USP ESALQ ANO 9 JUL | DEZ 2015 vn 13

VISÃO agrícola

ISSN 1806-6402

milho

Brasil amplia cultivo para atender demanda crescente

PRODUÇÃO DA 2ª SAFRA SUPERA A SAFRA VERÃO DESDE A TEMPORADA 2011/12

NATIVO DAS AMÉRICAS, MILHO FOI DOMESTICADO CERCA DE 12000 A.C.

APROVADOS PELO MERCADO, TRANSGÊNICOS SOMAM CERCA DE 90% DO CULTIVO

Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"

Semeando um futuro melhor

ESALQ

Instituição centenária, centro de excelência no ensino, pesquisa e extensão nas áreas de Ciências Agrárias, Ambientais, Biológicas e Sociais Aplicadas

Foto de Gerhard Waller

Mais de
14.000
profissionais formados em seus cursos de graduação

Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"
Avenida Pádua Dias, 11 • Piracicaba/SP • 13418-900
www.esalq.usp.br

Programas de Pós-Graduação

- Bioenergia (interinstitucional)
- Bioinformática (interunidades)
- Biologia Celular e Molecular Vegetal (internacional)
- Ciência Animal e Pastagens
- Ciência e Tecnologia de Alimentos
- Ecologia de Aplicada (interunidades)
- Economia Aplicada
- Engenharia de Sistemas Agrícolas
- Entomologia
- Estatística e Experimentação Agronômica
- Fisiologia e Bioquímica de Plantas
- Fitopatologia
- Fitotecnia
- Genética e Melhoramento de Plantas
- Microbiologia Agrícola
- Recursos Florestais
- Solos e Nutrição de Plantas

Cursos de Graduação

Administração

Ciências Biológicas

Ciências dos Alimentos

Ciências Econômicas

Engenharia Agronômica

Engenharia Florestal

Gestão Ambiental

Layout de José Adilson Milanêz | outubro | 2015

A cultura do milho tem passado por uma série de transformações no Brasil, inclusive aquelas voltadas a tornar o referido grão uma cultura mais nobre, para os consumidores, e rentável, para os produtores brasileiros. Nesse sentido, esta edição da Visão Agrícola trata de uma série de aspectos e ações que contribuíram para a alavancagem dos negócios atrelados à cultura do cereal. Parte de um resgate histórico do milho no Brasil e no mundo, passando por temáticas relacionadas às inovações tecnológicas pertinentes à cadeia de produção, incluindo: seu melhoramento genético, sua fisiologia, o manejo do solo, os processos de proteção, a aquisição de insumos e a própria cultura; a utilização de técnicas mais eficientes voltadas a atividades de colheita, armazenagem e beneficiamento; industrialização e comercialização dessa – agora – commodity agrícola.

Os grandes desafios da cultura também são objeto de atenção dessa edição: as questões ambientais, os processos de reposição da fertilidade dos solos, os transgênicos e a efetividade do controle de pragas, entre outros.

Transformações em curso? Com certeza! Haverá, ainda, muito milho para as galinhas... Mas o mercado mundial está atento ao crescimento da produção de etanol à base de milho, por exemplo, num contexto em que nosso país passa a ser tratado como player de respeito, em que a tal da "safrinha" virou uma "safrona"!

Nos próximos 10 anos, o preço do cereal deve aumentar 5,5% ao ano e a produtividade deve crescer cerca de 5,2 t/ha, com a ampliação das exportações. Faça parte deste novo cenário da cultura do milho no Brasil. Boa leitura!

