo-se em vista as vantagens conferidas pelo aumento na densidade de plantas para produção de biomassa e de colmos, é recomendável a adoção da densidade de 160 mil plantas por hectare para as cultivares BRS 506, 509 e 511, quando se tratar de cultivo com foco na produção de etanol.

Com base nos resultados apresentados, as condições ambientes exercem influências determinantes no potencial e na viabilidade econômica da cultura no RS.

Da mesma forma, fica evidente que o fator “densidade de plantas” exerce maior influência sobre o potencial produtivo das cultivares BRS 506, 509 e 511, quando comparado ao fator “espaçamento entre linhas”. Resultados contrastantes, no entanto, foram observados por outros autores, ao estudarem o desempenho de cultivares de sorgo sacarino em resposta a diferentes arranjos de plantas (May et al., 2012a; Camara; Medeiros, 2013). Esses verificaram maior influência do espaçamento entre linhas, em comparação à densidade de plantas, sobre o desempenho produtivo de cultivares visando à produção de etanol.

Esses aspectos reforçam a necessidade de estudos constantes acerca do arranjo de plantas para cultivares de sorgo sacarino, tendo em vista serem as recomendações específicas para cada genótipo e fortemente influenciadas pelas condições ambientais.

Manejo de Insetos-praga

Ana Paula Schneid Afonso da Rosa

José Francisco da Silva Martins

Beatriz Marti Emygdio

Lauren Medina Barcelos

A ocorrência de insetos-praga na cultura do sorgo sacarino possui acentuada relevância, pois estão presentes durante todo o ciclo da cultura, resultando em diminuição do estande, vigor da planta e sistema radicular, cooperando para o maior acamamento e redução drástica do índice de colheita.

São diversas pragas que atacam a cultura do sorgo sacarino, porém na parte vegetativa duas espécies têm se destacado, sendo que uma das espécies mais nocivas é a lagarta-do-cartucho *Spodoptera frugiperda* (Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) e a outra é a broca-da-cana *Diatraea saccharalis* (Fabricius, 1794) (Lepidoptera: Crambidae).

Lagarta-do-cartucho – *Spodoptera frugiperda*

Apresenta ampla distribuição no Brasil, ocorrendo em praticamente todos os estados, é considerada praga-chave do sorgo (*Sorghum* sp.) (Portillo et al., 1998), tornando-se uma das mais nocivas pragas em lavouras de sorgo sacarino no Brasil, com perdas de 20% (May, 2013).

Descrição e ciclo de vida

Conhecido popularmente como lagarta-do-cartucho, esse inseto é originário das zonas tropicais abrangendo todo o continente americano. No Brasil, possui ampla distribuição geográfica, ocorrendo em todas as regiões por possuir hábito polígrafo e alta capacidade de dispersão (Sarmiento et al., 2002).

A metamorfose de *S. frugiperda* é completa; inicialmente, os ovos são de coloração verde-clara, colocados em massa cobertos por uma camada de escamas deixadas pelas fêmeas (Cruz, 1995). As lagartas ao eclodirem são esbranquiçadas, porém durante seu crescimento mudam a coloração; após iniciarem a alimentação, são esverdeadas e medem aproximadamente 1,90 mm de comprimento. No último instar, as larvas têm corpo cilíndrico, são marrom-acinzentadas no dorso, esverdeadas na parte ventral e subventral, com manchas de coloração marrom-avermelhada na região subventral, medindo aproximadamente 35 mm e com o Y invertido na parte frontal da cabeça (Figura 1). A lagarta passa por um período de pré-pupa no solo antes de pupar; em seguida após sua formação, a pupa é de coloração verde-clara, sendo transparente o tegumento com as vísceras visíveis. Butt e Cantu (1962) descrevem os caracteres morfológicos nos urômeros genitais (VIII e IX) para caracterizar as diferenças sexuais entre macho e fêmea.

O adulto é uma mariposa que mede, em média, 35 mm de envergadura. Ocorre dimorfismo sexual, sendo que as asas anteriores dos machos possuem manchas mais claras, diferenciando-os totalmente das fêmeas. As asas posteriores de ambos os sexos são de coloração clara, circuladas por linhas marrons. A cópula ocorre à noite e cada mariposa pode colocar mais de 2 mil ovos (Pinto et al., 2004).

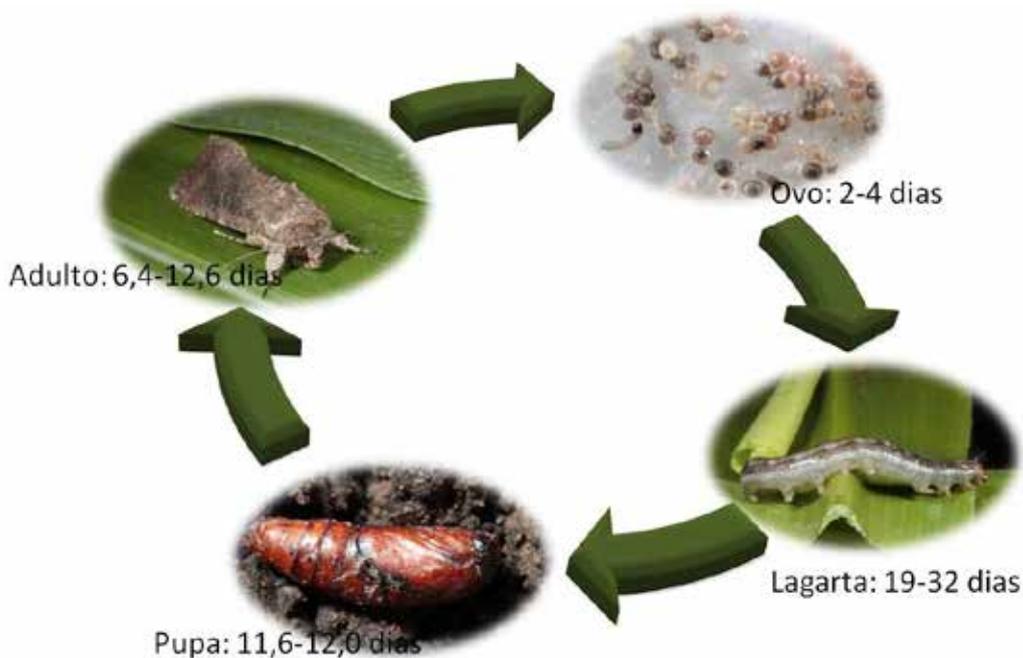
Em estudos conduzidos por Barcelos (2016), a duração do período larval varia de 19,0 a 32,0 dias, quando os insetos se alimentam de cultivares de sorgo sacarino, com três a cinco instares; a fase

de pré-pupa de 1,6 a 2,03 dias, pupa de 11,6 a 12,0 dias e longevidade de adultos de 6,4 a 12,6 dias (Figura 2).



Foto: Paulo Lanzetta

Figura 1. Parte frontal da cabeça de *Spodoptera frugiperda* evidenciando característica de Y invertido.



Fotos: Paulo Lanzetta

Figura 2. Ciclo de vida de *Spodoptera frugiperda* em sorgo sacarino.

Danos

As lagartas raspam o limbo foliar e direcionam-se para o cartucho da planta. As folhas novas são danificadas ainda dentro do cartucho e, quando se abrem, apresentam lesões simétricas nos dois

lados do limbo foliar. É nos dois últimos instares que as lagartas provocam os maiores danos, pois se alimentam de grande quantidade de folhas (Figura 3).

Foto: Ana Paula Afonso da Rosa



A cultura do sorgo apresenta elevada plasticidade, podendo ser implantada até o início do mês de janeiro, no entanto, está sujeita ao ataque de *S. frugiperda* (Figura 4). Observa-se que a presença de adultos dessa espécie é alta no início do mês de janeiro, contudo, mesmo adotando-se estratégias de controle químico precedido do monitoramento preconizado no Manejo Integrado de Pragas, e rotação de ingredientes ativos, a população permanece elevada, durante o período de condução da cultura a campo (Rosa et al., 2017).

Figura 3. Dano de *Spodoptera frugiperda* em sorgo sacarino.

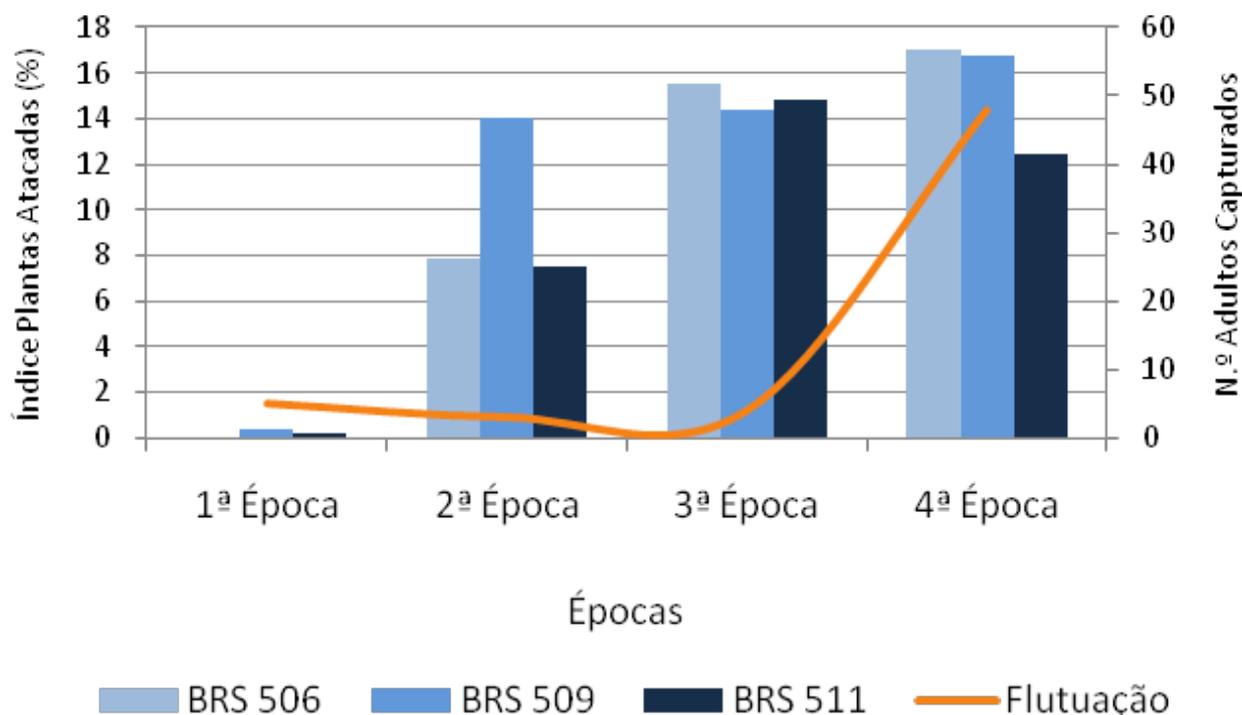


Figura 4. Índice de plantas de sorgo sacarino atacadas (IPA) por lagartas de *Spodoptera frugiperda* e flutuação populacional de mariposas capturadas em armadilhas com feromônio. Safra 2013/2014. Capão do Leão, RS.

Controle

O controle de *S. frugiperda* na cultura do sorgo é realizado basicamente com controle químico. Atualmente, estão disponíveis 24 produtos para controle da praga na cultura do sorgo (Agrofit, 2018) (Tabela 1). O controle deve ser realizado com base no monitoramento com feromônio sexual sintético ou avaliação visual das plantas.

Para o monitoramento com feromônio, deve-se utilizar, no mínimo, uma armadilha por hectare e o nível de controle ocorre quando a armadilha capturar, pelo menos, três mariposas (Figura 4). A aplicação de inseticidas deve ser realizada 10 dias após essa amostragem, quando as lagartas ainda estiverem pequenas, tornando-se alvo mais fácil para o controle.



Foto: Ana Paula Afonso da Rosa

Figura 4. Armadilha tipo delta, com feromônio sexual sintético, para monitoramento de adultos de *Spodoptera frugiperda*.

Para avaliação visual, devido à semelhança ao ataque e às perdas ocasionadas em milho, sugere-se para o sorgo sacarino níveis de controle semelhantes aos adotados para a cultura do milho, ou seja, em torno de 20% de plantas com lagartas pequenas.

Tabela 1. Produtos registrados para controle de *Spodoptera frugiperda* na cultura do sorgo sacarino.

Nome Comercial	Ingrediente Ativo
Ampligo	Clorantraniliprole + lambda-cialotrina
Antrimo	Teflubenzuom
Avatar	Indoxicarbe
Bio Spodoptera	Acetato de (Z)-11-hexadecenila + acetato de (Z)-7-dodecenila
Bold	Acetamiprodo+fenpropatrina
Clorpirifós Fersol 480 EC	Clorpirifós
Clorpirifós Sabero 480 EC	Clorpirifós
Cropstar	Imidacloprido+tiodicarbe
Cyman	Cipermetrina
Decis 25 EC	Deltameterina
Eforia	Lambda-cialotriana+tiametoxam
Engeo Pleno	Lambda-cialotriana+tiametoxam
Futur 300	Tiodicarbe
Imunit	Alfa-cipermetrina+teflubenzuom
Kalontra	Teflubenzuom
Lorsban 480 BR	Clorpirifós
Nomolt 150	Teflubenzuom
Platinum Neo	Lambda-cialotriana+tiametoxam
Premio	Clorantraniliprole
Tracer	Espinosade
Vexter	Clórpifós
Voraz	Metomil+Novaluom
Wild	Clórpifós
Xentari	Bacillus thuringiensis

Fonte: Agrofit (2018).

A aplicação deve ser realizada com alto volume de calda, para que o inseto alojado no interior do cartucho seja atingido, bem como deverá ser preconizada a utilização de produtos seletivos aos inimigos naturais.

Broca-da-cana – *Diatraea saccharalis*

Diatraea saccharalis é a espécie do gênero *Diatraea* mais amplamente distribuída, ocorrendo desde o sul dos EUA até o norte da Argentina (Box, 1931). A broca da cana-de-açúcar é considerada uma praga polífaga, no entanto, suas principais plantas hospedeiras são cana-de-açúcar, arroz, sorgo sacarino, milho, entre outras poáceas (Ingran; Bynum, 1941).

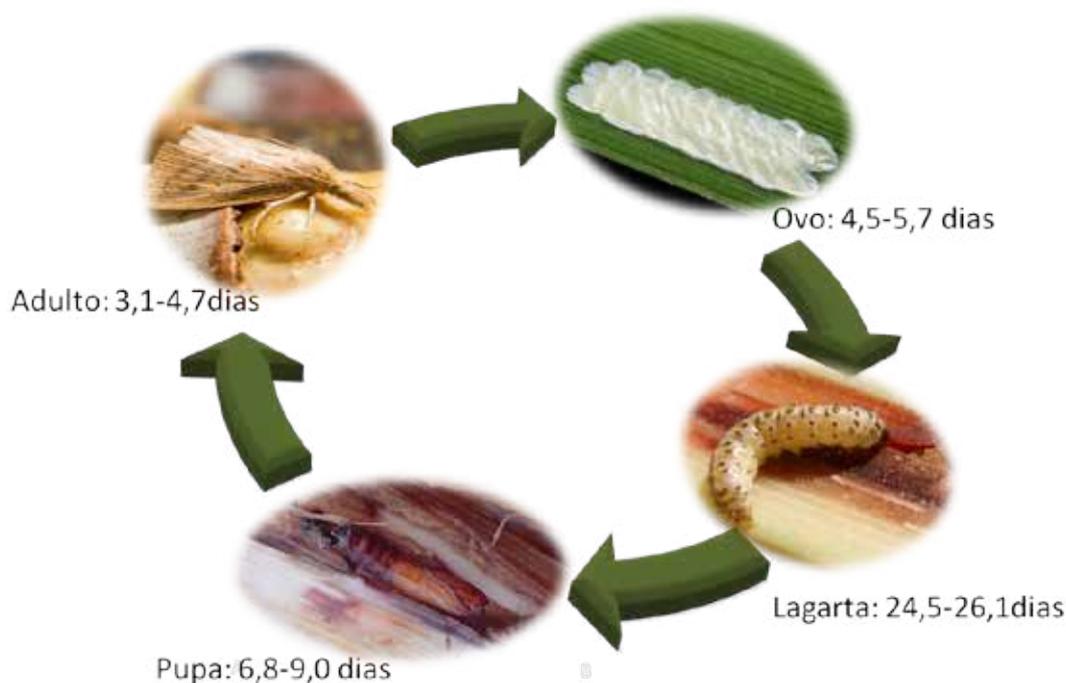
Descrição e ciclo de vida

O ciclo de vida de *D. saccharalis* apresenta desenvolvimento holometabólico (Figura 5). Os ovos são de coloração esbranquiçada, tornando-se laranjas com pontos marrons, momento em que as cápsulas cefálicas dos embriões dentro dos ovos tornam-se visíveis, com forma oval, assemelhando-se a escamas de peixe (Cruz, 2007).

As lagartas apresentam cor esbranquiçada, com pontuações pelo dorso e cápsula cefálica larga e marrom. Possuem três pares de pernas torácicas, quatro pares de falsas pernas abdominais e um par de falsas pernas anais, alcançando um tamanho máximo de 30 mm (Botelho; Macedo, 2002).

A fase de pupa tem período variável e é obtecta, e os apêndices corporais estão fortemente ligados ao corpo, podendo ser distinguidos. Nas pupas, as asas podem ser vistas na região mesoventral, encontram-se abertas e alcançam o quarto segmento abdominal; o poro genital está na parte terminal do abdome, que, quando observada sob microscópio estereoscópico, permite a diferenciação sexual. As pupas recém-formadas são brancas e em poucas horas tornam-se marrons. As que originarão fêmeas são maiores e mais pesadas que as que originarão machos (Botelho; Macedo, 2002).

O adulto é uma mariposa com cor de palha e envergadura de 25 mm. A asa anterior possui numerosas linhas estreitas de coloração marrom, que se estendem ao longo da mesma. A asa posterior da fêmea é mais clara do que a do macho. As pernas são curtas, com tarsos pentâmeros e fêmur longo, com dois esporos nas tíbias dos dois primeiros pares de pernas e quatro no último; o segundo par de pernas é mais longo que os demais. Nessa fase, são insetos noturnos, permanecendo escondidos durante as horas de luz do dia. A oviposição começa ao entardecer e continua ao longo da noite. As fêmeas podem depositar ovos por até quatro dias (Cruz, 2007).



Fotos: Paulo Lanzetta e Vinícius Sturza

Figura 5. Ciclo de vida de *Diatraea saccharalis* em sorgo sacarino.

Danos

As lagartas perfuram os colmos, abrindo galerias (Figura 6), causando prejuízos diretos e indiretos. Os danos diretos são decorrentes da alimentação do inseto nos tecidos da planta e se caracterizam por abertura de galerias, falhas na germinação, morte da gema apical, tombamento dos colmos, encurtamento do entrenó, perda de peso, enraizamento aéreo e germinação das gemas laterais. E os danos indiretos ocorrem mediante a entrada de microrganismos oportunistas, principalmente fungos *Fusarium moniliforme* Sheldon, 1904, e *Colletotrichum falcatum* Went, 1893 responsáveis pela podridão-vermelha (Pinto et al., 2004).



Fotos: Beatriz Marti Emygdio

Figura 6. Danos de lagartas de *Diatraea saccharalis* em sorgo.

Controle

O controle de *D. saccharalis* em cana-de-açúcar tem sido feito por meio de agentes biológicos. Para a fase de ovo, é recomendada a utilização do parasitoide *Trichogramma galloi* Zucchi, 1988 (Hymenoptera: Trichogrammatidae), e para a fase larval o parasitoide *Cotesia flavipes* (Cameron, 1891) (Hymenoptera: Braconidae) (Botelho; Macedo, 1988). Além desse método, é preconizada a utilização de cultivares resistentes à broca.

Com a inserção da cultura do sorgo sacarino na entressafra da cana-de-açúcar, é possível que possa haver aumento da incidência de *D. saccharalis* em ambas as culturas. Como o controle químico é extremamente difícil, devido ao seu sítio de alimentação, medidas alternativas de controle devem ser também consideradas. O controle biológico é possível, entretanto, estudos são necessários para ajustar os atuais métodos utilizados em cana-de-açúcar ao sorgo sacarino.

O uso de cultivares resistentes a insetos apresenta inúmeras vantagens, destacando-se que plantas resistentes são geralmente compatíveis com outras táticas de manejo. Pesquisas sobre resistência de sorgo a *D. saccharalis* são escassas, no entanto, estudos realizados no Brasil (Lara et al., 1997) e nos Estados Unidos (Nuessly et al., 2013) indicam a possibilidade de se selecionar materiais (genótipos) resistentes.

Em estudos conduzidos por Martins e colaboradores (2017) (Tabela 2), observou-se que há possibilidade de se identificar cultivares de sorgo com efeitos de antibiose sobre *D. saccharalis*, tipo de resistência que, ao afetar o desenvolvimento do inseto, reduz o potencial de dano na safra vigente, bem como a quantidade de insetos que se desenvolve na lavoura e infesta na futura safra.

Tabela 2. Número e peso médio de lagartas de *D. saccharalis*, e porcentagem de colmos atacados, em genótipos de sorgo sacarino, 120 dias pós-plantio. Capão do Leão, RS, 2015.