José Vicente Caixeta Filho | Diretor da USP/ESALQ
(Gestão 2011 – 2014)

Luiz Gustavo Nussio | Diretor da USP/ESALQ
(Gestão 2015 – 2018)

FREEIMAGES / ALEXANDRE JAEGER VENDRUSCOLO

VISÃO agrícola

SEÇÕES

EDITORIAL 1

FÓRUM 4

REPORTAGEM 83

INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS 170

TEMAS

IMPORTÂNCIA

Demanda mundial cresce e Brasil tem espaço para expandir produção 8
Leonardo Sologuren

MELHORAMENTO GENÉTICO

Escolha do cultivar é determinante e deve considerar toda informação disponível 12
Roberto Fritsche-Neto e Gustavo Vitti Môro

Engenharia genética introduz novas características para melhorar plantas 16
Gustavo Dias Almeida e Aluízio Borém

FISIOLOGIA

Cultivo racional e sustentável requer maior conhecimento sobre planta do milho 20
Antonio Luiz Fancelli

Manejo baseado na fenologia aumenta eficiência de insumos e produtividade 24
Antonio Luiz Fancelli

Fatores de estresse no milho são diversos e exigem monitoramento constante 30
Gustavo Maia Souza e Alexandrius de Moraes Barbosa

Reguladores são, para muitos cultivos, indispensáveis ao alcance de bons níveis 35
João Domingos Rodrigues e Samuel Luiz Fioreze

MANEJO DO SOLO

Importância do sistema de plantio direto (SPD) para a cultura do milho 40
Silas Maciel de Oliveira, Rodrigo Estevam Munhoz de Almeida, Rafaela Alenbrant Migliavacca e José Laércio Favarin

Calcário aplicado em SPD pode amenizar acidez, em camadas profundas do solo 45
Eduardo Fávero Caires

Estudos confirmam efeitos favoráveis do gesso agrícola à cultura do milho 49
Godofredo César Vitti, Eduardo Zavaschi, Thiago Augusto de Moura e Marcos Henrique Feresin Gomes

Programa racional para fertilizantes deve considerar fatores que afetam cultivo 52
Antonio Luiz Fancelli e Rodrigo Estevam Munhoz de Almeida

MANEJO DA CULTURA

Visão sistêmica e estratégias de manejo são imperiosos para garantir cultura sustentável 58
Antonio Luiz Fancelli

Maior interação com ambiente eleva uso de cultivar transgênico no Brasil 61
Pedro Patric Pinho Morais e Aluízio Borém

Irrigação deve maximizar eficiência no uso da água para garantir produtividade 66
Durval Dourado Neto, Quirijn de Jong van Lier, Klaus Reichardt e Marco Antonio Tavares Rodrigues

73 Relação entre consumo de água e produção na cultura de milho
Durval Dourado Neto, Klaus Reichardt, Quirijn de Jong van Lier, Luiz Gustavo Nussio e Ricardo Ferraz de Oliveira

78 Milho safrinha se consagra e caracteriza um sistema peculiar de produção
Aildson Pereira Duarte

PROTEÇÃO DE PLANTAS

98 Sem controle das plantas Invasoras, perdas na cultura do milho podem chegar a 87%
Pedro Jacob Christoffoleti, Caio Augusto de Castro Grossi Brunharo e Marcelo Rodrigues Alves de Figueiredo

102 Manejo integrado das principais pragas que atacam a cultura do milho no país
Crébio José Ávila

107 Estratégias de manejo podem prolongar vida útil das tecnologias de milho Bt
Celso Omoto e Oderlei Bernardi

110 Indução de resistência contra patógenos: definição e perspectivas de uso
Sérgio F. Pascholati, Thiago A. de Melo e Ronaldo José Durigan Dalio

113 Mudanças em plantas, ambiente e patógenos afetam controle de doenças
Carlos A. Forcelini

116 Perdas acarretadas por nematoides podem, com precaução, ser evitadas
Mário Inomoto

COLHEITA & ARMAZENAGEM

120 Componentes do sistema de colheita devem atuar em perfeita sintonia
Evandro Chartuni Mantovani

123 Agricultura de precisão aprimora ao gerir variabilidade das áreas de cultivo
Jose Paulo Molin e Adriano Adelcino Anselmi

127 Perdas anuais em grãos armazenados chegam a 10% da produção nacional
Irineu Lorini

130 Qualidade do milho é classificada por padrões oficiais, de acordo com o uso
Eduardo Micotti da Gloria e Maria Antonia Calori Domingues

INDUSTRIALIZAÇÃO

135 Dominante nos EUA, etanol de milho é opção, no Brasil, para safra excedente
Aline Marques Bortoletto e André Ricardo Alcarde

138 Processamento e industrialização do milho para alimentação humana
Marisa Aparecida Bismara Regitano-d´Arce, Marta Helena Fillet Spoto e Ana Carolina Leme Castellucci

141 Altos teores de energia e rendimento tornam milho mais usado para silagem
João Luiz Pratti Daniel e Luiz Gustavo Nussio

146 Derivados do milho são usados em mais de 150 diferentes produtos industriais
Sueli Strazzi

151 Considerado nobre pelo consumidor, óleo de milho alcança bons preços no mercado
Marisa Aparecida Bismara Regitano-d´Arce e Thais M. F. S. Vieira

153 Processamento aumenta aproveitamento do milho e eficiência de rações animais
Flávio Augusto Portela Santos, Fernanda Batistel e Jonas de Souza

COMERCIALIZAÇÃO & INSUMOS

154 Estrutura dos custos de produção do milho no Brasil comparada à de outros países
Mauro Osaki, Lucilio Rogerio Aparecido Alves e Geraldo Sant'Ana de Camargo Barros

159 Dinâmica e sistemas de custeio das safras de milho no Estado do Paraná
Robson Mafioletti e Gilson Martins

162 Referenciais do mercado e formação do preço do milho no Brasil
Lucilio R. A. Alves e Geraldo Sant'Anna de Camargo Barros

166 Mercados futuro e de opções permitem gerenciar preços e reduzir riscos
Fabiana Salgueiro Perobelli Urso

Maior eficiência econômica e técnica depende do suporte das políticas públicas

ACERVO USP / ESALQ

Geraldo Sant'Ana de Camargo Barros e
Lucilio Rogerio Aparecido Alves*

O milho é cultivado em todas as microrregiões do Brasil; diz-se, no senso comum, que nas regiões em que há produção de frangos, suínos ou mesmo de bovinos, há produção de milho. A maior parte da produção de milho é comercializada, ao invés de ser consumida diretamente na própria fazenda. O que vem se observando é um conjunto de acentuadas mudanças, ao longo da cadeia produtiva do milho, a começar por ajustes nos sistemas produtivos agrícolas, passando pelos mecanismos de comercialização, inclusive a formação de preços. As alternativas de uso do milho vão se ampliando, para além de ração animal – que tem sido o lastro sobre o qual se assenta o importante crescimento dos segmentos de produção animal, para o qual se projeta crescimento de mais de 30% nos próximos 10 anos. A indústria vem incrementando o emprego do milho como insumo na fabricação de produtos como lisina, itens biodegradáveis, isoglucose, etanol etc.

No setor produtivo agrícola, o que prevaleceu, no passado, no Brasil, foi o cultivo de milho de primeira safra ou safra de verão. Ainda na temporada 1990/91, aproximadamente 94% da produção nacional ocorria na primeira safra; os demais 6%, na segunda safra. Na temporada 1995/96, a oferta da segunda safra passou a representar 12,5% da oferta total; em 2000/2001, 18,7%; em 2005/06, 25,5%; em 2010/11, 44,7%; chegando, na temporada 2013/14, a 58,2%. Essa mudança na participação das ofertas da primeira e da segunda safras foi possível graças ao avanço tecnológico e a ajustes, nos períodos de cultivo, com impacto, inclusive, no cultivo de soja na primeira safra, principal cultura que antecede o milho de segunda safra. O processo foi favorecido pela expansão do consumo interno e, também, pelas oportunidades de exportação, que absorveram o excedente doméstico.

Do ponto de vista da tecnologia, o milho e a soja interagem no contexto de um sistema produtivo em que a oleaginosa ocupa o solo no verão, seguida pela gramínea. Intensificar o uso do solo é o objetivo: os produtores passaram a antecipar o cultivo de soja e/ou utilizar sementes de ciclo curto, visando à colheita em período que ainda permita o cultivo de milho, contando com as chuvas entre o final do verão e a primeira parte do outono – este desafio é maior no Cerrado brasileiro.