Genótipo	Lagartas		Colmos perfurados (%) ^{ns}
	Nº/colmo ^{ns}	Peso (mg) ¹	
BRS 506-2	0,73	6,84a	18,52
CMSXS5010	0,66	6,53a	35,93
SUGARGRAZE	0,85	5,37a	25,93
V82391	0,90	5,28a	58,89
CMSXS360	0,42	5,13a	31,85
CMSXS644	0,41	5,11a	58,15
CMSXS5003	0,72	5,03a	18,15
BRS 511	0,64	4,74a	40,74
CMSXS646	0,50	4,69a	33,33
CMSXS639	0,39	4,65a	32,22
CMSXS5007	0,73	4,58a	13,70
CMSXS647	0,56	4,50a	47,78
CMSXS629	0,38	4,46a	48,15
CV 198	0,91	4,18a	73,33
V82392	1,00	3,61b	27,78
CMSXS5008	0,97	3,38b	44,81
BRS 509	0,84	3,25b	18,15
CMSXS5006	0,73	2,95b	58,15
V82393	1,06	2,64b	25,56
CMSXS5009	0,69	2,50b	39,63
CMSXS5004	0,62	2,14b	7,41
CMSXS643	0,23	2,06b	60,37
CMSXS648	0,49	1,88b	43,33
CV 568	0,73	1,50b	22,22
BRS 506	0,55	1,18b	25,93

¹Médias com a mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Scott & Knott ($P \leq 0,05$).

Manejo de doenças

Cley Donizeti Martins Nunes

O sorgo é considerado uma das culturas mais resistentes ao excesso ou à falta de chuva. Apesar disso, tais estresses tornam a planta suscetível a algumas doenças fúngicas. Dependendo da região e da época de semeadura, a depender de condições, particularmente mais favoráveis em determinado ano e, principalmente da reação de suscetibilidade da cultivar, associadas à alta variabilidade do patógeno, as doenças fúngicas podem causar a perda de produtividade de colmos e de caldo, podendo chegar a 100%, como no caso da antracnose.

As características do solo hidromórfico, que ocorre nas áreas de terras baixas destinadas ao cultivo do arroz irrigado por inundação no Rio Grande do Sul, constituem um dos fatores ambientais que mais favorecem essas doenças. O excesso de água e baixa capacidade de armazenamento de água do solo resultam em mudanças na fisiologia e em alterações na absorção de nutrientes, causando estresse para as plantas de sorgo, aumentando a vulnerabilidade à incidência de doenças.

Nos últimos anos, nas condições de terras baixas, foram identificadas e avaliadas diversas doenças no sorgo sacarino. As principais foram: antracnose (*Colletotrichum sublineolum*), seguida por ferrugem (*Puccinia sorghi*), helmintosporiose (*Exserohilum turcicum*) e míldio (*Peronosclerospora sorghi*), devido às frequências de ocorrência e severidade, por sua vez associadas às condições de alta umidade relativa e temperatura diurna, variando de moderada a alta, bem como de noites frias, com formação de longo período de orvalho e, principalmente, quando a temperatura se eleva logo após dias nublados.

Muitas dessas doenças que ocorrem no sorgo sacarino também ocorrem em outros tipos de sorgo, como granífero, pastejo e silageiro.

Principais doenças da cultura do sorgo sacarino na região sul do Rio Grande do Sul

A incidência e severidade das doenças variam de ano para ano e de local para local, dependendo do ambiente e da resistência do hospedeiro. Determinadas doenças causam maiores problemas e abrangem consistentemente maior extensão. Algumas estão sempre presentes (endêmicas), como a helmintosporiose, a ferrugem e outra, de natureza epidêmica, como a antracnose.

Dependendo da região onde o sorgo sacarino é cultivado, as doenças podem ocorrer nas folhas, colmos, panículas, sendo algumas sistêmicas, além dos fungos de solo, causadores de podridões radiculares.

Os prejuízos causados por essas doenças vão além das perdas na qualidade e na quantidade de massa verde. Implicam a redução dos teores de sólidos solúveis totais (Brix) no colmo, quando os níveis de severidade são elevados, principalmente por ferrugem e antracnose (Caetano, 2016; Silva et al., 2012).

Antracnose

A antracnose tem sido, nos últimos anos, a mais importante doença em todas as regiões que cultivam sorgo sacarino no Brasil, em virtude das perdas de produção serem superiores a 70%. A doença desenvolve-se nas folhas (limbo e nervura central), colmos e panículas (Figuras 1A e 1B).

As primeiras lesões iniciam e se desenvolvem nas folhas inferiores, disseminando-se para outras partes das plantas. No início, as lesões são pequenas, de cor avermelha ou marrom, e se desenvolvem mantendo a forma alongada e elíptica, de coloração púrpura-avermelhada a castanho-amarelado, manifestando-se como manchas encharcadas. Com uma lupa de bolso, pode observar nas lesões a presença de acérvulos (frutificação típica do patógeno *Colletotrichum sublineolum*), que é o principal meio para identificação da doença no campo. À medida que as lesões aumentam de tamanho, podendo alcançar de 2,5 cm a 10,0 cm de comprimento, e até 1,20 cm de largura, podem coalescer e causar o secamento das folhas (Figura 2).

No tecido morto do hospedeiro, aparecem os corpos frutíferos escuros (acérvulos), que se desenvolvem e formam conidiósporos (Figura 1C). Os conidiósporos têm uma massa gelatinosa de cor creme a rosada e servem como fonte de inóculo para infecções secundárias.



Fotos: Cley Donizeti Martins Nunes

Figura 1. Sintoma da antracnose nas folhas (A) (limbo e nervura central), nos colmos (B) e no detalhe do corte longitudinal do mesmo mostrando a colonização no seu interior (C) e a frutificação em forma de uma massa cremosa de conidiósporos com os acérvulos do fungo (D).



Figura 2. Parcela com plantas necrosadas pelo ataque do patógeno *Colletotrichum sublineolum* ao lado de outras, tolerantes.

Embora a infecção possa ocorrer a qualquer momento durante o desenvolvimento das plantas, os maiores riscos de dano na produtividade ocorrem na fase reprodutiva. A infecção no tecido ocorre quando os conidiósporos são disseminados pelos respingos da água da chuva, ou pelo vento, para outros órgãos da planta. O desenvolvimento da antracnose no colmo é de forma semelhante ao que ocorre na panícula. No colmo, os sintomas iniciais incluem uma aparência descolorida, de anasarca na lesão do colmo, com bordos de coloração avermelhada que, no seu interior, com a colonização dos tecidos, adquire coloração avermelhada (Figura 1D).

O patógeno hiberna por períodos prolongados na forma de micélio e esclerócios nos restos da cultura que permanecem na superfície do solo, por até 18 meses, e também pode sobreviver nas sementes. As condições quentes e úmidas criam um ambiente favorável para o patógeno se reproduzir e disseminar facilmente pelo vento e respingos de água (Costa et al., 2010).

A semeadura de híbridos resistentes é a principal medida de controle da doença, a qual pode ser seguida de outras estratégias como: a rotação de genes de resistência entre os anos de cultivo e/ou plantios de mais de uma cultivar com reação de resistência diferente; evitar plantios em alta densidade de plantas; destruição dos restos de cultura (incorporando-os no solo mediante a passagem de grade); uso de tratamento de sementes; rotação de culturas; e plantio direto. Essas são as opções viáveis para ajudar a controlar a antracnose. Associado a tal manejo cultural pode-se empregar o método químico. Existem fungicidas eficientes no controle da doença, mas ainda não registrados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa) para a cultura do sorgo (Ferreira et al., 2007; Silva et al., 2012; Lance, 2016; Costa et al., 2010).

Ferrugem

A ferrugem é causada por *Puccinia purpurea*, sendo considerada uma doença de dano econômico secundário no cultivo do sorgo no Rio Grande do Sul, porque, nas epidemias, geralmente, os níveis

de severidade são maiores no final da fase do enchimento de grãos, resultando em pequenas perdas de rendimento. Essa condição foi observada na safra 2014/2015, que causou danos severos na área foliar do sorgo nas últimas fases de pós-floração, causando amarelecimento das folhas, ou seja, redução da área foliar ativa responsável pela produção de fotoassimilados, reduzindo os teores de açúcar no colmo. Segundo White et al. (2012), os períodos de clima úmido fresco e prolongado durante o período vegetativo podem levar a uma infecção significativa por ferrugem durante a floração e o enchimento precoce das sementes, com pequenas perdas significativas no potencial de produtividade.

Os sintomas típicos da doença são a formação de pústulas de coloração castanho-avermelhada, com cerca de 2,0 mm a 3,0 mm de comprimento, que se distribuem paralelamente e entre as nervuras das folhas, principalmente na parte dorsal da folha (Figura 3). Nos genótipos suscetíveis, a cor das pústulas tem aparência ferruginosa, o que caracteriza o nome da doença, mas pode variar de púrpura, vermelha, amarela ou castanha. A epiderme sobre a pústula pode romper-se, liberando uma massa de uredósporos de cor vermelho-escuro e iniciar a disseminação secundária da doença. Esse período dura aproximadamente 14 dias após o início da infecção, até as pústulas amadurecerem e se romperem.



Fotos: Cley Donizeti Martins Nunes

Figura 3. Sintoma de ferrugem (*Puccinia purpurea*) em folha de sorgo, mostrando cores diferentes de pústulas.

Esse patógeno é parasita obrigatório e, para manter a sua sobrevivência entre as estações, é necessária a presença de hospedeiros vivos, como *Sorghum verticilliflorum*, *Sorghum halepense* e plantas remanescentes da cultura anterior na área de produção (Ferreira et al., 2007). Para o controle da doença, é recomendada como medida mais eficiente a semeadura de cultivares resistentes.

Ergot ou doença-açucarada-do-sorgo

Essa é uma doença endêmica, que ocorre nos plantios tardios, observada com maior severidade na região sul do Rio Grande do Sul na safra 2007/2008, mas que, desde então, vem passando por uma redução acentuada, até o momento.

A identificação mais evidente da doença é a presença do líquido viscoso na forma de gotas de coloração rósea, pegajoso e adocicado, que sai das flores infectadas, caracterizando o nome comum da doença: “doença açucarada do sorgo” (Figura 4). Esse sintoma se torna mais visível por volta de 5 a 10 dias após a infecção dos ovários. O agente causal dessa doença é o fungo denominado de *Sphacelia sorghi*, que somente infecta o ovário não fertilizado, durante a fase de antese. A disseminação da doença ocorre de uma flor a outra e entre as panículas, pelo vento, por respingos de chuva e por insetos.

A forma imperfeita do patógeno é conhecida por *Claviceps africana*, que é mais frequente na natureza, onde os conídios estão contidos nos exsudatos, produzidos pelas flores infectadas, nas três formas: os microconídios, os macroconídios e os conídios secundários.



Foto: Cley Donizeti Martins Nunes

Figura 4. Doença açucada do sorgo (ergot).

Para o controle da doença não existem cultivares resistentes no mercado de sementes, mas há diversas estratégias, que, associadas, visam controlar a enfermidade. Entre elas, pode se eleger: semeadura na época recomendada; evitar implantar a cultura no período de florescimento que coincida com baixas temperaturas; remoção de plantas remanescentes e de plantas hospedeiras secundárias do patógeno. A pulverização de fungicidas na parte aérea das plantas visa, principalmente, proteger os sítios de infecção, representados pelos floretes individuais da panícula,

do desenvolvimento do fungo *C. africana*, agente causal do ergot. Essa medida de controle deve ser restrita à área de produção de sementes.

Helmintosporiose

A helmintosporiose é uma doença causada por *Exserohilum turcicum*, que ocorre todos os anos com baixa incidência, e se caracteriza pela presença de lesões alongadas e elípticas de coloração vermelho-púrpura ou amarelo-alaranjada, que se desenvolvem inicialmente nas folhas inferiores (Figura 5). Essas lesões variam em cor e tamanho, de acordo com níveis variados de resistência. A maioria dessas lesões ocorre em folhas mais desenvolvidas e depois evolui para folhas mais jovens. As lesões esporulativas têm centros amarelados a cinzentos e margens avermelhadas.



Foto: Clely Donizeti Martins Nunes

Figura 5. Sintoma de helmintosporiose (*Exserohilum turcicum*).

Os conídios de *Exserohilum turcicum* podem ser transportados a longas distâncias pelo vento e são os responsáveis pela disseminação da doença, que é favorecida por temperaturas amenas, entre 18 °C e 27, e pela ocorrência de chuvas. O estágio mais suscetível durante o ciclo da cultura ocorre quando as plantas atingem o estágio de oito folhas e quando emitem a folha bandeira. Se a doença for estabelecida antes do estágio inicial, a chance de perda é de até 50% de rendimento na produção de caldo.

Pelo fato de ser favorecida por temperaturas baixas, a doença tem se tornando mais agressiva e importante, especialmente em plantios fora de época.

O controle da helmintosporiose se dá efetivamente pela semeadura de cultivares resistentes, com a rotação de cultura, desde que não seja hospedeiro suscetível, pelo enterramento dos restos de cultura e eliminação de plantas remanescentes, o que ajuda a reduzir o nível de inóculo primário do patógeno (Ferreira et al., 2007).

Míldio-do-sorgo

A doença é causada pelo fungo conhecido pelo nome de *Peronosclerospora sorghi*, que se manifesta nas formas de infecção sistêmica ou localizada. No primeiro caso, os sintomas típicos são a formação, no tecido da folha, de faixas paralelas verdes, alternadas com cloróticas. Em estádios mais avançados, as áreas de tecidos cloróticos tornam-se necróticas e se rasgam pela ação do vento (Figura 6A).

As lesões localizadas podem ocorrer em qualquer folha da planta de sorgo, de maneira discreta, em áreas cloróticas para púrpura, delimitadas pelas nervuras das folhas, no formato retangular, em tamanho variável, mas geralmente de forma alongada. Nos períodos frios e úmidos, os conídios são produzidos nessas lesões durante a noite, particularmente na superfície abaxial (Figura 6B).

O míldio sistêmico pode manifestar-se em qualquer estágio de desenvolvimento da planta, iniciando uma semana após a emergência. As plântulas infectadas podem permanecer atrofiadas, com pouca folhagem e aparência esbranquiçada; geralmente são estéreis, embora raramente possam produzir alguns grãos, frequentemente elas morrem.

A doença produz dois tipos de esporos, que são os conídios (assexuada) e oósporos (sexuada). Os oósporos são liberados ao solo quando as folhas se rasgam pelo vento; podem sobreviver por longos períodos em restos de cultura, e infectar as plantas suscetíveis no próximo plantio. Os conídios podem causar rápido crescimento da epidemia dentro e para outras lavouras, por meio do vento. O patógeno pode ser disseminado também por meio de sementes e por implementos agrícolas.

O míldio-do-sorgo pode ser controlado pela utilização de cultivares resistentes e de sementes saudáveis. O enterro de restos de cultura e a eliminação de gramíneas hospedeiras de *P. sorghi* são medidas de controle importantes, principalmente para reduzir a fonte primária de inóculo. Não há, no momento, fungicidas registrados para o tratamento de sementes, embora existam produtos altamente eficientes para o controle desse patógeno.

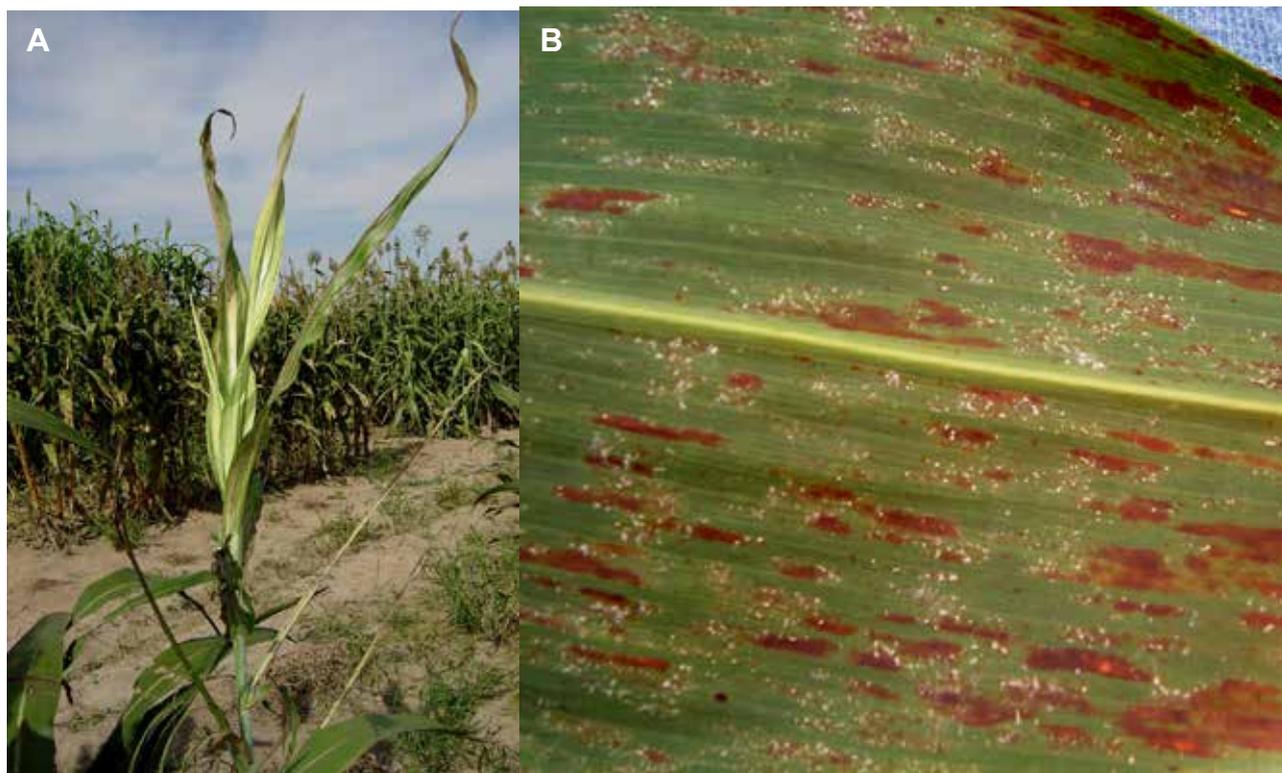


Foto: Cley Donizeti Martins Nunes

Figura 6. Lesões de mídio sistêmico (A) e de mídio localizado, com conídios (B).

Mancha zonada

O agente causal da doença mancha zonada da cultura do sorgo foi identificado como *Gloeocercospora sorghi*. A doença teve maior incidência na região sul do RS nas safras 1999/2000 e 2000/2001, em baixa severidade, portanto causando pequenos danos. Encontrada em todos os países que cultivam sorgo na América do Norte, Central e Sul, Ásia, África e Japão, apresenta alto potencial destrutivo em condições de calor e alta umidade. Em alguns casos, levou à completa destruição das plantas de sorgo sacarino em países da África Ocidental, quando a doença ocorreu em alta incidência no estágio de plântulas, causando desfolhamento. Nas infecções tardias, pode resultar em morte prematura das folhas e reduzir o rendimento de caules e teores de açúcar no caldo (Palakshappa, 2001).

As lesões da mancha zonada são aproximadamente circulares ou semicirculares, originam-se perto da borda da folha, com faixas alternadas, nas cores púrpura, vermelhada-escura ou cor de palha escura, com aparência orbital concêntrica (Figura 7). O diâmetro das lesões pode atingir até 7 cm e cobrir toda a largura da folha. (Palakshappa, 2001; Ferreira et al., 2007; Prom et al., 2015).

O fungo sobrevive em hospedeiros alternativos por muitos anos nos capins-maçambará ou sorgo-de-alepo (*S. halepense*), milheto (*Pennisetum typhoides*), cana-de-açúcar, capim-napier (*P. purpureum*), capim-bermuda (*Cynodon dactylon*) e outros, na forma de escleródios, formados no interior das lesões foliares mais desenvolvidas. Sob condições de alta umidade, as lesões produzem grande quantidade de conídios, que são disseminados pelo vento ou pela chuva. A disseminação pode ocorrer também pelas sementes (Palakshappa, 2001; Ferreira et al., 2007).



Foto: Cley Donizeti Martins Nunes

Figura 7. Sintomas de mancha zonada (*Gloeocercospora sorghi*).

O controle da doença pode ser feito mediante a semeadura de cultivares resistentes, rotação de culturas e eliminação de restos de cultura e dos hospedeiros. Outra forma é o controle biológico com *Trichoderma harzianum*. Nos testes de laboratório, inibiu o crescimento micelial do patógeno no máximo em 83,3%, e nas condições de campo promoveu redução da severidade em 38% (Kharayat; Singh, 2012).

Cercosporiose

A cercosporiose no sorgo, *Cercospora fusimaculans*, pode causar pequenos danos econômicos e está associada a períodos de alta umidade relativa do ar e calor durante o ciclo da cultura. Essa doença pode causar danos na área foliar, mas seu impacto econômico é difícil de ser determinado, porque as epidemias que ocorrem normalmente são próximas à maturação da cultura.

A doença se manifesta de forma esporádica, apresentando sintomas principalmente após o florescimento. As lesões nas folhas são alongadas, limitadas pelas nervuras e de coloração vermelho-escura ou amarelada, dependendo da cultivar. O sintoma típico consiste no aparecimento, no interior das lesões, de pequenas áreas necrosadas circulares, dando à lesão a aparência de uma corrente ou de um rosário (Figura 8).

Na maioria das vezes, as lesões são de cor vermelha a púrpura ou cinza, dependendo da cultivar. Ocasionalmente, o centro das lesões adquire coloração marrom ou palha, circundado por margens avermelhadas ou púrpuras (Ferreira et al., 2007).

A doença surge inicialmente como pontuações avermelhadas ou cinzas, que, mais tarde, desenvolvem-se em manchas de formato elíptico ou oval a cilíndrico. O fungo sobrevive no solo, em restos de cultura infectada, em plantas remanescentes da cultura anterior, em espécies de sorgo silvestre e sementes. Condições quentes e úmidas favorecem o desenvolvimento e a disseminação do fungo. Os conídios constituem o inóculo inicial e secundário e são disseminados pelo vento e pela chuva.