Especialmente no Cerrado, o cultivo de segunda safra passou a ser uma alternativa para reduzir os custos fixos da atividade agrícola, racionalizando o uso de máquinas, mão de obra etc. Graças à técnica do plantio direto, reduz-se o impacto sobre o solo por meio do cultivo mínimo e da sua cobertura contínua com plantas e resíduos vegetais. O controle adequado de pragas e doenças é parte integrante da tecnologia empregada. Também foi importante a liberação do

FREEIMAGES / MATIC ZUPANCIC

Cultivo da 2ª safra passou a ser alternativa para reduzir os custos fixos e racionalizar uso de máquinas, mão de obra etc

uso comercial de "eventos" geneticamente modificados, a partir de agosto de 2007. Até o final de 2014, foram cerca de 20 aprovações de "eventos" comerciais para a cultura do milho no Brasil.

Considerando 14 anos – ou seja, safras entre as temporadas 2000/01 e 2013/14 –o milho de primeira safra apresentou taxa de crescimento médio da área negativo de 3,1% a.a.; a produtividade, por sua vez, cresceu 4,1% a.a., fazendo com que, na média, a produção apresentasse taxa de crescimento positiva de 0,9% a.a. Em contrapartida, no milho de segunda safra, a área colhida teve crescimento médio de 10,4% a.a., ao mesmo tempo em que a produtividade avançou a 6,2% a.a., levando a um ganho de médio de produção de 17,2% a.a.. Ao analisar, conjuntamente, primeira e segunda safra, a área total de milho no Brasil teve um crescimento médio no período de 1,9% a.a.; e a produtividade, de 4,7% a.a., resultando em taxa de crescimento médio da oferta agregada de 6,7% a.a.

Taxas de crescimento da produtividade como esta não são tão comuns de se observar no agronegócio, mostrando o forte dinamismo do produtor de milho brasileiro. Mesmo assim, outros desafios persistem. Primeiro, é importante ter em mente que o risco da atividade é expressivo; há risco de preço, com oscilações acentuadas entre os anos e oscilações distintas entre regiões, num mesmo período. A formação dos preços depende mais, ainda, de fatores domésticos do que dos internacionais. Além disso, os produtores planejam o ano-safra, visando, por exemplo, ao cultivo de soja seguido do de milho; mas a venda da produção de milho pode ocorrer entre 9 e 12 meses após a decisão inicial. Com isso, pode haver descasamento entre o custo de produção e a receita efetivamente recebida – que pode diferir bastante da esperada.

Além do risco de preço, há o risco climático ou de produtividade. Antecipar o cultivo de soja, em si, já eleva o risco da safra de verão, pois uma variação climática pode impactar o desenvolvimento da lavoura, especialmente no caso de uso de variedades de ciclo curto. Ademais, na segunda safra, as condições climáticas tendem a ser ainda mais imprevisíveis. Pode ocorrer geadas em localidades das regiões Sul, Sudeste e, também, no Sul de Mato Grosso do Sul (onde o milho de segunda safra concorre em área com o trigo), enquanto pode haver baixo índice pluviométrico em todas as regiões (no Cerrado, há poucas opções ao milho na segunda safra).

Riscos de preços e de produtividade se consolidam no risco de renda. Aqui está o desafio maior dos formuladores de políticas públicas para o setor: desenvolver mecanismos que permitam aos produtores realizarem seguros de produtividade e *hedge* de preços. Os impactos sobre a produção agregada e a renda dos produtores podem ser substanciais, principalmente se mecanismos adequados forem divisados para o financiamento agrícola, atualmente bastante incerto e quase sempre insuficiente.

Uma tendência importante, para o mercado interno de milho, tem sido a expressiva taxa de crescimento do consumo, que foi, em média, de 3,6% a.a., entre as temporadas 2000/01 e 2013/14. Sem dúvida, o grande desenvolvimento observado nos mercados de proteína animal deu suporte ao consumo interno de milho: houve aumento da capacidade para uso do cereal de forma industrializada, porém, por enquanto, sua participação no consumo agregado é, ainda, baixa. De qualquer forma, este parece ser o segmento dentro da cadeia de milho que mais deve crescer nos próximos anos. Há vários projetos em desenvolvimento, no Brasil, seja para produção de amidos naturais, modificados, glucoses, seja para produção de etanol no Centro-Oeste do país.