A cercosporiose é controlada eficientemente pelo uso de cultivares resistentes.



Foto: Cley Donizeti Martins Nunes

Figura 8. Sintomas de cercosporiose.

Mancha-alvo

O fungo causador da mancha-alvo é denominado de *Bipolaris sorghicola* e ocorre nos Estados Unidos, Índia, Chipre, Israel, Sudão, Taiwan e Filipinas.

A doença surge inicialmente como pontuações avermelhadas ou cinzas que, mais tarde, desenvolvem-se em manchas com formato de elíptico ou oval a cilíndrico. Na maioria das vezes, as lesões são vermelhas a púrpuras ou cinzas, dependendo da cultivar. Ocasionalmente, o centro das lesões adquire uma coloração marrom ou palha e é circundado por margens avermelhadas ou púrpuras (Figura 9).



Foto: Cley Donizeti Martins Nunes

Figura 9. Sintoma de mancha-alvo (*Bipolaris sorghicola*).

O patógeno ataca plantas de sorgo em todos os estádios de desenvolvimento. Os esporos germinam rapidamente em condições de elevada umidade relativa e a penetração do tecido hospedeiro ocorre com ou sem a formação de apressórios. Os primeiros sintomas da doença surgem cerca de 12 horas após a inoculação e as lesões típicas da doença podem ser observadas nos três a quatro dias seguintes. Sob umidade relativa alta, há abundante produção de conídios, que são disseminados pelo vento (Ferreira et al., 2007).

Mancha-de-ascochyta

É uma doença causadora de pequenos danos na produtividade do sorgo sacarino, presente nas folhas, em todas as safras, principalmente em solos de baixa fertilidade ou degradados (fracos), geralmente em solos mais arenosos ou decapitados na operação de sistematização (Kucharek et al., 2000).

Os primeiros sintomas de *Ascochyta sorghi* nas folhas se caracterizam por lesões circulares a ovais, com bordo vermelho-escuro ou púrpuro e, ao centro, de cor branca com 1,0 cm a 1,5 cm de diâmetro (Figura 10A).



Foto: Cley Donizeti Martins Nunes

Figura 10. Sintoma de mancha-de-ascochyta na folha (A) e o picnídio de *Ascochyta sorghi* (B).

Se se acondicionar essas folhas lesionadas em câmara úmida, em condição e temperatura de 25 °C por 3-5 dias, o que permite o desenvolvimento de picnídios, pode-se posteriormente observá-los por meio de lupa; e os picnidosporos em lâmina, no microscópio (Figura 10 B) (Xu et al., 2018).

O controle da doença pode ser feito mediante a destruição dos restos de cultura, rotação de culturas e correção da fertilidade do solo.

Lista bacteriana ou risca bacteriana

No Brasil, essa doença bacteriana tem ocorrido com baixa severidade e de forma restrita a alguns locais na região Sul, de clima quente e úmido. É causada pelo agente etiológico denominado de *Burkholderia andropogonis* sin. *Pseudomonas andropogonis*.

Os sintomas da doença ocorrem com maior frequência nas folhas, mas podem ser observados também no colmo, pedúnculo, bainha, ráquis e sementes. Nas folhas, caracterizam-se por lesões longas em forma de riscos, limitadas pelas nervuras, podendo alcançar toda a extensão das folhas (Figura 11). A forma das lesões é, geralmente, semelhante em todas as cultivares, mas a coloração pode ser púrpura, castanho-avermelhada ou amarelada, dependendo da pigmentação de cada cultivar.

A presença de exsudação é, normalmente, observada na superfície dorsal da folha. A disseminação da bactéria dentro de uma lavoura ocorre principalmente pela ação do vento e de gotas de chuva ou de irrigação. Sementes infestadas e restos culturais contribuem para a disseminação da doença.

O controle da doença risca bacteriana pode ser eficazmente conseguido por meio da utilização de cultivares resistentes. A rotação de culturas e a eliminação de restos culturais e de plantas remanescentes são medidas que podem reduzir a incidência.

Foto: Cley Donizeti Martins Nunes



Figura 11. Sintoma de lista bacteriana (*Burkholderia andropogonis*).

Mofos dos grãos ou mofo das sementes

O mofo das sementes é uma das principais doenças do sorgo, que afeta a produção e a qualidade das sementes. As sementes de cultivares sorgo que possuem pericarpo de grãos brancos são particularmente mais vulneráveis ao mofo dos grãos do que aquelas de pericarpo marrom e vermelho.

O mofo dos grãos pode ser amplamente definido como a deterioração de grãos pré-colheita causada por mais de 40 gêneros de fungos, que interagem parasiticamente e/ou saprofiticamente com as sementes em desenvolvimento.

Normalmente, o mofo se desenvolve em muitas sementes da panícula, cobrindo-as totalmente ou parcialmente, algumas com aspectos descoloridos, enquanto outras aparentam estar normais. Essas sementes podem não aparentar sintomas externos, mas pode-se observar a presença desses patógenos na análise de patologia de sementes. Esses patógenos ocorrem durante a fase de maturação fisiológica, quando coincide com longo período de dias de alta umidade relativa do ar e orvalho prolongado (maior de 8 horas) e calor.

O mofo pode desenvolver colônias com textura e cores diferentes como rosa, laranja, cinza, branco, verde-escuro ou preto, dependendo das espécies de fungos envolvidos (Figura 12). O tamanho e o peso das sementes são reduzidos, assim como a vigor e a germinação das sementes (Isakeit, 2018; Thakur et al., 2006).



Foto: Clely Donizeti Martins Nunes

Figura 12. Mofo das sementes de sorgo.

Os principais patógenos são os fungos como: *Fusarium* spp.; *Curvularia lunata*, *Colletotrichum sublineolium*, *Bipolaris* spp., *Exserohilum* spp., *Aspergillus* spp., *Phoma* spp., *Alternaria* spp. e outros que

podem estar inseridos no pericarpo. Esses fungos estão associados à produção de micotoxinas, aflatoxinas, citreoviridina, zearalenona, deseoxinivalenol, fusiamina e outras. O efeito tóxico dessa micotoxina na saúde animal e humana pode ser imediato, imunossupressor, mutagênico, teratogênico e carcinogênico, levando à morte dependendo da dose e da frequência com que é ingerida (Thakur et al., 2006).

A ocorrência do mofo pode ser controlada evitando-se a semeadura na época tardia, que coincide com as chuvas na época de maturação das sementes.

Considerações finais

A cultura do sorgo sacarino é cultivada nos diversos ambientes favoráveis a doenças, colocando constantemente a sua resistência genética à prova diante dos patógenos, tornando-a suscetível. A erradicação completa de um patógeno de uma determinada região é praticamente impossível do ponto de vista biológico, mas a redução significativa da quantidade de inóculo é possível, integrando, com as práticas de manejo da cultura, a resistência genética e o controle químico. Entre as práticas culturais, destaca-se: a rotação de culturas, eliminação de hospedeiros alternativos e das plantas daninhas e semeadura de cultivares resistente ou tolerante. A eliminação do capim-massambará (*S. halepense*) pode contribuir, por exemplo, para redução do potencial de inóculo de *C. graminicola*, agente causal da antracnose, e de *P. 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.

Manejo de nematoides

Cesar Bauer Gomes
Renata Moccellini

Embora o sorgo seja uma cultura potencialmente utilizada tanto para o pastejo como para produção de grãos e de álcool, seu uso em sistemas de produção como espécie principal, ou em rotação de culturas com espécies vegetais, precede de planejamento dentro do sistema produtivo, haja vista sua grande suscetibilidade a alguns nematoides-chave importantes como o de galhas (*Meloidogyne* spp.) e das lesões radiculares (*Pratylenchus* spp.). Nesse sentido, uma análise nematológica antes do plantio pode auxiliar na escolha de cultivares resistentes, quando oportuno.

Plantas de sorgo afetadas pelo nematoide-das-galhas exibem sintomas de raquitismo, clorose foliar, desenvolvimento radicular limitado, além da presença de galhas terminais ou subterminais nas raízes e atraso no florescimento da cultura, afetando negativamente a produção (Orr; Morey, 1978; Page, 1985; McDonald; Nicol, 2005). Já o parasitismo da cultura pelo nematoide-das-lesões pode resultar em necroses das raízes (Figura 1), amarelecimento das folhas, menor desenvolvimento das plantas e, ocasionalmente, morte (Ayala; Bee-Rodriguez, 1978; Keetch; Buckley, 1984; Pinto, 2008), além da ocorrência de doenças complexas, em função de sua interação com outros microrganismos (Clafin, 1983), especialmente fungos de solo. Entre as espécies que acometem a cultura, *Meloidogyne incognita*, *M. javanica*, *Pratylenchus brachyurus* e *P. zae* são as mais importantes no Sul do Brasil (Sharma; McDonald, 1990; Inomoto et al., 2008; Goulart, 2008; Inomoto; Asmus, 2009). Porém, outros gêneros e espécies, como *Helicotylenchus dihystera*, *Tylenchus*, *Criconemoides*, *Trichodorus*, *Xiphinema* e *Dorylaimus* são também relatados na cultura do sorgo no País (Sharma; McDonald, 1990; Pinto, 2003).

Foto: Cristiano Bellé



Figura 1. Necroses em raízes de sorgo sacarino BRS 506 associadas ao nematoide-das-lesões *Pratylenchus brachyurus*.

Dentre as estratégias de manejo, a principal delas é o uso de cultivares resistentes; no entanto, dependendo da espécie do nematoide, a grande maioria dos genótipos é suscetível principalmente a *M. incognita* e *P. brachyurus*. Embora para *M. javanica* sejam reportadas cultivares suscetíveis, em trabalhos conduzidos por Ribeiro et al. (2002) e Inomoto et al. (2005; 2008), foram observados genótipos de sorgo forrageiro, granífero e de sorgo sacarino, como PAST8104 e PAST2951,

resistentes ao patógeno, incluindo alguns materiais genéticos como BRS 506, também resistente a *M. incognita* (Tabela 1) (Gomes et al., 2009, 2017).

Tabela 1. Reação da cultivar de sorgo sacarino BRS 506 a *M. incognita*, *M. javanica*, *P. brachyurus* e *P. zaeae*.

Tratamentos	<i>M. incognita</i>			<i>M. javanica</i>			<i>P. brachyurus</i>		<i>P. zaeae</i>	
	FR	NG	Re	FR	NG	Re	FR	Re	FR	Re
BRS 506	0,15b*	3	R	1,35b	8	MS	23,24 a	S	62,23 a	S
Testemunha suscetível	18,25 ¹ a	725	S	41,05 ¹ a	835	S	5,01 ² b	S	3,45 ³ a	S
CV (%)	18,6	25,2		12,2	28,4		20,10		15,2	

*Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade. FR: Fator de reprodução do nematoide. NG: número de galhas; Re: Reação: R = resistente; S = suscetível; MS= moderadamente suscetível; 1: tomateiro 'Rutgers'; 2: capim-sudão 'Estribo'; 3: arroz BR IRGA 417. Fonte: Gomes et al., 2017.

Conforme Inomoto (2006), o sorgo é um bom hospedeiro de *P. brachyurus*. Da mesma forma, Gomes et al. (2017) relatam a suscetibilidade da cultivar BRS 506 a *P. brachyurus* e também a *P. zaeae* (Fator de reprodução/FR=23,24-62,23). Em estudos conduzidos por Nikuma et al. (2012), os autores verificaram que a grande maioria dos genótipos testados, apesar de suscetíveis (FR<1,0) a *P. brachyurus*, tiveram valores baixos de FR (1,27-6,04). No entanto, de uma forma geral, dispõe-se de poucas informações acerca da reação do sorgo, uma vez que materiais suscetíveis provenientes de empresas privadas normalmente são divulgados em código, ou simplesmente não se sabe o nível de resistência, pela falta de interesse dessas corporações em liberar tais características das cultivares, quando apresentam elevados valores de FR (suscetíveis) aos nematoides-praga em questão.

Até o momento não há nematicidas químicos com registro de uso no Mapa para a cultura no Brasil; no entanto, alguns produtos biológicos podem ser usados no manejo de áreas infestadas por fitone-matoides (Agrofit, 2018). De acordo com Pacheco et al. (2016), a seleção e utilização de genótipos de sorgo resistentes e ou com valores baixos de FR para o nematoide-das-lesões é umas das estratégias mais eficientes no manejo dessa praga, uma vez que culturas importantes como o milho, o algodão, a cana e a soja, frequentemente plantadas nas mesmas áreas, também são afetadas por diversas espécies da referida praga, especialmente *P. Brachyurus*, além de *Meloidogyne* spp. (Dias et al., 2012; Galbieri et al., 2015; Araújo, 2018; Chaves et al., 2018;). Nesse sentido, a escolha de culturas/cultivares más hospedeiras para rotação com espécies de verão, como crotalária, braquiária, milheto, por exemplo, e, de inverno, como aveia e azevém (Dias-Arieira, 2018; Queiroz et al., 2014; Borges et al., 2010), são decisivas para a diminuição dos níveis populacionais do nematoide das lesões radiculares e das galhas no solo, podendo-se, por fim, voltar ao plantio da cultura desejada na mesma área.

Manejo de plantas infestantes

André Andres
Germani Concenço
Leandro Galon
Mário Bianchi
Mariane C. Coradini
Matheus Bastos Martins
Jean Carlo Fachinetto Campos
Carlos Orestes Santin

A adoção do sorgo sacarino [*Sorghum bicolor* (L.) Moench.] se destaca como uma alternativa para produção de etanol. No entanto, para que a cultura possa se consolidar no cenário nacional é importante que as práticas culturais sejam realizadas de maneira adequada. Nesse contexto, o manejo de plantas daninhas destaca-se como um dos fatores limitantes da produção, devido ao lento crescimento inicial do sorgo sacarino e ao número reduzido de herbicidas registrados para uso na cultura (Silva et al., 2014) e elevado custo para contratação de mão de obra para aplicação desses produtos.

A ausência de controle da comunidade infestante pode acarretar perdas de produtividade na cultura. Silva et al. (2014) observaram redução de, aproximadamente, 50% na massa de colmos na ausência de controle das infestantes durante o ciclo da cultura. Isso demonstra a susceptibilidade do sorgo sacarino à interferência das plantas daninhas e a necessidade de adequado manejo de plantas daninhas para que a cultura possa expressar todo o seu potencial produtivo. No entanto, a ausência de herbicidas registrados para a cultura torna o manejo de plantas daninhas um dos grandes desafios para o produtor e também para os técnicos atuantes nessa cadeia produtiva.

Atualmente, somente o ingrediente ativo atrazine possui herbicidas comerciais registrados para uso em sorgo (Agrofit 2015). Esse produto é inibidor do fotossistema II, registrado para uso em pré e/ou pós-emergência inicial, sendo eficaz para dicotiledôneas e algumas gramíneas (Rodrigues; Almeida 2011). Dessa forma, a busca por outras moléculas que possam ser utilizadas no manejo químico de plantas daninhas infestantes do sorgo sacarino é de grande importância para a consolidação e expansão da cultura no território nacional.

Para pequenas propriedades, o controle químico pode exigir infraestrutura específica, de acordo com a legislação e treinamento de pessoal, a qual, em muitos casos, não está disponível; assim, até mesmo capinas manuais podem ser alternativa viável no manejo das plantas daninhas na cultura do sorgo, em propriedades que possuem mão de obra disponível e em áreas de pequenos produtores, caso haja incentivo futuro para seu cultivo na agricultura familiar.

Estudos mostram que o sorgo produz um complexo de compostos com atividade alelopática, cujo principal representante é o sorgoleone, que pode interferir no estabelecimento de algumas espécies (Trezzi; Vidal, 2004); Entretanto, por si só, esse componente não é capaz de reduzir a infestação de plantas daninhas a níveis tais que não ocasionem danos à produtividade – em lavouras comerciais, há de se utilizar outros métodos de controle de plantas daninhas, seja químico ou mecânico.

Por outro lado, o sorgo é uma planta sensível a herbicidas (Silva et al., 2013); além dos cuidados com o controle das plantas daninhas, também deve-se estar atento a herbicidas residuais aplicados na cultura antecessora, como cana-de-açúcar ou soja, para que não ocorram danos ao desenvolvimento do sorgo oriundos de *carryover* de herbicidas. Isso reduziria o teor de caldo e, conseqüentemente, o rendimento na usina.

Assim, os cuidados no manejo de herbicidas associados à cultura do sorgo sacarino podem ser resumidos em alguns pontos (Concenço et al., 2012): (1) utilizar somente de herbicidas registrados no Ministério da Agricultura, pecuária e Abastecimento (Mapa) para uso na cultura do sorgo; (2) seguir as recomendações técnicas da pesquisa para o correto uso desses herbicidas; (3) não aplicar herbicidas com longo residual na cultura antecessora, em áreas que serão posteriormente cultivadas com sorgo; (4) realizar dessecação pré-semeadura da cultura do sorgo proporcionando ambiente com menor infestação de plantas daninhas para emergência e estabelecimento inicial; (5) manejar plantas daninhas pós-plantio (pré e pós-emergência) da cultura do sorgo sacarino.

Métodos de controle de plantas daninhas

Método preventivo

O controle de plantas daninhas após a emergência delas é mais desafiador; assim, prevenir sua introdução geralmente é menos trabalhoso e mais econômico do que o controle propriamente dito. De acordo com Silva et al. (2007b), o manejo preventivo das plantas daninhas engloba o uso de práticas que visam impedir a introdução, o estabelecimento e/ou a proliferação de espécies problemáticas em áreas ainda não infestadas por elas. No âmbito local, é de responsabilidade dos agricultores e das cooperativas evitar a entrada e disseminação de uma ou mais espécies daninhas que podem se tornar problemas para a região. Em resumo, o elemento humano é a chave para o manejo preventivo, logo, treinamento e capacitação pessoal podem contribuir para esse fim. A ocupação eficiente do espaço do agroecossistema pela cultura reduz a disponibilidade dos fatores apropriados para o crescimento e desenvolvimento de plantas daninhas (Andres et al., 2017), considerando-se esse um método de integração entre preventivo e cultural.

Algumas das medidas que podem evitar a introdução de espécies são: uso de sementes de alta pureza e certificadas; limpeza de máquinas e equipamentos oriundos de outras áreas; limpeza de canais de irrigação; quarentena de animais introduzidos, etc. (Radosevich et al., 2007). Chauhan et al. (2012) afirmam que a maioria das culturas apresentam sementes contaminadas com propágulos de plantas daninhas, especialmente daquelas cujo tamanho e forma das sementes se assemelham às da cultura. Deve-se focar na minimização da infestação e da consequente produção de sementes a serem incorporadas ao banco de sementes do solo, e assim evitar a disseminação dessas sementes para áreas ainda não infestadas.

Método cultural

A habilidade competitiva de plantas daninhas depende em grande parte do momento em que essas convivem com a cultura, de tal maneira que, se a cultura germina e se estabelece mais rápido, ou se ocorre atraso na emergência e estabelecimento das plantas daninhas, a competição será reduzida (Radosevich et al., 2007). De acordo com Silva et al. (2007b), o controle cultural se baseia no uso de práticas comuns para o correto manejo da água e do solo, rotação de culturas, variação do espaçamento entre linhas das culturas, adoção de plantas de cobertura, manutenção de restos culturais sobre o solo, dentre outros. A correção da fertilidade do solo, neutralizando o teor de alumínio e aumentando o pH, favorece a cultura, em vez de determinadas plantas daninhas adaptadas às condições de solos ácidos e altos teores de Al. Essas práticas ajudam a reduzir o banco de sementes do solo, consistindo, portanto, no uso das características ecológicas das espécies vegetais, a fim de beneficiar o estabelecimento e desenvolvimento da cultura.

Uma das principais práticas relacionadas a esse método de controle é a rotação de culturas. Seus benefícios dependem da seleção de espécies e sua sequência no sistema. O cultivo contínuo de uma única cultura, ou de culturas com práticas de manejo semelhantes, permite que certas espécies daninhas se tornem dominantes no sistema e, ao longo do tempo, se tornem de difícil controle (Chauhan et al., 2012). A alternância entre culturas no espaço e no tempo promove uma grande alteração no ambiente edáfico e permite a rotação de mecanismos de ação de herbicidas. Associados, esses dois fatores promovem alterações na comunidade infestante, dificultando o estabelecimento de espécies dominantes.

Em sistema de plantio direto, sementes de espécies daninhas e voluntárias são depositadas na superfície do solo (Locke et al., 2002; Lyon et al., 1996; Swanton et al., 1999). Assim, estão mais suscetíveis às variações de temperatura e umidade, e ainda à ação da fauna edáfica e dos microrganismos do solo, que podem reduzir a viabilidade e estabelecimento delas na área. Portanto, a tomada de decisão a respeito do preparo do solo pós-colheita deve levar em consideração o efeito do enterrio das sementes, sendo necessário reflexão acerca da estratégia mais adequada para evitar altas infestações de plantas daninhas e evitar competição com a cultura (Lyon et al., 1996).

Método mecânico

De acordo com Silva et al. (2007b), o arranquio e a capina são os mais antigos métodos de controle de plantas daninhas, sendo ainda utilizados em hortas e na remoção de plantas daninhas nas entrelinhas das culturas, em regiões montanhosas e onde há predomínio de agricultura de subsistência. No entanto, na agricultura mais intensiva e moderna ou empresarial, com áreas maiores, o alto custo da mão de obra e a dificuldade de encontrar trabalhadores para aplicar esse método tem gerado dificuldades no campo, sendo o método mecânico utilizado em algumas situações como complementar aos demais, em especial ao químico. Mesmo assim, em cultivos de arroz irrigado no Sul do Brasil, agricultores preocupados com escapes de plantas daninhas resistentes a herbicidas têm adotado a prática de arranquio manual dessas plantas no período do florescimento, mesmo em áreas relativamente extensas (Theisen; Andres, 2010).

O controle mecânico pode assumir grande importância em campos de produção de sementes, sendo uma boa alternativa para uso isolado ou como complemento para outros métodos de controle (Gazziero et al., 2003). De acordo com Silva et al. (2007b), o cultivo mecanizado, feito por cultivadores tracionados por animais ou tratores, é amplamente aceito na agricultura brasileira, sendo um dos principais métodos de controle de plantas daninhas em pequenas propriedades. As principais limitações desse método são a dificuldade de controle de plantas daninhas nas linhas de semeadura, baixa eficiência quando realizada com solo úmido, e ineficiência para controlar espécies que se reproduzem por partes vegetativas. No entanto, todas as espécies anuais, quando jovens (dois a quatro pares de folhas), são facilmente controladas em condições de alta temperatura e solo seco.

Controle químico

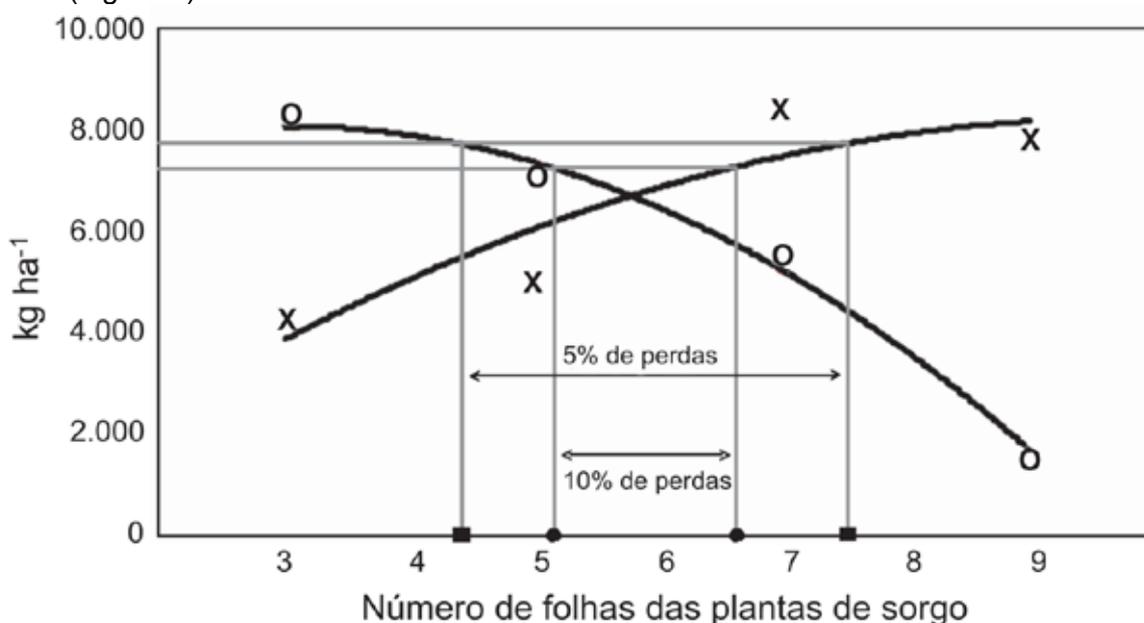
Dentre as vantagens do uso de herbicidas, cita-se: controla em pré-emergência, eliminando as plantas daninhas precocemente e atingindo alvos que enxada ou cultivadores não alcançam, como plantas daninhas nas linhas de plantio; reduz ou elimina o risco de danos físicos para raízes e plantas jovens; não altera a estrutura do solo e reduz o risco de erosão; controla de forma mais eficiente plantas daninhas perenes; reduz a necessidade de mão de obra; aumenta a velocidade e eficiência da operação de controle, reduzindo os custos por área tratada; controla as plantas daninhas por período mais longo, e pode ser utilizado em períodos de chuva, quando o controle mecânico não

é eficiente e quando a demanda por mão de obra é necessária para outras atividades. No entanto, tem a desvantagem de exigir mão de obra qualificada, uma vez que, se feito de forma inadequada, pode causar danos à cultura, ao meio ambiente e ao próprio aplicador. Embora herbicidas sejam eficientes no controle de plantas daninhas, podem promover o aumento da pressão de seleção, ocasionando o surgimento de biótipos resistentes (Zimdahl, 2003).

Período de controle de plantas daninhas no sorgo

O período em que a lavoura necessita estar livre da infestação de plantas daninhas, sob riscos de comprometimento da produtividade, é conhecido como 'Período Crítico de Prevenção à Interferência' (PCPI). A determinação do PCPI pode ser feita considerando-se os estádios fenológicos dos genótipos ou em períodos de tempo (Chhokar; Balyan, 1999; Amador-Ramírez, 2002). Para o sorgo, o estágio fenológico da cultura é normalmente adotado, pois o número de dias após a emergência é variável em função de uma série de fatores, tanto bióticos como abióticos (Larcher, 2000).

Em condições de cultivo no Sul do Brasil, Andres et al. (2009) determinaram que, se a lavoura de sorgo granífero permanecer livre de competição com as plantas daninhas entre a emissão da quarta e da sétima folhas, as perdas máximas estimadas serão iguais ou inferiores a 5% da produção obtida, do que se a lavoura permanecesse livre de competição durante todo o ciclo. Da mesma forma, se o período que a cultura permanecer livre de plantas daninhas for menor, entre a emissão da quinta e da sétima folhas das plantas de sorgo, as perdas poderão chegar a 10% do rendimento esperado (Figura 1).



Controle ($y = -92,6x^2 + 1827x - 787$ $R^2 = 0,82$); Convivência ($y = -177,4x^2 + 1067x + 6451$ $R^2 = 0,99$).

Figura 1. Rendimento de grãos de sorgo, em função dos períodos iniciais de controle e de convivência das plantas daninhas na cultura do sorgo granífero cultivar BRS 305 em terras baixas de clima temperado. (X) períodos iniciais de controle; (O) períodos iniciais de convivência. Período em que a cultura deve permanecer livre da competição com plantas daninhas para que ocorra em torno de 5% ou 10% de perdas no rendimento de grãos ao final do ciclo da cultura. Fonte: adaptado de Andres et al. (2009).

Nas condições do Centro-Oeste brasileiro, Silva et al. (2014) relatam que a ausência de controle da comunidade infestante durante o ciclo da cultura afetou negativamente a altura das plantas de sorgo sacarino, com redução de aproximadamente 9%, comparada à testemunha limpa. Comportamento

semelhante foi verificado para diâmetro do colmo, quando em convivência com a comunidade infestante. Esses autores relatam ainda que a ausência de controle das plantas daninhas durante todo o ciclo da cultura ocasionou redução de, aproximadamente, 25% no diâmetro do colmo. A redução dessa variável pode tornar as plantas mais sensíveis ao acamamento e ao quebramento, afetando as operações de colheita da cultura e, conseqüentemente, reduzindo a produtividade e qualidade do produto final. A interferência imposta pela comunidade infestante durante todo o ciclo de desenvolvimento da cultura ocasionou redução na produtividade de, aproximadamente, 50% (Figura 2).

O período de controle da comunidade infestante estabelecido por esses autores, para a cultivar de sorgo sacarino BRS 511, cultivada sob condições de solo e clima similares às do município de Sinop (MT), corresponde ao intervalo entre a terceira e a décima primeira folha completamente expandida (V3 a V11) ou 14 a 58 DAE (Figura 2).

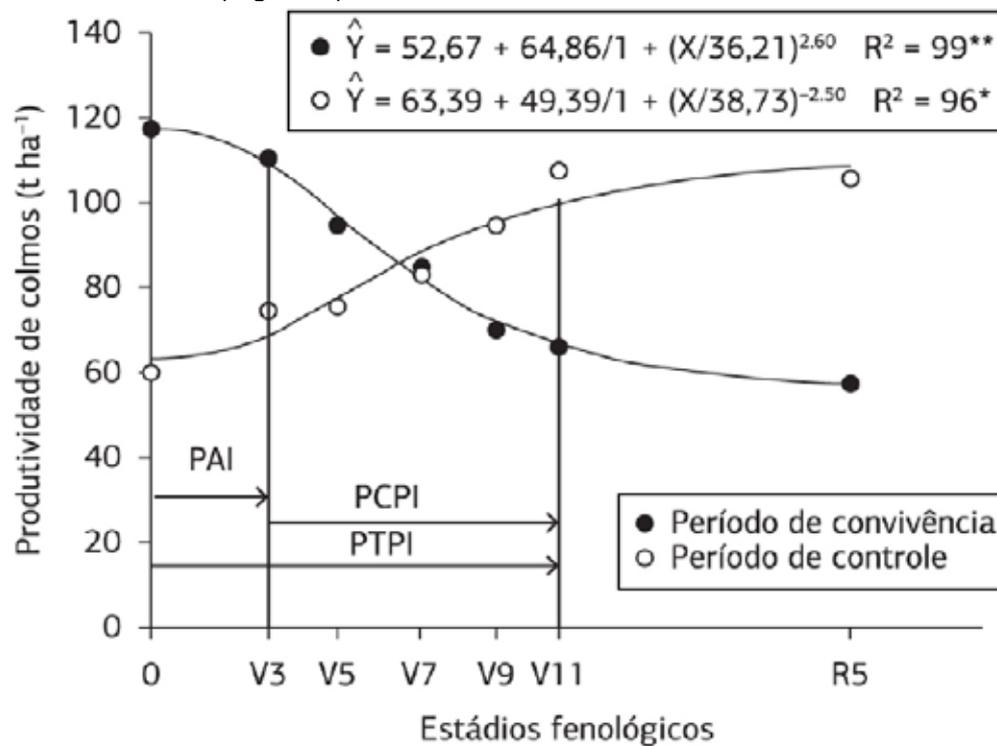


Figura 2. Produtividade de colmos de sorgo sacarino (kg ha^{-1}), cultivar BRS 511, em função dos períodos iniciais de controle e de convivência das plantas daninhas no Centro-Oeste do Brasil.

Fonte: adaptado de Silva et al. (2014).

Dessecação pré-plantio

O primeiro passo para que uma lavoura se mantenha sem infestação de plantas daninhas é efetuar a semeadura da cultura no limpo, ou seja, com o menor número de plantas daninhas estabelecidas possível. Logo, não se deve deixar propositalmente plantas daninhas para serem controladas após o plantio do sorgo sacarino, pois há limitações no controle químico de plantas daninhas, devido ao pequeno número de produtos registrados no Mapa e seletivos à cultura. A dessecação deve ser realizada de 10 a 20 dias antecedendo o plantio, dependendo das plantas daninhas presentes e seu estágio de desenvolvimento, com um herbicida sistêmico de ação total (normalmente o glifosato), isolado ou associado a outros ingredientes ativos que o auxiliem no controle das plantas daninhas presentes na área. Se necessário, a dessecação pode ser complementada com uma aplicação sequencial de herbicida de ação total de contato entre 8 e 15 dias após a primeira aplicação, quando então deve-se efetuar o plantio o mais rápido possível.

Outro cuidado refere-se ao residual dos herbicidas utilizados na operação de dessecação. O herbicida 2,4-D, embora eficiente sobre espécies de folhas largas, pode ocasionar algum efeito sobre a germinação e emergência de gramíneas, exigindo, em diversos casos, intervalo mínimo de 7 dias entre sua aplicação e o plantio. Além disso, devido à ampla ocorrência e dificuldade de controle do capim-amargoso, alguns herbicidas graminicidas (inibidores da enzima ACCase) foram registrados junto ao Mapa para uso na operação de dessecação pré-plantio de algumas culturas; quando esses forem aplicados, o intervalo mínimo de 15 dias deve ser respeitado entre sua aplicação e o plantio do sorgo sacarino, para evitar danos à cultura.

Controle de plantas daninhas pós-plantio

Para pequenas áreas, agricultura familiar, e outras situações em que exista mão de obra disponível, o controle mecânico de plantas daninhas é efetivo em reduzir o nível de interferência dessas sobre a cultura; no entanto, se mal executado, pode ocasionar graves danos ao sorgo, por afetar o sistema de raízes, com redução na produtividade, quando comparado ao controle químico com produtos seletivos à cultura (Concenço et al., 2012). Além disso, como a capina não apresenta “efeito residual” de controle como um herbicida pré-emergente, normalmente uma única capina é insuficiente para o controle das plantas daninhas no sorgo (Andres et al., 2009), fazendo com que o custo do controle se eleve demasiadamente com a realização de duas ou mais práticas mecânicas de manejo de plantas daninhas ao longo do ciclo do sorgo sacarino.

Para o controle químico de plantas daninhas na cultura do sorgo sacarino, utiliza-se majoritariamente o herbicida atrazine (Dan et al., 2011), cujo mecanismo de ação inibe o fotossistema II com certo nível de seletividade para a cultura do sorgo (Silva et al., 2007a). É bastante restrita a lista de produtos registrados e recomendados para aplicação na cultura do sorgo (Tabela 1).

Tabela 1. Herbicidas registrados e indicados para controle de plantas daninhas na cultura de sorgo.

Ingrediente ativo	Produto comercial	Formulação ¹ e concentração (g L ⁻¹ ou kg ⁻¹)	Dose de aplicação (kg ou L ha ⁻¹)	Época de aplicação ²	Classificação		Intervalo de segurança ⁵ (dias)
					Toxicológica ³	Ambiental ⁴	
Atrazine	Aclamado BR	SC 500	4,0 – 5,0	Pré/Pós	II	II	NE
	Atraer WG	WG 900	2,0 – 3,0	Pré/Pós	III	II	NE
	Atralhida	WG 900	2,0 – 3,0	Pré/Pós	III	II	NE
	Atranex WG	WG 900	2,0 – 3,0	Pré/Pós	I	III	NE
	Atrazina Atanor 50 SC	SC 500	4,0 – 5,0	Pré/Pós	III	III	NE
	Atrazina Nortox 500 SC	SC 500	3,0 – 6,5	Pré/Pós	III	II	NE
	Atrazina 500 SC Rainbow	SC 500	4,0 – 5,0	Pré/Pós	III	II	NE
	Coyote WG	WG 900	2,0 – 3,0	Pré/Pós	I	III	NE
	Facero SC	SC 500	4,0 – 5,0	Pré/Pós	III	II	NE
	GesaprimGrDa	WG 880	2,0 – 3,0	Pré/Pós	III	II	NE
	Gesaprim 500 Ciba-Geigy	SC 500	4,0 – 5,0	Pré/Pós	IV	II	NE
	Herbitrin 500 BR	SC 500	4,0 – 8,0	Pré	III	NA	NE
	Herbzina Plus	WG 900	2,0 – 3,0	Pré/Pós	III	II	NE
	Proof	SC 500	4,0 – 5,0	Pré/Pós	IV	II	NE
2,4-D	2,4-D Nortox	SL 806	0,4 – 0,7	Pós	I	III	NE
	Pooper	SL 806	0,4 – 0,7	Pós	I	III	1
Flumioxazin	Flumyzin 500	WP 500	60g	Pós (ervas)	II	III	30
	Sumisoya	WP 500	60g	Pós (ervas)	II	III	30
Paraquat	Gramoxone 200	SL 200	1,5 – 3,0	Dessecação	II	II	7

¹ SC/SL= concentrado solúvel; WG = granulado dispersível; WP = pó molhável.

² Pré = pré-emergência; Pós = pós-emergência; Dessecação = aplicação na ausência da cultura.

³ I – Extremamente tóxico; II – Altamente tóxico; III – Medianamente tóxico; IV – Pouco tóxico.

⁴ II – Produto muito perigoso; NA – Não Avaliado.

⁵ NE – Não especificado, devido à modalidade de aplicação; SI – Sem informação.

NOTA: tabela válida na data de redação do referido documento. Consultar regularmente o sistema Agrofit/Mapa para verificar alterações nos registros de produtos para a cultura do sorgo.

O herbicida atrazine, aplicado em pré-emergência das plantas daninhas na cultura do sorgo, tem potencial para controlar mais de 90% da infestação com doses entre 1.500 e 3.000 g ha⁻¹ (Tabela 2). A aplicação em pós-emergência de atrazine não é eficiente para controle de gramíneas no estágio de perfilhamento, e a produtividade pode ser comprometida caso a área tenha alta infestação. O controle adequado de plantas daninhas pode ser obtido com aplicação em pré-emergência da cultura e das plantas daninhas, a partir da dose de 1.500 g ha⁻¹ de atrazine (Tabela 2), desde que os requisitos básicos envolvendo a tecnologia de aplicação sejam atendidos. Entende-se como importantes os pontos relacionados à regulagem do pulverizador, treinamento do pessoal envolvido e condições ambientais satisfatórias. Ressalta-se que é imprescindível haver adequada umidade do solo, para que a ação pré-emergente da atrazine seja eficiente.

Tabela 2. Percentagem de controle de plantas daninhas na cultura do sorgo em função do sistema de implantação da cultura e herbicidas

Tratamento	Sistema de Cultivo		
	Cultivo mínimo	Sistema direto	Sistema convencional
Testemunha infestada	A 00,00 b ¹	A 00,00 c	A 00,00 b
Atrazine 1500 PRE g ha ⁻¹	A 88,29 a	A 95,22 a	A 94,59 a
Atrazine 2000 PRE g ha ⁻¹	A 93,27 a	A 97,53 a	A 97,50 a
Atrazine 2500 PRE g ha ⁻¹	A 94,20 a	A 97,42 a	A 98,90 a
Atrazine 3000 PRE g ha ⁻¹	A 97,19 a	A 99,30 a	A 99,81 a
Atrazine + assist 2000+500 POS g ha ⁻¹	B 00,00 b	A 38,63 b	B 04,28 b
Médias Sistema	A 59,08	A 75,68	A 70,03
CV _{herb} = 17,8%	CV _{sist} = 10,8%	F _{sist} = ns	F _{herb} = **

¹ Médias seguidas por mesmas letras maiúsculas na linha, e minúsculas na coluna, não diferem de acordo com o teste de Duncan em nível de 5% de probabilidade.

Fonte: Concenço et al. (2012). PRE = pré-emergência; POS = pós-emergência.

O herbicida paraquat é registrado para a cultura do sorgo sacarino para uso tanto em dessecação pré-plantio como em pós-emergência tardia em jato dirigido (Tabela 1). Logo após a aplicação, se houver radiação solar, as folhas sofrem queimaduras advindas do estresse oxidativo oriundo do desvio de elétrons no fluxo próximo ao fotossistema I (Cobb; Reade, 2010). Esse herbicida não apresenta efeito residual no solo, tendo somente ação de contato nas plantas. Portanto, quando utilizado na dessecação, requer adequado volume de calda, adjuvante específico e perfeita distribuição da calda sobre as plantas infestantes.

Além disso, por ser herbicida dessecante com ação de contato, seu uso deve preferencialmente suceder a dessecação da área com herbicida sistêmico de ação total, como o glifosato, em uma aplicação sequencial. Assim, indica-se dessecar a área com glifosato (ou glifosato + 2,4-D, dependendo da composição da infestação), e se necessário, 8 a 13 dias após essa aplicação, fazer uso do paraquat, complementarmente.

Em aplicações de pós-emergência dirigida tardia, o herbicida paraquat é mais seguro às plantas de sorgo do que o glifosato, por exemplo, por ter somente ação de contato (afeta somente as partes que entraram em contato com a calda herbicida). Assim, deve ser aplicado entre as linhas da cultura, de forma que não alcance os colmos das plantas, e que atinja no máximo as folhas mais baixas do sorgo. O momento ideal para a aplicação, se necessária, é quando as plantas de sorgo estão com pelo menos oito folhas expandidas e aproximadamente 40 cm a 50 cm de altura (May et al., 2012).

Em áreas pequenas, a aplicação pode ser feita com equipamento pulverizador costal manual de ponta única, preferencialmente adotando-se o uso de equipamento chamado de “chapéu de Napoleão”, que, acoplado à ponta de pulverização, limita a distribuição do leque da calda herbicida durante a aplicação. Em áreas maiores, a pulverização tratorizada deve ser realizada com pingentes que mantenham a ponta de pulverização mais próxima ao solo, ou então com equipamento adaptado, em que cada ponta de pulverização da barra esteja na extremidade de uma mangueira com o “chapéu de Napoleão”, guiada manualmente por um operário por entrelinha. Não se deve realizar a aplicação em pós-emergência dirigida se as plantas estiverem muito altas, sob o risco de quebrá-las.

Herbicidas não registrados para a cultura do sorgo, mas que poderiam, na prática, apresentar menor fitotoxicidade à cultura do sorgo, não devem ser usados. Reis (2014) relata que o crescimento do sorgo sacarino é afetado pela aplicação da mistura atrazine+S-metolachlor, e que essa mistura também afeta o °Brix e as concentrações de sacarose e açúcares totais do caldo.

O controle de gramíneas em sorgo sacarino deve ser executado preferencialmente em pré-emergência. Em pós-emergência inicial, o herbicida atrazine promove níveis menores de controle, devendo ser aplicado com as plântulas de espécies daninhas em estágio inicial de crescimento. O efeito residual do herbicida atrazine no solo proporciona menor reinfestação da área. Se houver reinfestação de plantas daninhas após o uso do pré-emergente, pode ser realizada uma complementação de manejo com uma capina mecânica, quando as plantas de sorgo apresentarem quatro a cinco folhas. Para tal, é importante o acompanhamento da lavoura por parte de técnicos e produtores.