Com a produção crescendo a taxas maiores que o consumo interno, o excedente exportável vem aumentando. O importante é que o Brasil se mostra competitivo em preço e qualidade no cenário mundial. Em anos passados, soube aproveitar as oportunidades deixadas por outros países, especialmente Estados Unidos e Argentina. Entre as temporadas 2000/01 e 2013/14, a taxa de crescimento das exportações foi de 18,2% a.a., em média. Somente em 2013, as exportações de milho geraram receita da ordem de US$ 6,3 bilhões; em 2012, a receita havia sido de US$ 5,4 bilhões e, em 2014, de US$ 3,9 bilhões. É importante ter em conta que a produção de milho está se concentrando na segunda safra e nos estados do Centro-Oeste. São regiões que ainda consomem apenas uma parcela de sua produção, visto que sua industrialização, que racionalizaria a logística, ainda está por se desenvolver. Assim, resta o desafio de escoamento dessa produção do grão para regiões consumidoras e, especialmente, para exportação.

Diante do maior excedente nas regiões de fronteira e da precariedade logística, os preços acabam sendo pressionados, reduzindo a renda dos produtores agrícolas. Como exemplo, nas regiões de Sorriso e Lucas do Rio Verde, em Mato Grosso, os preços ficam entre 40% e 60% inferiores aos valores de transações no mercado físico do porto de Paranaguá, PR. Este é o custo da logística! O escoamento da produção para exportação, via portos, das regiões Norte e Nordeste pode ser um ponto de inflexão nas transações e na formação de preços. Deficiências na integração regional fazem com que, em muitos anos, os preços de mercado recebidos pelos produtores fiquem abaixo dos valores de preços mínimos determinados pelo Governo Federal, estabelecidos visando ao pagamento dos custos variáveis de produção. Quando isso ocorre, há necessidade de o Governo realizar intervenções na comercialização, visando, em geral, ao escoamento da produção para regiões deficitárias e para o mercado externo.

Constata-se, portanto, que a cultura do milho se acha inserida na estrutura de uma cadeia produtiva que se alonga e se integra horizontalmente. É básica para o agronegócio dinâmico moderno e estratégica para o avanço quantitativo e qualitativo do consumo de alimentos no Brasil e no mundo. Só a interação entre os diversos elos da cadeia produtiva – produtores rurais de grãos e de proteínas animais, empreendedores e uma competitiva e moderna agroindústria – pode garantir maiores valores agregados, com benefícios a todos, inclusive ao consumidor. As instituições de pesquisa, em especial as universidades, têm desempenhado papéis fundamentais na formação de profissionais capacitados, na geração de tecnologia e na difusão de informações, para o aprimoramento do gerenciamento dos recursos produtivos escassos.Do ponto de vista das políticas públicas, espera-se que sejam atendidas as demandas do produtor rural, para viabilizar o uso contínuo e rentável da moderna tecnologia. Destacam-se o crédito rural oportuno e a custo adequado, os mecanismos de gerenciamento de risco, a instalação de sistema de armazenagem nas regiões deficitárias – que, no caso do milho, ainda chega a ser depositado "a céu aberto" em algumas regiões –, assim como o melhoramento da infraestrutura de energia e de transporte.

* ***Geraldo Sant'Ana de Camargo Barros*** *é professor titular do Departamento de Economia, Administração e Sociologia da USP/ ESALQ e coordenador científico do Cepea – USP/ ESALQ (gscbarro@usp.br) e* ***Lucilio Rogerio Aparecido Alves*** *é professor doutor do Departamento de Economia, Administração e Sociologia da USP/ESALQ e pesquisador do Cepea – USP/ESALQ (lralves@usp.br).*

FREEIMAGES / ANDREW BEIERLE

Cultura está inserida na estrutura de uma cadeia produtiva que se alonga e se integra horizontalmente

Expansão

Demanda mundial cresce e Brasil tem espaço para expandir produção

Leonardo Sologuren

ACERVO ABRASEM

Colheita mecanizada: produção mundial do milho deve atingir 991,9 milhões de toneladas, na campanha agrícola 2014/15, segundo USDA