O controle mecânico de plantas daninhas por meio de capinas pode ser utilizado com eficiência em áreas menores e/ou onde haja mão de obra disponível, sendo que o ideal é a realização de três capinas, aproximadamente aos 15, 35 e 50 dias após a emergência da cultura, o que – dependendo das características ambientais locais – pode corresponder aos estádios de 3, 4-5 e 6-8 folhas do sorgo, respectivamente. Considerando-se o aspecto econômico, somente duas capinas podem ser mais viáveis, devido ao custo da terceira operação de controle. Como regra geral, salienta-se que apenas uma capina não é suficiente para manter o sorgo livre da competição com plantas daninhas, resultando em produtividades muito baixas em relação ao que poderia ser obtido com o manejo mecânico adequado.

Princípios do manejo integrado de plantas daninhas

O conceito de Manejo Integrado de Plantas Daninhas (MIPD) foi proposto para (i) diminuir a densidade de plantas daninhas em culturas emergentes, (ii) reduzir a sua capacidade competitiva relativa, e (iii) para controlar plantas daninhas emergidas usando-se técnicas não químicas, com o objetivo global de reduzir a demanda de herbicidas nos sistemas de produção. O MIPD engloba o uso conjunto de todas as opções de controle de plantas daninhas disponíveis. Para definir as estratégias corretas de manejo, é necessário conhecer a habilidade competitiva das espécies daninhas em relação à cultura (Silva et al., 2007b).

Normalmente, não é levado em consideração que um bom programa de manejo de plantas daninhas deva permitir a produção máxima no menor tempo possível, com o maior rendimento econômico. Wilson et al. (2009), ao compararem modelos de produção de propriedades agrícolas com modelos teóricos de MIPD, concluíram que os agricultores o compreendem, mas não o praticam. A falta de adoção pode ser atribuída a lacunas na compreensão da dispersão das plantas daninhas, e à tendência a negligenciar riscos associados ao manejo equivocado.

As estratégias para o MIPD podem ser divididas em efetivas a (i) curto ou (ii) longo prazo. Medidas como capina ou emprego direto de herbicidas (controle químico) podem ser consideradas como de curto prazo, representando apenas o controle temporário, exigindo novas aplicações a cada safra. No caso das medidas de longo prazo, determinadas práticas culturais apresentam caráter permanente e demandam maiores mudanças no manejo. Os principais pontos de um programa de manejo integrado de plantas daninhas são:

- uso de práticas agronômicas que limitem a introdução e disseminação de plantas daninhas, evitando problemas antes que eles ocorram;
- adoção de medidas que favoreçam a cultura na competição com as plantas daninhas;
- utilização de práticas que mantenham as plantas daninhas em condições desfavoráveis e não permitam sua adaptação.

Combinar práticas agronômicas com base nessas regras permitirá ao produtor elaborar um programa de MIPD para sua realidade. Não há receita única para todas as condições e anos; o planejamento deverá ser modificado e atualizado continuamente. O objetivo é manejar, não erradicar as plantas daninhas que estiverem em determinada lavoura.

Controle de plantas daninhas tardias para favorecer a colheita

As plantas daninhas são responsáveis não apenas pelos prejuízos diretos causados em culturas de importância econômica, como a competição por recursos do ambiente e a redução na produtividade. Há, ainda, um conjunto de consequências indiretas geradas pela interferência dessas espécies no cultivo do sorgo sacarino. Entre elas, pode-se citar a perda de qualidade do produto final, que muitas vezes é diretamente relacionado ao retorno financeiro ao produtor, principalmente no caso de produção de sementes, e ainda a inviabilização da colheita, seja ela mecanizada ou manual, pois plantas daninhas como a corda-de-viola (*Ipomoea* spp.), devido ao seu hábito de crescimento trepador, podem interferir na operação de colheita. No caso de colheita manual, espécies como o picão-preto (*Bidens* spp.), capim-carrapicho (*Cenchrus echinatus*) e carrapicho-de-carneiro (*Acanthospermum hispidum*) podem ferir o trabalhador durante o corte da cultura de interesse (Azania et al., 2002; Nepomuceno et al., 2007; Salgado et al., 2002).

Portanto, o controle adequado das plantas daninhas ao longo do ciclo de cultivo do sorgo também evita o estabelecimento de plantas daninhas que possam interferir nas operações finais do ciclo da cultura, sendo importante o uso de herbicidas seletivos com efeito residual, como atrazine. Dan et al. (2010) relatam que, em condições experimentais, o 2,4-D controlou plantas daninhas em pós-emergência até o estágio de nove folhas do sorgo, sem causar grandes reduções na matéria seca da parte aérea e no rendimento de grãos. Como esse princípio ativo é registrado para aplicação em pós-emergência do sorgo (Tabela 1), pode constituir importante ferramenta para diminuir os efeitos da interferência das plantas daninhas no final do ciclo da cultura. Pode-se, inclusive, realizar a aplicação sequencial de 2,4-D, complementando o controle das infestantes sensíveis, já intoxicadas pelo herbicida residual.

Principais espécies daninhas do sorgo sacarino

As plantas daninhas mais importantes no cultivo do sorgo em terras baixas do Sul do Brasil, onde a cultura participa de estratégias de rotação de culturas ao arroz irrigado, são papuã (*Urochloa plantaginea*) e capim-arroz (*Echinochloa crus-galli*) (Andres et al., 2009), cujos altos níveis de infestação

(Figura 3) e característica de metabolismo C_4 as tornam altamente competitivas com a cultura, em razão principalmente do rápido estabelecimento e crescimento, associados à capacidade de sombreamento já nos estádios iniciais de desenvolvimento (Larcher, 2000).

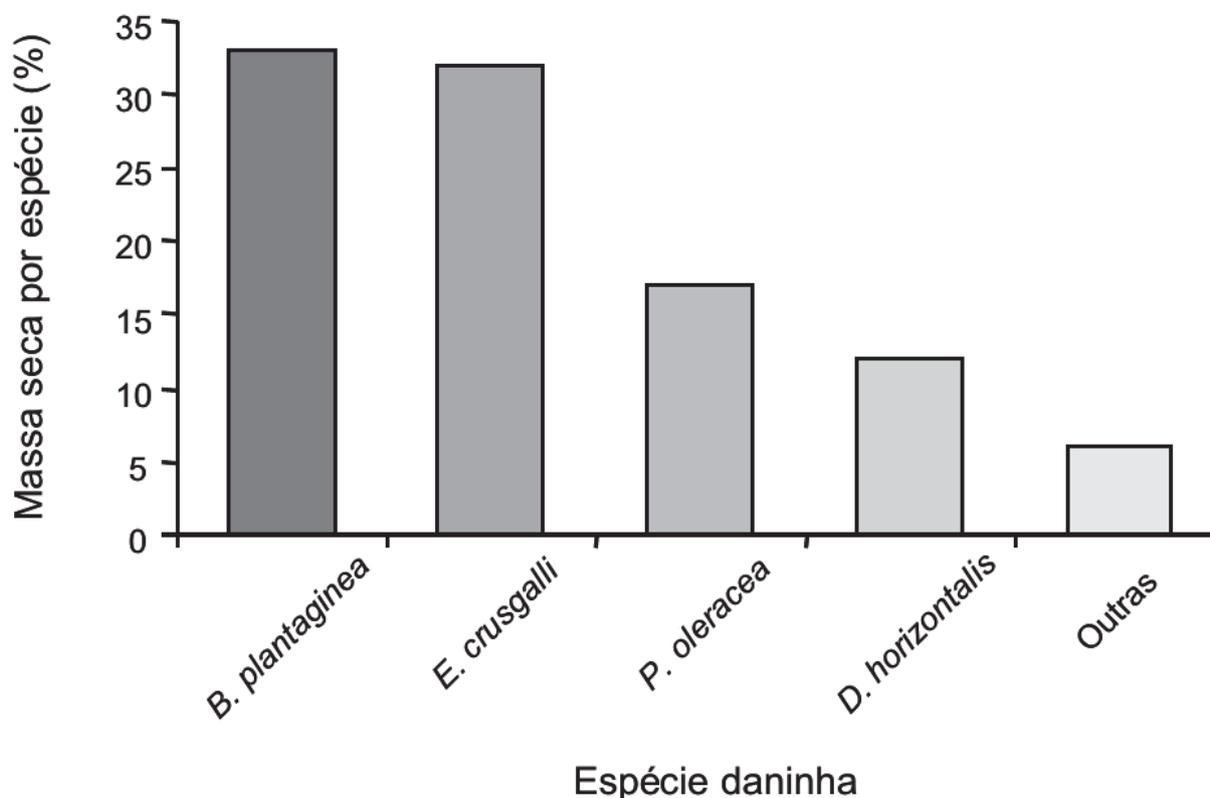


Figura 3. Participação percentual aproximada das principais plantas daninhas na comunidade infestante. Na categoria “outras” incluem-se *Aeschynomene* sp. e *Cyperus* sp.

Fonte: Andres et al. (2009).

Além do papuã e do capim-arroz, plantas daninhas consideradas secundárias ou de menor importância, por não serem adaptadas ao ambiente de terras baixas, como a trapoeraba (*Portulaca oleraceae*) e o milhã (*Digitaria horizontalis*), podem causar problemas para culturas em rotação como o sorgo, por se tratar de plantas com metabolismo fotossintético C_4 e por ocorrerem em grande quantidade quando esse ambiente é alterado (Erasmu et al., 2004).

Reis (2014) relata que diversas espécies daninhas foram importantes na cultura do sorgo sacarino nas condições do Sudeste do Brasil (Figura 4), sendo *Avena strigosa* e *Coronopus didymus* as que apresentaram maior valor de importância; esse índice leva em consideração a frequência, a densidade e a abundância relativas, em relação ao total de plantas ocorrentes na área. Porém, apesar de ocorrerem em maior frequência, abundância e em altas densidades, essas espécies são controladas por herbicidas registrados para a cultura do sorgo (Tabela 1).

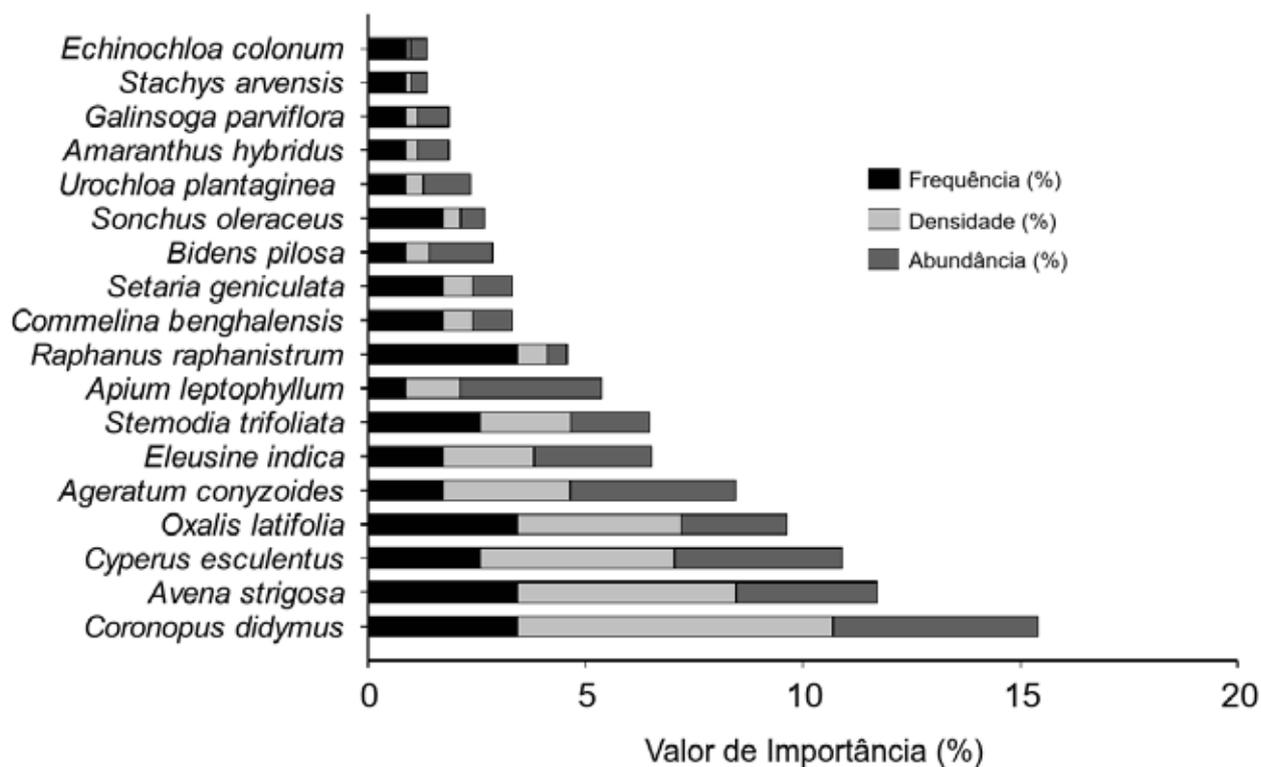


Figura 4. Plantas daninhas mais importantes na cultura do sorgo nas condições do Sudeste do Brasil, em função da freqüência, densidade e abundância de ocorrência.

Fonte: adaptado de Reis (2014).

Danos por herbicidas residuais aplicados à cultura antecessora

O primeiro cuidado que deve ser tomado ao implantar uma lavoura de sorgo sacarino é garantir que o solo não apresenta resíduos de herbicidas tóxicos ao sorgo, que tenham sido aplicados na cultura antecessora. No caso do uso do sorgo em áreas de renovação de canaviais, o risco à cultura é muito grande, pois normalmente na cana são utilizadas altas doses de herbicidas com longa persistência, estabilidade e meia-vida no solo (Vidal, 2011).

O período em que o herbicida permanecerá no solo, causando danos às culturas semeadas em sucessão, dependerá de fatores associados tanto às características físico-químicas da molécula herbicida, quanto às condições ambientais, como as propriedades edafoclimáticas intrínsecas do solo. Para os produtos listados na Figura 5, aplicados no final da primavera em solo argiloso, foi necessário intervalo mínimo de 90 dias entre a aplicação das doses de rótulo e o plantio do sorgo, para que não fossem observados danos significativos à germinação da cultura.

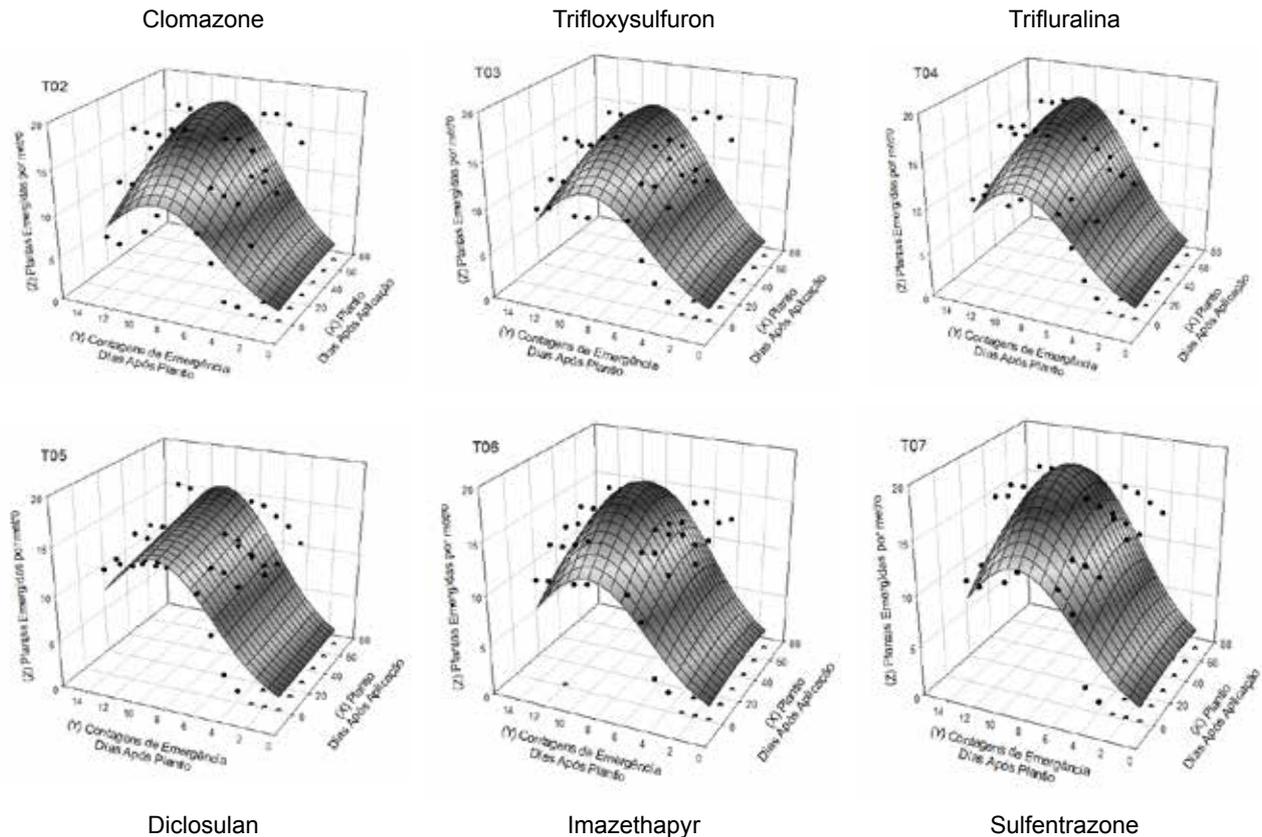


Figura 5. Emergência de plantas de sorgo sacarino cultivar BRS 506, em função do plantio em dias após a aplicação de herbicidas residuais, com contagens diárias por 14 dias após cada plantio. Embrapa Agropecuária Oeste, Dourados, MS, 2013.

Para herbicidas de residual mais longo como tebuthiuron e outros largamente utilizados na cultura da cana-de-açúcar, no entanto, períodos superiores a um ano entre a aplicação do herbicida e o plantio do sorgo podem ser necessários. Devido a isso, em áreas de cana onde há previsão da entrada de sorgo sacarino na renovação do canavial, indica-se não aplicar herbicidas de longo efeito residual nos dois últimos anos de ciclo da cana, para que haja intervalo suficiente para que os resíduos presentes no solo sejam degradados a níveis que não afetem a cultura, antes do plantio do sorgo.

Uma forma alternativa de avaliar, previamente ao plantio, se há resíduos de herbicidas que podem ser tóxicos ao sorgo, é a realização de um bioensaio. Este consiste na coleta de amostras de solo da área a ser plantada, que devem ser depositadas em bandejas ou vasos plásticos e levados para ambiente controlado (como casa-de-vegetação) com plantio imediato de sorgo. Se há resíduos de herbicidas em níveis tóxicos no solo, as plântulas do sorgo exibirão os sintomas. Para maiores detalhes sobre a realização de um bioensaio, sugere-se consultar Blanco e Velini (2005) ou literatura especializada.

Um cuidado que deve ser tomado no bioensaio é a coleta de solo em diversas profundidades; produtos com alta mobilidade e solubilidade no solo podem ser lixiviados para camadas mais profundas em épocas de maior precipitação, retornando à superfície por capilaridade junto com a água nas épocas mais secas.

Colheita e extração de caldo

Beatriz Marti Emygdio

O ponto ideal de colheita e o período de utilização industrial (PUI) são determinados por meio dos valores de Brix, açúcares redutores e totais (ART), e porcentagem de caldo, na curva de maturação de cada cultivar, ao longo do ciclo (Mantovani et al., 2012).

Para que seja viável economicamente a cultura do sorgo sacarino, não basta uma boa produção de biomassa, existem outros parâmetros e requisitos que devem ser atendidos, como por exemplo, ART mínimo de 12,5% e período de utilização industrial (PUI) de, no mínimo, 30 dias. O ART de 12,5%, que corresponde aproximadamente a Brix de 14,5, é desejável para que haja eficiência nos processos fermentativos (Parrella; Schaffert, 2012).

O PUI compreende o período em que uma cultivar estará apta para a colheita no campo, mantendo os padrões mínimos de rendimento estabelecidos para viabilizar o cultivo, ou seja, número de dias em que a cultivar apresenta ART acima de 12,5%, sendo isso extremamente importante para o planejamento da colheita e do processamento industrial. Para determinação do PUI, deve-se caracterizar a curva de maturação, devendo essa ser realizada no ambiente onde a cultivar será usada (Schaffert; Parrella, 2012).

Trabalhos realizados em diferentes regiões do Brasil têm demonstrado que as cultivares da Embrapa de sorgo sacarino apresentam PUI superior a 30 dias (Martins, 2014; Souza et al., 2014; Biondo, 2015). Estudos também têm demonstrado que o PUI de variedades são superiores ao PUI de híbridos de sorgo sacarino (Martins, 2014; Furtado et al., 2015; Souza et al., 2016).

Assim, considerando-se que o PUI é específico para cada cultivar, e que ele varia em função do ambiente, não há como fazer uma recomendação padrão, devendo a curva de maturação de cada cultivar ser determinada no ambiente de cultivo.

Curva de maturação para cultivares de sorgo sacarino no RS

Emygdio et al. (2017) determinaram a curva de maturação fisiológica para três cultivares de sorgo sacarino da Embrapa, BRS 506, BRS 509 e BRS 511, na região sudeste do Rio Grande do Sul, durante quatro safras (de 2012/2013 a 2015/2016). Foram feitas colheitas sequenciais, iniciadas a partir do florescimento, 107 dias após a semeadura. Foram feitos seis cortes, com intervalo de sete dias entre colheitas, aos 107, 114, 121, 128, 135 e 142 dias após a semeadura (DAS). As cultivares foram avaliadas quanto às variáveis: produção de biomassa ($t\ ha^{-1}$), produção de caldo, extraído a partir de massa verde ($L\ t^{-1}$), porcentagem de extração de caldo, medido pela diferença entre a produção de caldo e a produção de bagaço e sólidos solúveis totais, em °Brix (%).

Todas as cultivares demonstraram comportamento muito semelhante, para todas as variáveis analisadas, ao longo das seis colheitas. A produção de biomassa, no período de 107 a 135 dias após a semeadura (DAS), de todas as cultivares, foi superior à meta mínima de produção estabelecida para cultivares da Embrapa de sorgo sacarino (acima de $50\ t\ ha^{-1}$), segundo Durães et al (2012). Aos 142 DAS, a produção de biomassa de todas as cultivares caiu para a faixa de $40\ t\ ha^{-1}$, desempenho inferior àquele estabelecido como meta para essas cultivares, e considerado baixo, segundo os critérios estabelecidos por Miranda (2012), com foco na viabilidade econômica da cultura (Figura 1).

No período de 107 a 135 DAS, as produções de biomassa das três cultivares oscilaram entre os níveis médio-baixo (acima de 50 t ha⁻¹) e médio-alto (acima de 60 t ha⁻¹), segundo os critérios definidos por Miranda (2012), para o alcance da viabilidade econômica. Somente aos 107 DAS, as cultivares BRS 506 e BRS 511 produziram acima de 70 t ha⁻¹ de biomassa, mas ainda assim dentro da faixa de produção considerada média-alta (Figura 1).

Souza et al. (2016), ao estudarem a curva de maturação de sete cultivares de sorgo sacarino, híbridos e variedades, verificaram produções de massa verde nas faixas de 70 e 100 t ha⁻¹, para a primeira colheita, feita durante a floração. No entanto, para as colheitas subsequentes, da mesma forma que neste estudo, verificou-se redução nos níveis de produção para a quase totalidade das cultivares avaliadas, que, aos 42 dias após o florescimento, foram inferiores a 70 t ha⁻¹.

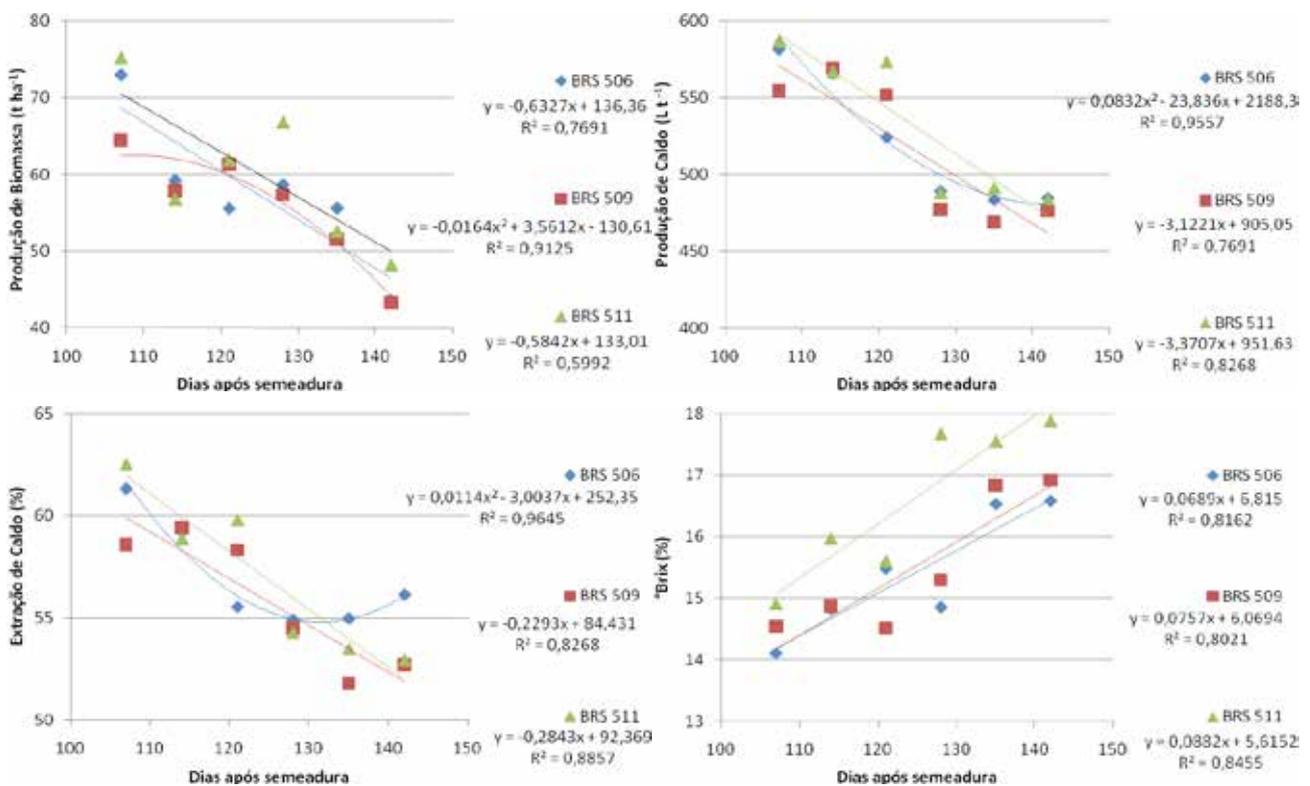


Figura 1. Equações de regressão entre as variáveis produção de biomassa, produção de caldo, porcentagem de extração de caldo e teor de sólidos solúveis totais, em °Brix, e dias após a semeadura (DAS), para três cultivares de sorgo sacarino.

Fonte: Emygdio et al., 2017.

A variável produção de caldo, para todas as cultivares, apresentou comportamento semelhante, com reduções gradativas à medida que se avançou com as colheitas semanais. Para as três primeiras colheitas, período de 107 a 121 DAS, a produção de caldo foi superior a 500 L t de massa verde⁻¹, sofrendo reduções a partir dos 128 DAS (Figura 1). Desse período (128 DAS) até a última colheita, aos 142 DAS, a produção de caldo, apesar de menor, manteve-se estável.

Para a variável porcentagem de extração de caldo, da mesma forma, verificou-se um padrão de comportamento para as cultivares entre 107 e 121 DAS, com reduções pequenas e gradativas a partir dos 128 DAS. A porcentagem de extração de caldo nas três primeiras colheitas oscilou entre 55% e 61% para a cultivar BRS 506, entre 59% e 62% para BRS 511. Para a cultivar BRS 509, manteve-se estável nesse período (Figura 1). Resultados muito semelhantes foram observados por Parrella e Schaffert (2012), ao traçarem a curva de extração de caldo para cinco cultivares de sorgo sacarino, entre elas, BRS 509 e BRS 511.

Extração de caldo superior foi observada por Martins (2014), também para as cultivares BRS 509 e BRS 511, entre outras que avaliou. No período compreendido entre 108 e 136 DAS, a extração de caldo observada foi em torno de 68%.

O teor de SST (°Brix) teve comportamento inverso às demais variáveis estudadas, como era esperado, ou seja, à medida que se avançou com as colheitas semanais, o teor de SST aumentou gradativamente.

Com exceção da cultivar BRS 506 na primeira colheita (aos 107 DAS), o teor de sólidos solúveis totais de todas as cultivares e em todas as colheitas foi superior ao mínimo estabelecido, de 14,2%. No período entre 107 e 128 DAS, o teor de SST das cultivares BRS 506 e BRS 509 oscilou na faixa de 14% a 15%, subindo para valores superiores a 16% a partir de 135 DAS (Figura 1). Para a cultivar BRS 511, no período entre 107 e 121 DAS, o teor de SST se manteve entre 14,9% e 15,9%, passando para uma faixa superior (acima de 17%) a partir dos 128 DAS (Figura 1). Resultados muito semelhantes, para teor de SST das cultivares BRS 509 e BRS 511, foram observados por Furtado et al. (2015), no entanto, com PUI inferior a 30 dias.

Com base nos resultados apresentados, o PUI para a cultivar BRS 506, na região sudeste do RS, foi de 28 dias, sugerindo que a colheita, para máxima produtividade de etanol, seja feita no período de 114 a 142 DAS. Para as cultivares BRS 509 e BRS 511, o PUI foi de 35 dias, resultado extremamente promissor para indústria, sugerindo que as colheitas sejam feitas no período de 107 a 142 DAS.

Martins (2014), que determinou o PUI para as cultivares BRS 509 e BRS 511 em Minas Gerais, obteve resultados semelhantes, sendo PUI superior a 30 dias para BRS 511 e superior a 35 dias para BRS 509. Biondo (2015), que avaliou as cultivares BRS 506 e BRS 511, na região central do RS, verificou teores de sólidos solúveis totais similares, chegando a um PUI superior a 30 dias para essas cultivares.

Todas as cultivares avaliadas apresentaram desempenho desejável, alcançando os padrões mínimos de produção de biomassa e teor de SST, com foco na viabilidade econômica e eficiência nos processos fermentativos. A cultivar BRS 506 não alcançou o PUI mínimo, mas ficou muito próxima dele. A cultivar BRS 511 destacou-se pelo maior teor de SST. Em função do maior PUI (>30 dias), as cultivares BRS 509 e BRS 511 podem ser colhidas mais cedo e por período maior, em comparação à cultivar BRS 506.

Métodos de colheita e de extração de caldo

No Brasil, ainda não existem máquinas adequadas, específicas, para a colheita mecânica do sorgo sacarino. Quando cultivado em grandes áreas, o sorgo sacarino tem sido colhido com colhedoras de cana-de-açúcar ou máquinas forrageiras autopropelidas (Mantovani et al., 2012). Quando cultivado em pequena escala, em geral em pequenas propriedades, a colheita é manual ou é feita com ensiladeiras de pequeno porte, acopladas a um trator (Figura 1).



Foto: Beatriz Marti Emygdio

Figura 2. Colheita de sorgo sacarino com ensiladeira, acoplada a trator.

O método de extração de caldo de cultivares de sorgo sacarino é diretamente influenciado pelo método de colheita que, por sua vez, define a forma e a qualidade do material a ser processado. Em geral, quando a colheita é realizada com colhedoras de cana-de-açúcar, no momento da colheita ocorre o corte das panículas e a retirada das folhas, e, nesse caso, o caldo é extraído a partir de colmos limpos (sem folhas e sem panícula). Quando colhido com ensiladeiras e forrageiras, o caldo é extraído a partir da biomassa total, planta inteira triturada (Figura 2) (Emygdio et al., 2012).



Fotos: Beatriz Marti Emygdio

Figura 3. Extração de caldo de sorgo sacarino a partir de biomassa total.

Como o caldo a ser extraído encontra-se presente nos colmos, espera-se que haja redução na produção de caldo quando esse é extraído a partir de massa verde (colmos com folhas) e de biomassa total (colmos, folhas e panículas), em comparação à produção de caldo a partir de colmos limpos, que representa o potencial máximo de produção de caldo de uma determinada cultivar (Emygdio et al., 2012).

Segundo Ribeiro Filho et al. (2008), quando a extração do caldo é feita a partir de colmos limpos, sem folhas, o rendimento de caldo aumenta em 5%. Buscando verificar o quanto o método afeta a eficiência da extração de caldo, em cultivares de sorgo sacarino usadas no Rio Grande do Sul, Emygdio et al (2012) comparam diferentes métodos de extração.

Os autores verificaram grandes diferenças na produção de caldo, em função dos diferentes métodos de extração, para todas as cultivares avaliadas. O método de extração de caldo a partir de colmos limpos, sem folhas e sem panículas, foi o mais eficiente, com efeito direto sobre a eficiência de extração, medida pela porcentagem de extração. O método de extração de caldo não afetou, no entanto, o teor de sólidos solúveis totais, °Brix (Tabela 1).

As diferenças de produção de caldo, em função do método de extração, observadas por Emygdio et al. (2012), foram muito superiores àquela observada por Ribeiro Filho et al. (2008). A produção de caldo a partir de massa verde caiu 13%, quando comparada à produção de caldo a partir de colmos limpos. A redução foi ainda mais drástica quando a extração foi feita a partir de biomassa total, caindo de 605 L t⁻¹ para 399 L t⁻¹, o que significa uma redução de 35% (Tabela 1).

Tabela 1. Dados médios* dos parâmetros industriais produção de caldo (PC) em L t⁻¹, porcentagem de extração de caldo (EC) e graus Brix (°Brix) de cultivares de sorgo sacarino em função de diferentes métodos de extração, na região sudeste do RS.

Método de extração**	Cultivar	PC (L t ⁻¹)	EC (%)	Brix (%)			
Colmo limpo	BRS 506	611	a	66	a	14,7	a
	F18	577	a	61	a	11,5	b
	F19	627	a	67	a	13,8	a
	Média	605		65		13,3	
Massa verde	BRS 506	537	b	55	b	16,2	a
	F18	493	b	52	b	13,5	a
	F19	541	b	57	b	14,3	a
	Média	524		55		14,6	
Biomassa	BRS 506	440	c	48	c	15,3	a
	F18	379	d	41	d	13,9	a
	F19	377	d	42	d	14,8	a
	Média	399		44		14,7	
	Média Geral	509		55		14,2	
	CV(%)	7,0		14,2		6,8	

* Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Scott Knott ($p < 0,05$); Método de extração: Colmo limpo – extração de caldo a partir de colmos desfolhados e sem panícula; Massa verde – extração de caldo a partir de colmos com folhas e sem panícula; Biomassa – extração de caldo a partir de colmos com folhas e com panícula.

Fonte: Emygdio et al., 2012.

Estudos semelhantes ao apresentado na Tabela 1 foram feitos para outras cultivares, associados a efeitos de época de semeadura e de espaçamentos entre linhas (Emygdio et al., 2014). Conforme já discutido no capítulo “Época de semeadura”, juntamente com efeitos ambientais, a época de semeadura é um dos fatores que mais influenciam o desempenho de cultivares de sorgo sacarino e que podem, inclusive, determinar a viabilidade do cultivo.

Da mesma forma que Emygdio et al. (2012) verificaram, a produção de caldo das cultivares de sorgo sacarino BRS 506 e BRS 511 foi fortemente afetada pelo método de extração. A produção média de caldo sofreu redução de 17% para a cultivar BRS 506 e de 13% para a cultivar BRS 511, quando a extração foi feita a partir de colmos limpos e de biomassa total (Emygdio et al., 2014).

As diferentes épocas de semeadura e espaçamentos entre linhas não afetaram as variáveis produção de caldo e porcentagem de extração, para a cultivar BRS 506, quando adotou-se o método de extração a partir de biomassa total, mas afetaram essas variáveis quando foi adotado o método de extração a partir de colmos limpos. Já para a cultivar BRS 511, essas mesmas variáveis, para ambos os métodos de extração, foram afetadas pelas diferentes épocas de semeadura e espaçamentos entre linhas.

O método de extração de caldo de cultivares de sorgo sacarino afeta a produção do mesmo, bem como afeta a porcentagem de extração. O método de extração a partir de colmos limpos, em geral, confere vantagem em relação ao método de extração a partir de biomassa total. O grau de vantagem conferido, no entanto, depende de diversos fatores, como cultivar, safra, ambiente e condições de manejo.

Uso do sorgo sacarino na alimentação animal

Jorge Schafhauser Junior
Beatriz Marti Emygdio

Considerando-se a estrutura fundiária do RS, a produção de bioenergia numa perspectiva de sustentabilidade passa, obrigatoriamente pela diversificação de matérias-primas. O Rio Grande do Sul, além de concentrar grande número de produtores do segmento da agricultura familiar, apresenta uma diversidade de condições ambientais que permitem, ao explorar matérias-primas renováveis de propósito múltiplo, promover a produção integrada de alimento e energia na pequena propriedade, descentralizando a produção de álcool e aproveitando o potencial de culturas com aptidão regional.

Dentre as diversas matérias-primas renováveis disponíveis para produção de etanol, o sorgo sacarino [*Sorghum bicolor* (L.) Moench], que apresenta porte alto, (altura de planta superior a 2 metros) e colmo doce e suculento como o da cana-de-açúcar, é uma dessas culturas que apresentam aptidão para uso na alimentação animal. Toda cultivar de sorgo sacarino pode também ser utilizada como forrageira, na forma de silagem e de corte.

Segundo Neumann et al. (2002), o sorgo sacarino apresenta elevado potencial de produção, reconhecida qualificação como fonte de energia para alimentação animal, grande versatilidade (silagem, feno e pastejo direto) e potencial de adaptação a regiões mais secas, com boa produtividade de grãos e altos teores de açúcares no caldo do colmo.

Ao avaliar a cultivar de sorgo sacarino BRS 511, Jardim et al. (2016) concluíram que a cultura é uma opção viável na produção de alimentos para ruminantes, além de ser uma alternativa econômica para produção de massa fresca para uso na alimentação animal na forma de silagem, devido ao grande volume de biomassa produzido (acima de 70 t ha⁻¹).

Outro aspecto interessante é a possibilidade que os produtores têm de definir o destino da produção, em função do melhor retorno financeiro, visto que a cultura em questão pode ser direcionada para a indústria do etanol, para a indústria de rações ou para produção de silagem para consumo direto na propriedade.

Quando destinado para produção de etanol, a moagem do sorgo sacarino gera um resíduo, que é o bagaço, e que tem sido utilizado na alimentação animal (Figura 1). No entanto, o valor nutritivo desse bagaço é questionável. Lourenço et al. (2012) avaliaram amostras de bagaço de sorgo sacarino, após a extração do caldo, por intermédio da composição bromatológica e provas de desempenho animal.



Foto: Beatriz Marti Emygdio

Figura 1. Bagaço de sorgo sacarino gerado pela extração de caldo em microdestilaria, usado na alimentação animal, na pequena propriedade.

Com base nos resultados da análise bromatológica, os autores concluíram que o bagaço não teria quantidade residual suficiente de carboidratos solúveis para que pudesse fermentar satisfatoriamente na forma de silagem (Tabela 1).

Tabela 1. Valores para teor de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), fibra em detergente ácido (FDA), fibra em detergente neutro (FDN) e proteína bruta (PB) de bagaço de sorgo sacarino.

	MS (%)	MO (%)	FDA (%)	FDN (%)	PB (%)
Bagaço de sorgo sacarino	88,82	96,94	43,31	73,43	1,59

Fonte: Lourenço et al., 2012

Por outro lado, frente à elevada extração de caldo, o teor de umidade residual do bagaço permitiu que ele fosse armazenado sem nenhum tipo de tratamento posterior à extração do caldo, podendo ser armazenado na forma seca, desde que seja seco ao sol após a extração do caldo. Para a confecção de silagem, o bagaço deve ser misturado com plantas inteiras trituradas, na proporção máxima de 30% de bagaço (na base da matéria natural). Dessa forma, há um aumento da quantidade de biomassa estocada, sem perdas significativas do seu valor nutritivo, devido ao alto teor de carboidratos solúveis na biomassa de plantas inteiras trituradas. Utilizando-se essa estratégia de adicionar um produto com elevado teor de matéria seca, como o bagaço de sorgo, à biomassa de plantas inteiras, reduz-se também a perda por efluentes na silagem (Mühlbach et al., 2000), devido ao efeito de adsorção que o material seco proporciona, o que resulta em melhor aproveitamento da biomassa ensilada e, em tese, melhor valor nutritivo dessa silagem, desde que a mistura final possua ainda teor mínimo necessário de carboidratos solúveis, tal que possa fermentar satisfato-

riamente em ambiente anaeróbio. Apesar da adição de 30% de bagaço, a composição química da silagem não se alterou (Tabela 2).

Tabela 2. Valores para teor de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), fibra em detergente ácido (FDA), fibra em detergente neutro (FDN) e proteína bruta (PB) de silagem de sorgo sacarino (planta integral), adicionada de 30% de bagaço.

	MS (%)	MO (%)	FDA (%)	FDN (%)	PB (%)
Silagem planta inteira + 30% bagaço sorgo sacarino	38,20	96,55	36,35	73,57	1,86

Fonte: Lourenço et al., 2012

Recomendação de uso do bagaço de sorgo sacarino na alimentação animal

Frente às limitações do uso do bagaço de sorgo sacarino para a alimentação animal, principalmente pelo seu baixo valor nutritivo e elevado teor de fibras, foi avaliado o uso de silagem de planta integral, como uma alternativa para a alimentação animal a ser utilizada em sistemas de produção da agricultura familiar, justificada como uma possível alternativa ao seu uso para produção de etanol, assim como pela sua relevante produção de biomassa, que foi estimada na lavoura, utilizada para a confecção da silagem, em 70 t ha⁻¹. A partir da confecção da silagem, foi realizada uma prova de desempenho de bovinos Jersey em crescimento, objetivando comparar o desempenho de dois grupos de animais, utilizando-se dietas à base de silagem de sorgo sacarino (BRS 506) ou silagem de sorgo de aptidão mista (BRS 610). Ambas as dietas foram suplementadas com concentrado e minerais, em níveis idênticos, visando garantir níveis mínimos de desempenho a ambos os grupos. Os animais permaneceram no experimento durante 73 dias, sendo os 10 primeiros de adaptação ao manejo e os 63 dias restantes de período experimental. Foram realizadas três pesagens, a intervalos de 21 dias (Lourenço et al., 2012).

Tabela 3. Análise bromatológica de silagem de sorgo sacarino (BR 506) e de sorgo silageiro (BRS 610).

Alimento	MS (%)	MO (%)	FDA (%)	FDN (%)	PB (%)	LIG (%)	pH
Sorgo sacarino	31,7	94,90	49,17	77,83	4,11	8,21	3,83
Sorgo silageiro	32,0	95,06	44,67	74,33	6,76	6,36	4,16

Fonte: Lourenço et al., 2012

Com base na composição das silagens, produziu-se os resultados de desempenho dos animais. O consumo de matéria seca e o ganho de peso médio foram de 6,15 kg/dia e 1,2 kg/dia para o sorgo forrageiro, contra 5,7 kg/dia e 0,796 kg/dia para o sorgo sacarino. O desempenho animal do grupo alimentado com sorgo sacarino pode ter sido influenciado pela eventual fermentação alcoólica do mesmo (Tabela 4).