O milho é uma das culturas mais importantes mundialmente, seja do ponto de vista econômico, seja do ponto de vista social. Destaca-se por ser o grão mais produzido no mundo: segundo informações do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA), a produção mundial deste cereal deverá atingir 991,9 milhões de toneladas, na campanha agrícola 2014/15 (Tabela 1). É importante destacar que, entre as safras 2004/05 e 2014/15, a produção mundial de milho registrou um crescimento de 38,4%. Este forte incremento ocorreu para atender à necessidade de abastecer a demanda, que registrou uma expansão de 41%, no mesmo período. O milho também se destaca como o grão mais consumido do mundo: estima-se que, na safra 2014/15, seu consumo alcance 971,2 milhões de toneladas (Tabela 2).

A utilização do milho é ampla, abrangendo seu emprego como alimento, assim como para uso industrial e energético; seu destino é, principalmente, a produção de rações para uso animal. No entanto, o leque de destinos industriais do milho é também muito vasto. O cereal pode ser utilizado na produção de alimentos básicos, como fubás, farinhas, canjicas e óleos, como pode ser empregado em produtos mais elaborados, como xarope de glucose (utilizado na produção de balas, gomas de mascar, doces em pasta etc.), maltodextrinas (destinadas à produção de aromas e essências, sopas desidratadas, produtos achocolatados e outros) e corantes caramelo (para produção de refrigerantes, cervejas, molho etc.).

Seu uso ultrapassa a fronteira alimentícia por meio, por exemplo, dos amidos industriais, que podem ser utilizados na produção de papelão ondulado, adesivos e fitas gomadas. O etanol produzido a partir do milho também tem importância global: nos Estados Unidos, é a principal fonte de bionergia do país. No Brasil, o milho é amplamente utilizado, principalmente para a produção de rações. Estima-se que, dentre as quase 85 milhões de toneladas produzidas, 56 milhões de toneladas são destinadas para uso na alimentação animal. No entanto, o milho produzido no Brasil também tem ganhado importância no cenário do comércio mundial: o país se destaca por ser o segundo maior exportador do grão, participando, atualmente, com 17% das exportações mundiais, atrás apenas dos Estados Unidos, que detêm cerca de 40%.

Foi justamente o cenário externo favorável que possibilitou ao Brasil ampliar sua produção interna: entre as safras 2004/05 a 2014/15, a área plantada de milho registrou, em nosso país, um incremento de 3,5 milhões de hectares. Esta expansão, entretanto, ocorreu na segunda safra (um salto de mais de 200%), pois na primeira o que se observou foi uma queda na área cultivada, de 31,8% (Figura 1). Esta expansão foi motivada pelas vendas externas: preços altos para o milho, demanda aquecida e quebras globais de safra fizeram com que as vendas externas do Brasil saltassem de 5,0 milhões de toneladas, em 2004, para 26,6 milhões de toneladas em 2013 e 20,6 milhões em 2014 (Figura 2). Com a demanda

TABELA 1. PRODUÇÃO MUNDIAL DOS PRINCIPAIS GRÃOS, EM MILHÕES DE TONELADAS

PRODUTO	2004/05	2005/06	2006/07	2007/08	2008/09	2009/10	2010/11	2011/12	2012/13	2013/14	2014/15*
Milho	716,8	700,7	716,6	795,5	799,7	824,9	835,3	888,1	868,0	988,7	991,9
Trigo	626,7	618,9	596,5	612,7	683,9	686,8	649,7	696,0	658,7	716,8	726,5
Arroz	400,9	417,9	420,5	432,9	449,1	440,9	450,0	467,0	471,9	476,9	474,6
Soja	215,9	220,9	236,3	219,0	212,1	260,6	264,2	240,5	268,8	283,6	315,5
Cevada	152,1	136,2	137,0	133,0	155,1	151,1	123,2	133,5	129,8	145,5	140,8

Fonte: United States Department of Agriculture (USDA) – base abril/2015; elaboração, Clarivi Consultoria