Tabela 4. Consumo de matéria seca (kg/dia), ganho médio diário de peso (kg/dia) e conversão alimentar (kg MS ingerida/kg ganho de peso).

Tratamento	CMS (kg/dia)	GMD (kg/dia)	CA (kgMS/kg ganho)
Sorgo silageiro	6,15a ¹	1,200a	5,12a
Sorgo sacarino	5,70a	0,796b	7,16b

Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa pela ANOVA (P<0,05).

Fonte: Lourenço et al., 2012

Considerações finais

A silagem de sorgo sacarino pode ser uma alternativa alimentar para bovinos, em situações em que seu uso para a produção de etanol seja preterido, desde que utilizado na suplementação de animais com baixa demanda nutricional, ou quando essa dieta seja complementada com concentrados que aportem a maior parte dos nutrientes necessários, principalmente proteínas. O aproveitamento do bagaço do sorgo sacarino pode ocorrer pelo uso do bagaço seco, desde que incluído em pequena proporção em dietas para ruminantes, ou misturado à biomassa de plantas inteiras para ser ensilado. Até a proporção de 30% de inclusão de bagaço na silagem de planta integral, não houve redução do valor nutritivo da silagem e houve tendência a melhorar o processo fermentativo dessa silagem, pela redução da perda de efluentes.

Referências

- ADAMS, C. B.; ERICKSON, J. M.; CAMPBELL, D. N.; SINGH, M. T.; REBOLLEDO, J. P. Effects of row spacing and population density on yield of sweet sorghum: applications for harvesting as billets. **Agronomy Journal**, v. 107, n. 5, p. 1831-1836, 2015.
- AGROFIT. **Sistema de agrotóxicos fitossanitários**. Disponível em: <http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em: 12 set. 2018.
- ALBUQUERQUE, C. J. B.; TARDIN, F. D.; PARRELLA, R. A. C.; GUIMARÃES, A. S.; OLIVEIRA, R. M.; SILVA, K. M. J. Sorgo sacarino em diferentes arranjos de plantas e localidades de Minas Gerais, Brasil. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 11, n.1, p. 69-85, 2012.
- ALMODARES, A.; HADI, M. R.; RANJBAR, M.; TAHERI, R. The effects of nitrogen treatments, cultivars and harvest stages on stalk yield and sugar content in sweet sorghum. **Asian Journal of Plant Science**, v. 6, n. 2, p. 423-426, 2007.
- AMADOR-RAMIREZ, M. D. Critical period of weed control in transplanted chilli pepper. **Weed Research**, v. 42, n. 3, p. 203-209, June 2002.
- ANDRES, A.; CONCENÇO, G.; SCHREIBER, F.; TELÓ, G. M.; FAGUNDES, P. R.; MAGALHÃES JÚNIOR, A. M.; MOISINHO, I. S.; MARTINS, M. B.; CORADINI, M. C. **Habilidade competitiva de genótipos de arroz irrigado com capim-arroz**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2017. 54 p. (Embrapa Clima Temperado. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 281).
- ANDRES, A.; CONCENÇO, C.; SCHWANKE, A. M. L.; THEISEN, G.; MELO, P. T. B. S. Períodos de interferência de plantas daninhas na cultura do sorgo forrageiro em terras baixas. **Planta Daninha**, v. 27, n. 2, p. 229-234, 2009.
- ARAÚJO, F. G. Novas moléculas e produtos biológicos no manejo de fitonematoides. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE NEMATOLOGIA, 35., 2018, Bento Gonçalves. **Nematologia: problemas emergentes e estratégias de manejo**. Anais, palestras e resumos... Brasília, DF: Embrapa, 2018. p. 66-67.
- AYALA, A.; BEE-RODRIGUEZ, D. Control of phytoparasitic nematodes attacking sorghum in Puerto Rico. **Journal of Agriculture of University of Puerto Rico**, v. 62, p. 119-132, 1978.
- AZANIA, A. A. P. M.; AZANIA, C. A. M.; GRAVENA, R.; PAVANI, M. C. M. D.; PITELLI, R. A. Interferência da palha de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) na emergência de espécies de plantas daninhas da família Convolvulaceae. **Planta Daninha**, v. 20, n. 2, p. 207-212, 2002.
- BANDEIRA, A. H.; MEDEIROS, S. L. P.; EMYGDIO, B. M.; BIONDO, J. C.; SILVA, N. G.; NUNES, S. C. P.; SANGOI, P. R. Biometria em plantas de sorgo sacarino submetidos a diferentes épocas de semeadura. In: REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DO MILHO, 58.; REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DO SORGO, 41., 2013, Pelotas. **Resumos...** Brasília, DF: Embrapa, 2014. p. 124
- BANDEIRA, A. H.; MEDEIROS, S. L. P.; EMYGDIO, B. M.; BIONDO, J. C.; SILVA, N. G. Temperatura base inferior e exigência térmica de genótipos de sorgo sacarino. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 15, n. 2, p. 248-259, 2016.
- BANDEIRA, A. H.; MEDEIROS, S. L. P.; EMYGDIO, B. M.; GARCIA, D. F.; COLPO, M. M. Filocrono de sorgo sacarino BRS 506 cultivado em diferentes épocas de semeadura cultivado na Região Central do Rio Grande do Sul. In: SIMPÓSIO ESTADUAL DE AGROENERGIA; REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DE AGROENERGIA, 5., 2014, Pelotas. **Anais...** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2014. 1 CD-ROM.
- BARCELOS, L. M. **Biologia de *Spodoptera frugiperda*, *Helicoverpa armigera* e *Diatraea saccharalis* em sorgo sacarino**. 2016. 74 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2016.
- BARROS, L. M.; FACCHINELLO, P. H. K.; CARLI, R. de; EMYGDIO, B. M. Efeito da época de semeadura sobre a produção de sorgo sacarino, na Região Sul do RS, na safra 2012/2013. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 22.; ENCONTRO DE PÓS-GRADUAÇÃO, 15., 2013, Pelotas. **Anais...** Pelotas: UFPel, 2013. 1 CD-ROM.
- BIONDO, J. C. **Parâmetros qualitativos e maturação de genótipos de sorgo sacarino em Santa Maria – RS**. 2015. 35 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.
- BLANCO, F. M. G.; VELINI, E. D. Persistência do herbicida sulfentrazone em solo cultivado com soja e seu efeito em culturas sucedâneas. **Planta Daninha**, v. 23, n. 4, p. 693-700, 2005.

- BORGES, D. C.; MACHADO, A. C. Z.; INOMOTO, M. M. Reação de aveias a *Pratylenchus brachyurus*. **Tropical Plant Pathology**, v. 35, p. 178-181, 2010.
- BOTELHO, P. S. M.; MACEDO, N. *Cotesia flavipes* para o controle de *Diatraea saccharalis*. In: PARRA, J. R. P.; BOTELHO, P. S. M.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; BENTO, J. M. S. (Ed.). **Controle biológico no Brasil: parasitóides e predadores**. São Paulo: Manole, 2002. p. 409-426.
- BOX, H. E. The Crambine genera *Diatraea* and *Xanthoferne* (Lepidoptera: Pyralidae). **Bulletin of Entomological Research**, v. 22, p. 1-50, 1931.
- BRASIL. Portaria 332, de 1 de dezembro de 2009. Divulga o Zoneamento Agrícola de Risco Climático para cultura da cana de açúcar no Rio Grande do Sul. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 02 dez. 2009. Seção 1.
- BUTT, B. A.; CANTU, E. **Sex determination of lepidopterous pupae**. Washington: USDA/ARS, 1962. 12 p.
- CAETANO, C. L. **Doenças foliares na produção de biomassa e sólidos solúveis totais em sorgo sacanio (*Sorghum bicolor* (L.) Moench)**. 2016. 92 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós Graduação em Produção Vegetal, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, Mato Grosso do Sul.
- CÂMARA, T. M. M.; MEDEIROS, D. A. Desempenho agrônomo de sorgo sacarino no agreste alagoano em função da densidade e espaçamento de plantio. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE BIOENERGIA, 8., 2013, São Paulo. **Anais...** São Paulo, 2013. 1 CD-ROM.
- CARGNELUTTI FILHO, A.; NALUF, J. R. T.; MATZENAUER, R.; STOLS, A. P. Altitude e coordenadas geográficas na estimativa de temperatura mínima média decendial do ar no estado do Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 6, p. 893-901, 2006.
- CHANNAPPAGODAR, B. B.; BIRADAR, N. R.; PATIL, J. B.; HIREMATH, S. M. Assessment of sweet sorghum genotypes for cane yield, juice characters and sugar levels. **Karnataka Journal of Agricultural Sciences**, v. 20, n. 2, p. 294-296, 2007.
- CHAVES, A.; PEDRISAM, E. M. R.; GUIMARAES, L. M. P.; MARANHAO, S. R. V. L.; CARDOSO, M. S. O. Management of Plant-Parasitic Nematodes on Sugarcane Under Tropical Conditions. In: PRIYANKA, SINGH. TIWARI, AJAY KUMAR (Org.). **Sustainable Sugarcane Producton**. Oakaville: Apple Academic Press, 2018. v. 1, p. 271-286.
- CHHOKAR, R. S.; BALYAN, R. S. Competition and control of weeds in soybean. **Weed Science**, v. 46, n. 1, p. 301-306, 1999.
- CLAFIN, L. E. Plant-parasitic nematodes affecting sorghum. In: MUGHOGHO, L. K.; ROSENBERG, G. Sorghum Root and Stalk Rots: A Critical Review. **Proceedings of the Consultative Group Discussion on Research Needs and Strategies for Control of Sorghum Root and Stalk Rot Diseases**, Bellagio, p. 53-58, 1983.
- COBB, A. H.; READE, J. P. H. Herbicides That Inhibit Photosynthesis. **Herbicides and Plant Physiology**. 2nd ed. Oxford: Wiley-Blackwell, 2010. p. 87-115.
- CONAB. **Comparativo de área, produção e produtividade (cana-de-açúcar)**. Avaliação da safra agrícola 2015/16 – Quarto levantamento, 2016. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 22 set. 2016.
- CONCENÇO, G.; ANDRES, A.; CECCON, G. **Manejo de plantas daninhas na cultura do sorgo**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2012. 5 p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Comunicado Técnico, 175).
- COSTA, R. V.; SAELA, C. R.; SILVA, D. D.; PARREIRA, D. F. **Rotação de cultivares com uma estratégia para o manejo da Antracnose do sorgo**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2010. 8 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 148).
- CRUZ, I. **A broca da cana-de-açúcar, *Diatraea saccharalis*, em milho, no Brasil**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2007. 12 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 90).
- CRUZ, I. **A lagarta-do-cartucho na cultura do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 1995. 45 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 21).
- DAN, H. A.; DAN, L. G. M.; BARROSO, A. L. L.; OLIVEIRA JUNIOR, R. S.; ALONSO, D. G.; FINOTTI, T. R. Influência do estágio de desenvolvimento de *Cenchrus echinatus* na supressão imposta por atrazine. **Planta Daninha**, v. 29, n. 1, p. 179-184, 2011.
- DAN, H. A.; DAN, L. G. M.; BARROSO, A. L. L.; OLLIVEIRA JR, R. S.; GUERRA, N.; FELDKIRCHER, C. Tolerância do sorgo granífero ao 2,4-D aplicado em pós-emergência. **Planta Daninha**, v. 28, n. 4, p. 785-792, 2010.

DIAS, I.; PAES, V.S. dos; NIKUMA, H.; SILVA, A.; VENDRAMINI, A.; SOARES, P. L. M. Avaliação da resistência de genótipos de milho e sorgo a *Meloidogyne incognita*. **Ciência e Tecnologia Fatec-JB**, Jaboticabal, v. 4, 2012. Suplemento p. 1-4.

DIAS-ARIEIRA, C. R. Aplicabilidade de medidas alternativas no manejo de nematoides. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE NEMATOLOGIA, 35., 2018, Bento Gonçalves. **Nematologia: problemas emergentes e estratégias de manejo. Anais, palestras e resumos...** Brasília, DF: Embrapa, 2018.p. 85-87.

DURÃES, F. O. M.; MAY, A.; PARRELLA, R. A. C. **Sistema Agroindustrial do Sorgo Sacarino no Brasil e a Participação Público-Privada: oportunidades, perspectivas e desafios**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2012. 76 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 138).

EMBRAPA. DURÃES, F. O. M. Sorgo sacarino: tecnologia agrônômica e industrial para alimentos e energia. **Agroenergia em Revista**, ano II, n. 3, ago. 2011.

EMYGDIO, B. M. Desempenho da cultivar de sorgo sacarino BR 506 visando a produção de etanol em dois ambientes contrastantes. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v. 17, n. 1, p. 45-51, 2011.

EMYGDIO, B. M.; BARROS, L.; FACCHINELLO, P. H. Produção de caldo de cultivares de sorgo sacarino em função do método de extração, em diferentes condições de manejo. In: REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DE MILHO E SORGO, 59., 2014, Porto Alegre. **Anais...** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2014. 1 CD-ROM.

EMYGDIO, B. M.; CHIELLE, Z. G. **Desempenho de cultivares de sorgo sacarino para produção de etanol sob diferentes arranjos de planta**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2013. 23 p (Embrapa Clima Temperado. Boletim de Pesquisa, 190).

EMYGDIO, B. M.; DEL ÁGUILA, L. S. H.; VALGAS, R.; ROSA, A. P. S. A. **Arranjo de plantas para cultivares de sorgo sacarino visando à produção de etanol**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2017. 36 p. (Embrapa Clima Temperado. Boletim de Pesquisa, 272).

EMYGDIO, B. M.; HIELLE, Z. C.; OLIVEIRA, L. N. de.; BARROS, L.; FACCHINELLO, P. H. Produção de caldo de cultivares de sorgo sacarino em função do método de extração. In: SIMPÓSIO ESTADUAL DE AGROENERGIA, 4.; REUNIÃO TÉCNICA DE AGROENERGIA, 4., 2012, Porto Alegre, RS. **Anais...** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2012. 1 CD-ROM.

EMYGDIO, B. M.; LAMB, C. R.; CHIELLE, Z. G.; ROSA, A. P. S. A.; GARRASTAZU, R. P.; ROTA, A. R. **Avaliação e indicação de cultivares de sorgo sacarino para o RS visando à produção de etanol**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2016. 38 p. (Embrapa Clima Temperado. Boletim de Pesquisa, 254).

EMYGDIO, B. M.; PARRELLA, R. A. da C.; TARDIN, F. D.; MENEZES, C. B.; FACCHINELLO, P. H. K.; BARROS, L.; OLIVEIRA, L. N. de. Desempenho de cultivares de sorgo sacarino em solos hidromórficos visando a produção de etanol. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v. 17, n. 1, p. 53-59, 2011.

EMYGDIO, B. M.; ROSA, A. P. S. A.; FACCHINELLO, P. H. K.; STÖHLIRCK, L.; BARROS, L. Desempenho de cultivares de sorgo sacarino para produção de etanol em diferentes épocas de semeadura, no município de Pelotas, RS. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 30., 2014, Salvador. **Anais...** Salvador: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2014. 1 CD-ROM.

EMYGDIO, B. M.; ROSA, A. P. S. A.; STOHLRICK, L.; FACCHINELLO, P. H.; BARROS, L. **Épocas de semeadura para cultivar de sorgo sacarino BRS 506 visando à produção de etanol na metade sul do RS**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2015. 29 p. (Embrapa Clima Temperado. Boletim de Pesquisa, 237).

EMYGDIO, B. M.; ROSA, A. P. S. A.; STOHLRICK, L.; FACCHINELLO, P. H.; BARROS, L. **Épocas de semeadura para cultivar de sorgo sacarino BRS 511 visando à produção de etanol na metade sul do RS**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2016. 28 p. (Embrapa Clima Temperado. Boletim de Pesquisa, 255.)

EMYGDIO, B. M.; VALGAS, R. A.; KROLOW, A. C. **Curva de maturação para cultivares de sorgo sacarino na Região Sudeste do Rio Grande do Sul**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2017. 5 p. (Embrapa Clima Temperado. Circular Técnica, 185).

ERASMO, E. A. L.; PINHEIRO, L. L. A.; COSTA, N. V. Levantamento fitossociológico das comunidades de plantas daninhas em áreas de produção irrigado cultivado sob diferentes sistemas de manejo. **Planta Daninha**, v. 22, n. 2, p. 195-201, 2004.

FERNANDES, P. G.; MAY, A.; COELHO, F. C.; ABREU, M. C.; BERTOLINO, K. M. Influência do espaçamento e da população de plantas e sorgo sacarino em diferentes épocas de semeadura. **Ciência Rural**, v. 44, n. 6, p. 975-981, 2014.

FERREIRA, A. S.; CASELA, C. R.; PINTO, N. F. J. **Manejo de doenças na cultura do sorgo**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2007. 20 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, n. 89).

FILIPPINI ALBA, J. M.; WREGGE, M. S.; FLORES, C. A. **Zoneamento edafoclimático da olivicultura para o Rio Grande do Sul**. Brasília, DF: Embrapa, 2014. 68 p.

FILIPPINI ALBA, J. M.; WREGGE, M. S.; FLORES, C. A.; GARRASTAZU, M. C. Zoning based on climate and soil for planting eucalyptus in Southern Region of Rio Grande do Sul state, Brazil. In: PRADO, H. A.; BARRETO, L. A. J.; FILHO, H. C. (Ed.). **Computational Methods for Agricultural Research**. Hershey: IGI Global, 2011. cap. 8, p. 127-143.

FIORINI, I. V. A.; VON PINHO, R. G.; SANTOS, A. O.; BORGES, I. D.; PIRES, L. P. M.; RESENDE, E. L.; DUARTE, H. D. Influência de populações, épocas de semeadura e de corte na produção de sorgo sacarino BRS 506. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 15, n. 1, p. 94-109, 2016.

FLORES, C. A.; FILIPPINI-ALBA, J. M. **Zoneamento edáfico de culturas para o município de Santa Maria/RS**. Brasília, DF: Embrapa, 2015. 309 p.

FLORES, C. A.; FILIPPINI-ALBA, J. M.; NORBERG, S. **Zoneamento edáfico para o sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) no estado do Rio Grande do Sul na escala 1:250.000**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2017. 19 p. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 433).

FURTADO, J. I. F.; OLIVEIRA, I. C. M.; CARNEIRO, V. A.; PARRELLA, R. A. C.; ANJOS, J. R.; TARDIN, F. D.; SCHAFFERT, R. E.; NUNES, J. A.; DURÃES, N. N. L. Curva de maturação de cultivares de sorgo sacarino em diferentes ambientes. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 8., 2015, Goiânia. **Anais...** Goiânia: SBMP, 2015. 1 CD-ROM.

GALBIERI, R.; ASMUS, G. L. Principais espécies de nematoides do algodoeiro no Brasil. In: GALBIERI, R.; BELOT, J. L. (Ed.). **Nematoides fitoparasitas do algodoeiro nos cerrados brasileiros: biologia e medidas de controle**. Cuiabá: IMAmt, 2016. p. 11-36. (Boletim de P&D, n. 3).

GAZZIERO, D. L. P.; PRETE, C. E. C.; SUMIYA, M. Manejo de *Bidens subalternans* aos herbicidas inibidores da acetolactato sintase. **Planta Daninha**, v. 21, n. 2, p. 283-291, 2003.

GOMES, C. B.; EMYGDIO, B. M.; STÖCKER, C. M.; SOMAVILLA, L. **Avaliação da resistência de genótipos de milho e sorgo sacarino a *Meloidogyne incognita***. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2009. 8 p. (Embrapa Clima Temperado. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 109).

GOMES, C. B.; PACHECO, D. R. da; CRUZ, F. F.; EMYGDIO, B. M.; BELLÉ, C.; BRUM, D. de. **Potencial de uso de sorgo BRS 506 em áreas infestadas pelos nematoides das galhas (*Meloidogyne* spp.) e das lesões (*Pratylenchus* spp.)**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2017. 16 p. (Embrapa Clima Temperado. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 275).

GOULART, A. M. C. **Aspectos gerais sobre nematoides-das-lesões-radiculares** (Gênero; *Pratylenchus*). Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2008.

INOMONOTO, M. M.; ANTEDOMÊNICO, S. R.; SANTOS, V. P.; SILVA, A. R.; ALMEIDA, G. C. Avaliação em casa de vegetação do uso de sorgo, milho e crotalária no manejo de *Meloidogyne javanica*. **Tropical Plant Pathology**, v. 33, n. 2, p. 125-129, 2008.

INOMONOTO, M. M.; ASMUS, G. L.; FERRAZ, M. A.; SAZAKI, C. S. S.; SCHIRMANN, M.R. Reação de dez culturas vegetais utilizadas no sistema de plantio direto a *Meloidogyne javanica*. **Summa Phytopathologica**, v. 31, p. 367-370, 2005.

INOMOTO, M.; ASMUS, G. L. Culturas de cobertura e de rotação devem ser plantas não hospedeiras de nematoides. **Revista Visão Agrícola**, n. 9, p. 112-116, 2009.

INOMOTO, M. M.; MOTTA, L. C. C.; MACHADO, A. C. Z.; SAZAKI, C. S. S. Reação de dez coberturas vegetais a *Pratylenchus brachyurus*. **Nematologia Brasileira**, v. 30, n. 2, p. 151-157, 2006.

ISAKEIT, T. **Diagnosis and management of sorghum diseases**. Texas. Disponível em: https://www.google.com/search?q=2010_SORGHUM_DISEASES&ie=utf-8&oe=utf-8&client=firefox-b-ab Acesso em: 22 jun. 2018.

JARDIM, C. A.; ZIVIANI, P. T. Z.; FRANCO, C. F.; MACRI, R. C. V.; JUNIOR, A. C. H. Produção de massa fresca de sorgo sacarino BRS 511 para alimentação animal. **Ciência e Tecnologia**, v. 8, 2016.

KEETCH, D. P.; BUCKLEY, N. H. **A check-list of the plant-parasitic nematodes of South Africa**. Pretoria, 1984. (Technical Communication of the Department of Agriculture and Fisheries, Republic of South Africa, n. 195).

KHARAYAT, B. S.; SINGH, Y. Biological control of zonate leaf spot of sorghum caused by *Gloeocercospora sorghi*. **International Journal Plant Protection**, v. 5, n. 2, p. 401-404, 2012.

KUCHAREK, T. **Foliar and head diseases of sorghum in Florida**. Homestead: University of Florida: Florida Cooperative Extension Service: Institute of Food and Agricultural Sciences, 2000. 8 p. (Circular 1073). Disponível em: <https://plantpath.ifas.ufl.edu/media/plantpathifasufledu/factsheets/circ1073.pdf> Acesso em: 25 set. 2018.

LANCE, B. **Grain sorghum diseases, occurrence and management**. Disponível em: <https://www.pioneer.com/home/site/us/agronomy/library/grain-sorghum-diseases/> Acesso em: 03 nov. 2016.

LARA, F. M.; FOSS, M. R. D. A.; BOICA JR., A. L.; TRIGO, J. G. Resistência de genótipos de sorgo a *Contarinia sorghicola* (Coq.) (Diptera: Cecidomyiidae) e *Diatraea saccharalis* (Fabr.) (Lepidoptera: Pyralidae) e influência sobre parasitoides. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, v. 26, n. 2, p. 327-333, 1997.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: RIMA, 2000. 531 p.

LINGLE, S. E. Opportunities and challenges of sweet sorghum as a feedstock for biofuel. In: EGGLESTON, G. (Ed.). **Sustainability of the sugar and sugar-ethanol industries**. Washington: American Chemical Society, 2010. Cap. 11, 177-188.

LOURENÇO, L. A.; SCHAFHAUSER JR, J.; SCHEIBLER, R. B.; RIZZO, F. A. Desempenho de novilhas Jersey alimentadas com silagem de sorgo sacarino em comparação a silagem de sorgo forrageiro. In: MOSTRA DE PRODUÇÃO UNIVERSITÁRIA, 2012, Rio Grande. [Anais...] Rio Grande: FURG, 2012. 1 CD-ROM

MAKRANTONAKI, M. S., PAPALEXIS, D., NAKOS, N., AND KALAVROUZITIS, I. K. Effect of modern irrigation methods on growth and energy production of sweet sorghum (var. Keller) on a dry year in Central Greece. **Agricultural Water Management**, v. 90, p. 181–189, 2007.

MANTOVANI, E. C., RIBAS, P. M.; GUIMARÃES, J. B. Mecanização. In: MAY, A.; DURÃES, F. O. M.; PEREIRA FILHO, I. A.; SCHAFFERT, R. E.; PARRELLA, R. A. C. **Sistema Embrapa de Produção Agroindustrial de Sorgo sacarino para Bioetanol Sistema BRS1G**: tecnologia qualidade Embrapa. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2012. p. 34-42. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 139).

MARTINS, A. M. **Período de utilização industrial de cultivares de sorgo sacarino visando a produção de etanol na região central de Minas Gerais**. 2014. 35 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Ciências agrárias, Universidade Federal de São João Del Rei, Sete Lagoas.

MARTINS, J. F. S.; ROSA, A. P. S. A.; EMYGDIO, B. M. **Infestação de *Diatraea saccharalis* em genótipos de sorgo sacarino em Terras Baixas de Clima Temperado**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2017. 4 p. (Embrapa Clima Temperado. Comunicado Técnico, 337).

MAY, A. **Cultivo de sorgo sacarino em áreas de reforma de canaviais**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2013. 36 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 186).

MAY, A.; CAMPANHA, M. M.; SILVA, A. F.; COELHO, M. A. O.; PARRELLA, R. A. C.; SCHAFFERT, R. E.; PEREIRA FILHO, I. A. Variedades de sorgo sacarino em diferentes espaçamentos e populações de plantas. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 11, n. 3, p. 278-290, 2012a.

MAY, A.; DURÃES, F. O. M.; PEREIRA FILHO, I. A.; SCHAFFERT, R. E.; PARRELLA, R. A. C. **Sistema Embrapa de Produção Agroindustrial de Sorgo sacarino para Bioetanol Sistema BRS1G**: tecnologia qualidade Embrapa. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2012. 120 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 139).

MCDONALD, A. H.; NICOL, J. M. Nematode Parasites of Cereals. In: LUC, M.; SIKORA, R. A.; BRIDGE, J. **Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture**. 2. ed. Wallingford: CABI Publishing, 2005. p. 131-192.

MIRANDA, R. A. Custo de produção. In: MAY, A.; DURÃES, F. O. M.; PEREIRA FILHO, I. A.; SCHAFFERT, R. E.; PARRELLA, R. A. C. (Ed.). **Sistema Embrapa de Produção Agroindustrial de Sorgo sacarino para Bioetanol Sistema BRS1G**: tecnologia qualidade Embrapa. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2012. p. 106-118. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 139).

MORAES, J. P. M.; FIORINI, I. V. A.; VON PINHO, R. G.; BORGES, I. D.; RESENDE, E. L.; BORGES, R. B. C. Avaliação do desempenho do Sorgo Sacarino em épocas de semeadura e populações de plantas para os sorgos visando a produção de etanol. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 30., 2014, Salvador. **Anais...** Salvador: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2014. 1 CD-ROM.

MÜHLBACH, P. R. F.; OSPINA, H.; PRATES, E. R.; BARCELLOS, J. O. J. Aspectos nutricionais que interferem na qualidade do leite. In: ENCONTRO ANUAL DA UFRGS SOBRE NUTRIÇÃO DE RUMINANTES, 2000, Porto Alegre. [Anais...] Porto Alegre: Departamento de Zootecnia da UFRGS, 2000. p. 73-102.

- NEPOMUCENO, M.; ALVES, P. L. C. A.; DIAS, T. C. S.; PAVANI, M. C. M. D. Períodos de interferência das plantas daninhas na cultura da soja nos sistemas de semeadura direta e convencional. **Planta Daninha**, v. 25, n. 1, p. 43-50, 2007.
- NEUMANN, M.; RESTLE, J.; ALVES FILHO, D. C.; BRONDANI, I. L.; MENEZES, L. F. G. Resposta econômica da terminação de novilhos em confinamento, alimentados com silagem de diferentes híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor*, L. Moench). **Ciência Rural**, v. 32, n. 5, p. 123-133, 2002.
- NIKUMA, H.; DIAS, I.; PAES, V. S.; SILVA, A.; VENDRAMINI, A.; SOARES, P. L. M. Avaliação da resistência de genótipos de milho e sorgo ao nematoide das lesões, *Pratylenchus brachyurus*. **Ciência & Tecnologia**, v. 4, p. 1-5, 2012.
- NUESSLY, G. S.; WANG, Y.; SANDHU, H.; LARSEN, N.; VHERRY, R. H. Entomologic and agronomic evaluations of 18 sweet sorghum cultivars for biofuel in Florida. **Florida Entomologist**, Gainesville, v. 96, n. 2, p. 512-528, 2013.
- ORR, C.; MOREY, E. D. Anatomical Response of Grain Sorghum Roots to *Meloidogyne incognita acrita*. **Journal of Nematology**, v. 10, n. 1, p. 48-53, 1978.
- PACHECO, D. R.; CRUZ, F. F.; GOMES, C. B.; BELLÉ, C.; EMYGDIO, B. Reação de genótipos de sorgo a *Meloidogyne javanica*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE NEMATOLOGIA, 32., 2015, Londrina. **Anais...** Londrina: IAPAR, 2015. p. 118-119.
- PACHECO, D. R. da; CRUZ, F. F.; BELLÉ, C.; GOMES, C. B. Resistência de genótipos de sorgo sacarino ao nematoide das lesões radiculares (*Pratylenchus brachyurus*). In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 25.; ENCONTRO DE PÓS-GRADUAÇÃO UFPEL, 18.; SEMANA INTEGRADA DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO, 2., 2016, Pelotas. **Anais...** Pelotas: UFPel, 2016.
- PAGE, S. L. J. **Meloidogyne acrona**. St. Albans: Commonwealth Institute of Helminthology, 1985. (CIH description of plant parasitic nematodes, n. 114).
- PALAKSHAPPA, M. G. **Studies on zonate leaf spot of sorghum caused by Gloco cercospora sorghi D. Bin & Edg.** 2001. 180 f. Tese (Doutorado) - Philosophy in plant pathology, University of Agricultural Sciences, Dharwad.
- PARRELLA, R. A. C.; SCHAFFERT, R. E. Cultivares. In: MAY, A.; DURÃES, F. O. M.; PEREIRA FILHO, I. A.; SCHAFFERT, R. E.; PARRELLA, R. A. C. (Ed.). **Sistema Embrapa de Produção Agroindustrial de Sorgo sacarino para Bioetanol Sistema BRS1G: tecnologia qualidade Embrapa**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2012. p. 14-22. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 139).
- PEREIRA FILHO, I. A.; RODRIGUES, J. A. S. (Ed.). **Sorgo: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília, DF: Embrapa, 2015. 327 p. (Coleção 500 perguntas, 500 respostas). Disponível em: <<http://mais500p500r.sct.embrapa.br/view/pdfs/90000032-ebook-pdf.pdf>>. Acesso em: 16 mar. 2018.
- PESSOA, M. L. Ed. **Clima do RS**. Porto Alegre: FEE, 2017. 327 p. Disponível em: <<http://atlas.fee.tche.br/rio-grande-do-sul/socioambiental/clima/>>. Acesso em: 26 abr. 2018.
- PINTO, A. S.; PARRA, J. R. P.; OLIVEIRA, H. N. **Guia ilustrado de pragas e insetos benéficos do milho e sorgo**. Ribeirão Preto: A. S. Pinto, 2004. 108 p.
- PINTO, N. F. J. de A. **Cultivo do milho: doenças causadas por nematóides**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2008. 84p. (Embrapa Milho e Sorgo. Sistema de Produção, 1).
- PINTO, N. F. J. de A. **Doenças de sorgo causadas por nematóides**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2003. 3 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Comunicado técnico, 84).
- PORTILLO, H. E.; PITRE, H. N.; MECKENSTOCK, D. H.; ANDREWS, K. L. Performance of a Lepidopteran pest complex (Langosta) (Lepidoptera: Noctuidae) on sorghum, maize, and noncrop vegetation in Honduras. **Environmental Entomology**, Lanham, v. 27, n. 1, p. 70-79, 1998.
- PROM, L. K.; ISAKEIT, T.; CUEVAS, H.; ROONEY, W. L.; PERUMAL, R.; MAGILL, C. Reaction of spot and rough leaf spot. **Plant Health Progress**, v. 16, n. 4, p. 230-234, 2015.
- QUEIROZ, C. A. de; FERNANDEZ, C. D.; VERZIGNASSI, J. R.; VALLE, C. B. do; JANK, L. MALLMANN, G.; BATISTA, M. V. Reação de acessos e cultivares de *Brachiaria* spp. *Panicum maximum* a *Pratylenchus brachyurus*. **Summa Phytopathologica**, v. 40, p. 226-230, 2014.
- REIS, R. M. **Produtividade e manejo de plantas daninhas no sorgo sacarino cultivado em diferentes arranjos de plantas**. 2014. 67 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa.

- RIBEIRO, N. R.; SILVA, J. F. V.; MEIRELLES, W. F.; CRAVEIRO, A. G.; PARENTONI, S.N.; SANTOS, F. G. dos. Avaliação da resistência de genótipos de milho, sorgo e milheto a *Meloidogyne javanica* e *M. incógnita* raça 3. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, n. 3, p. 102-103, 2002.
- RIBEIRO FILHO, N. M.; ALVES, R. M.; FLORÊNCIO, I. M.; FLORENTINO, E. R.; DANTAS, J. P. Viabilidade de utilização do caldo do sorgo sacarino para a Produção de álcool carburante (etanol). **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, 2008.
- ROSA, A. P. S. A.; EMYGDIO, B. M.; BARCELOS, L. M.; MARTINS, A. **Incidência de insetos na cultura do sorgo sacarino em Terras Baixas de Clima Temperado: Prevalência de *Spodoptera frugiperda***. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2017. 7 p. (Embrapa Clima Temperado. Comunicado Técnico, 339).
- SALGADO, T. P.; ALVES, P. L. C. A.; MATTOS, E. D.; MARTINS, J. F.; HERNANDEZ, D. D. Períodos de interferência das plantas daninhas na cultura do algodoeiro (*Gossypum hirsutum*). **Planta Daninha**, v. 20, n. 3, p. 373-379, 2002.
- SARMENTO, R. A.; AGUIAR, R. W. S.; AGUIAR, A. S. S.; VIEIRA, S. M. J.; OLIVEIRA, H. G.; HOLTZ, A. M. Revisão da biologia, ocorrência e controle de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) em milho no Brasil. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 18, n. 2, p. 41-48, 2002.
- SCHAFFERT, R. E.; PARRELLA, R. A. C. Planejamento industrial. In: MAY, A.; DURÃES, F. O. M.; PEREIRA FILHO, I. A.; SCHAFFERT, R. E.; PARRELLA, R. A. C. (Ed.). **Sistema Embrapa de Produção Agroindustrial de Sorgo sacarino para Bioetanol Sistema BRS1G: tecnologia qualidade** Embrapa. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2012. p. 85-92. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 139).
- SHARMA, S. B.; MCDONALD, D. Global status of nematode problems of Foundnut, pigeonpea, chickpea, sorghum and pearl millet, and suggestions for future work. **Crop Protection**, v. 9, p. 453-458, 1990.
- SILVA, A. A.; FERREIRA, F. A.; FERREIRA, L. R. Herbicidas: classificação e mecanismos de ação. In: SILVA, A. A.; SILVA, J. F. (Ed.). **Tópicos em manejo de plantas daninhas**. Viçosa, MG: UFV, 2007a. p. 83-148.
- SILVA, A. A.; FERREIRA, F. A.; FERREIRA, L. R.; SANTOS, J. B. Métodos de controle de plantas daninhas. In: SILVA, A. A.; SILVA, J. F. (Ed.). **Tópicos em manejo de plantas daninhas**. Viçosa, MG: UFV, 2007b. p. 64-82.
- SILVA, C.; SILVA, A. F.; VALE, W. G.; GALON, L.; PETTER, F. A.; MAY, A.; KARAM, D. Interferência de plantas daninhas na cultura do sorgo sacarino. **Bragantia**, v. 73, n. 4, p. 438-445, 2014.
- SILVA, D. D.; COTA, L. V.; COSTA, R. V. Controle de doenças. In: MAY, A.; DURÃES, F. O. M.; PEREIRA FILHO, I. A.; SCHAFFERT, R. E.; PARRELLA, R. A. C. (Ed.). **Sistema Embrapa de produção agroindustrial de sorgo sacarino para bioetanol sistema BRS1G: tecnologia qualidade** Embrapa. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2012. 120 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 139).
- SILVA, J. C.; RODRIGUES, R. A. F.; GERLACH, G. A. X.; LONGUI, W. V.; CORSINI, D. C. D. C. Efeito de subdoses e épocas de aplicação de glyphosate no sorgo granífero BRS 310. **Enciclopédia Biosfera**, v. 9, n. 16, p. 875-887, 2013.
- SOUZA, R. S.; PARRELLA, R. A. C.; SOUZA, V. F.; PARRELLA, N. N. L. D. Maturation curves of sweet sorghum genotypes. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 40, n. 1, p. 46-56, 2016.
- SOUZA, R. S.; SOUZA, V. F.; MACHADO, P. H. B.; SILVA, M. J.; PARRELLA, R. A. C.; PARRELLA, N. N. L. D.; SCHAFFERT, R. E. Curvas de maturação de cultivares de sorgo sacarino. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE BIOENERGIA, 9., 2014, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Porthus, 2014. 1 CD-ROM.
- THAKUR, R. P.; REDDY, B. V.S.; INDIRA, S.; RAO, V. P.; SHRISHAIL S. N.; YANG, X. B.; RAMESH, S. **Sorghum Grain Mold**. Andhra Pradesh: ICRISAT; Ames: Iowa State University; Andhra Pradesh: ICAR, 2006. 29 p. (Information Bulletin, n. 72). Disponível em: <https://lib.dr.iastate.edu/cgi/viewcontent.cgi?referer=https://www.google.com/&httpsredir=1&article=1001&context=plantpath_pubs>. Acesso em: 27 set. 2018.
- THEISEN, G.; ANDRES, A. **Manejo de plantas daninhas na produção de arroz orgânico**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2010. 35 p. (Embrapa Clima Temperado. Série de Documentos, 304).
- TREZZI, M. M.; VIDAL, R. A. Potencial de utilização de cobertura vegetal de sorgo e milheto na supressão de plantas daninhas em condições de campo: II - Efeito de cobertura morta. **Planta Daninha**, v. 22, n. 1, p. 1-10, 2004.
- VIDAL, R. A. **Teoria e prática do manejo de infestantes na cultura da cana-de-açúcar no Brasil**. Porto Alegre: Ribas A. Vidal, 2011. 136 p.
- WHITE, J. A.; RYLEY, M. J.; GEORGE, D. L.; KONG, G. A.; WHITE, S. C. Yield losses in grain sorghum due to rust infection. **Australasian Plant Pathol**, Melbourne, v.41: p.85 – 91, 2012.

WORTMANN, C. S.; LISKA, A. J.; FERGUSON, R. B.; LYON, D. J.; KLEIN, R. N.; DWEIKAT, I. Dryland performance of sweet sorghum and grain crops for biofuel in Nebraska. **Agronomy Journal**, v. 102, n. 1, p. 319-326, 2010.

WRANG, F.; LIU, C. Development of an economic refining strategy of sweet sorghum in the inner Mongolia region of China. **Energy Fuels**, v. 23, p. 4137-4142, 2009.

WREGE, M. S.; STEINMETZ, S.; REISSER JÚNIOR, C.; ALMEIDA, I. R. de. (Ed.). **Atlas climático da região Sul do Brasil**: Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Brasília, DF: Embrapa, 2012. 334 p.

XU, J.; JIANG, Y.; HU, L.; LIU, K.-J.; XU, X.-D.; QIN, P.-W.; KONG, F.-X.; XIN, Z.-X. First report of rough leaf spot of sorghum caused by *ascochyta 1 sorghi* in China. **Plant Disease**, Oct. 2018. Online. Disponível em: <https://apsjournals.apsnet.org/doi/pdf/10.1094/PDIS-11-17-1850-PDN>. Acesso em: 25 set. 2018.

Literatura Recomendada

BRASIL. Ministério da Agricultura e Pecuária. **Anuário estatístico da agroenergia 2014**. Brasília, DF: MAPA/ACS, 2014. 205 p.

BRIGHENTI, A. M.; NICODEMOS, L. de C.; CALSAVARA, L. H. F.; MARTINS, C. E.; ROCHA, W. S. D. da; SOUZA SOBRINHO, F. Seletividade de herbicidas à cultura do sorgo. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 29., 2012, Águas de Lindóia. **Diversidade e inovações na era dos transgênicos**: resumos expandidos. Águas de Lindóia: SBMS, 2012. p. 1092-1096.

FIORINI, I. F. A. **Desempenho de cultivares de sorgo em função de populações de plantas, épocas de semeadura e de corte de plantas**. 2014. 75 f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-graduação em Agronomia/Fitotecnia, Universidade Federal de Lavras, Lavras.

FLORES, C. A.; FILIPPINI-ALBA, J. M.; WEBER, E.; HASENACK, H.; SARMENTO, E. C.; ALMEIDA, I. R. de; CUADRA, S. V. Zoneamento edafoclimático. In: SILVA, S. D. dos A.; MONTERO, C. R. S.; SANTOS, R. C. dos; NAVA, E. D.; GOMES, C. B.; ALMEIDA, I. R. de. **Sistema de produção de cana-de-açúcar no Rio Grande do Sul**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2016. p. 19-57. (Embrapa Clima Temperado. Sistemas de Produção, 23).

FLORES, C. A.; GARRASTAZU, M. C.; FILIPPINI-ALBA, J. M. **Metodologia do zoneamento edáfico de culturas para o estado do Rio Grande do Sul**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2009. 45 p. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 261).

INDEX MUNDI. **Sorghum Production by Country in 1000 MT**. Disponível em: <http://www.indexmundi.com/agriculture/?commodity=sorghum&graph=production>. Acesso em: 05 jul. 2015.

INGRAM, K. W.; BYNUM, E. K. **The sugarcane borer**. Washington: USDA, 1984. 17 p. (USDA. Farmer's Bulletin, 1884).

MERTENS, D. R. Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beakers or crucibles: collaborative study. **Journal of AOAC International**, v. 85, n. 6, p. 1211-1240, 2002.

RIZZARDI, M. A.; KARAM, D.; CRUZ, M. B. Manejo e controle de plantas daninhas em milho e sorgo. In: VARGAS, L.; ROMAN, E. S. (Ed.) **Manual de manejo e controle de plantas daninhas**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2004. p. 571-594.

MONACO, T. J.; WELLER, S. C.; ASHTON, F. M. Integrated Weed Management. **Weed Science**: principles and practices. 4th ed. New York: Wiley & Sons, 2002. p. 44-83.