TABELA 2. CONSUMO MUNDIAL DOS PRINCIPAIS GRÃOS, EM MILHÕES DE TONELADAS

PRODUTO	2004/05	2005/06	2006/07	2007/08	2008/09	2009/10	2010/11	2011/12	2012/13	2013/14	2014/15*
Milho	688,6	707,6	727,0	774,6	782,4	819,0	853,0	866,5	869,0	944,8	971,2
Trigo	605,1	616,1	618,8	614,5	637,8	650,7	653,0	688,9	687,9	697,9	712,8
Arroz	406,3	412,3	418,9	425,9	436,0	435,6	442,8	455,8	465,7	477,2	480,8
Soja	204,4	215,8	225,0	229,5	221,7	238,4	251,2	258,1	261,2	273,0	288,9
Cevada	143,5	140,3	143,6	134,2	143,4	145,0	134,5	135,5	132,2	141,4	141,5

Fonte: United States Department of Agriculture (USDA) – base abril/2015; elaboração, Clarivi Consultoria

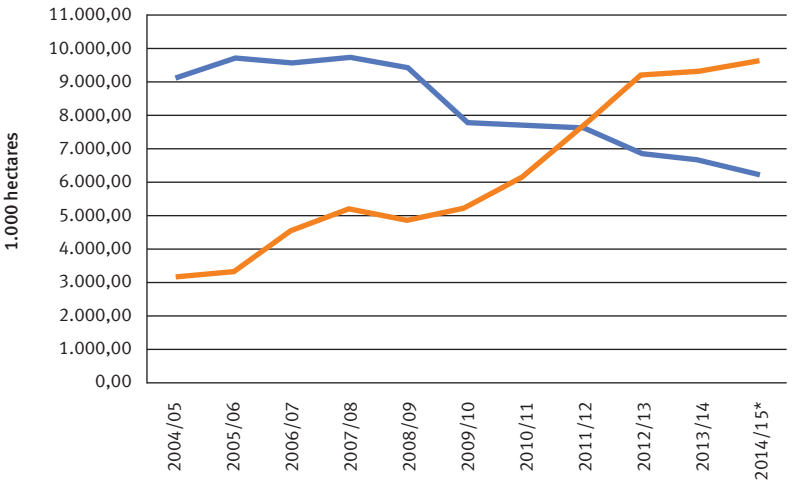
externa pelo milho brasileiro aquecida, a produção cresceu de forma significativa, nos últimos anos, saltando de 35 milhões de toneladas na safra 2004/05, para mais de 84 milhões de toneladas, na safra 2014/15; ou seja, um incremento de quase 50 milhões de toneladas (Figura 3).

Com este volume produzido, o milho se tornou a terceira cultura que mais gera renda ao País; segundo estimativas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o valor bruto da produção (VBP) do milho, em 2015, será de R$ 32,1 bilhões, ficando atrás apenas da soja e da cana-de-açúcar. É importante ressaltar que o milho é produzido nas 27 unidades federativas do Brasil, sendo cultivado tanto por grandes quanto por médios e pequenos produtores. Nas regiões Norte e Nordeste, ainda há um volume expressivo de pequenos agricultores que exploram o milho como cultura de subsistência.

Há, portanto, uma tendência natural de crescimento da importância do milho no contexto global e no doméstico. Países como a China, por exemplo, tendem a elevar de forma significativa seu consumo do cereal, em virtude de seu crescimento econômico e populacional. Para exemplificar, o consumo *per capita* de carne na China é de cerca de 55 kg/habitante/ano, enquanto, no Brasil, o consumo já ultrapassa os 90 kg/habitante/ano. O crescimento econômico global tem retirado pessoas da linha de pobreza, de modo que elas passam a ter acesso a maior consumo de proteína animal. Por esta razão, o *trading* global do milho tem crescido, de forma expressiva. Entre as safras 2004/05 e 2014/15, o comércio mundial do produto saltou de 77,7 milhões de toneladas para 117,7 milhões de toneladas.

Projeções do USDA indicam que o *trading* global de milho deverá alcançar, na safra 2024/25, cerca de 140 milhões de toneladas. O Japão se destaca atualmente como maior importador mundial do milho, transacionando um volume superior a 15 milhões de toneladas; o México e

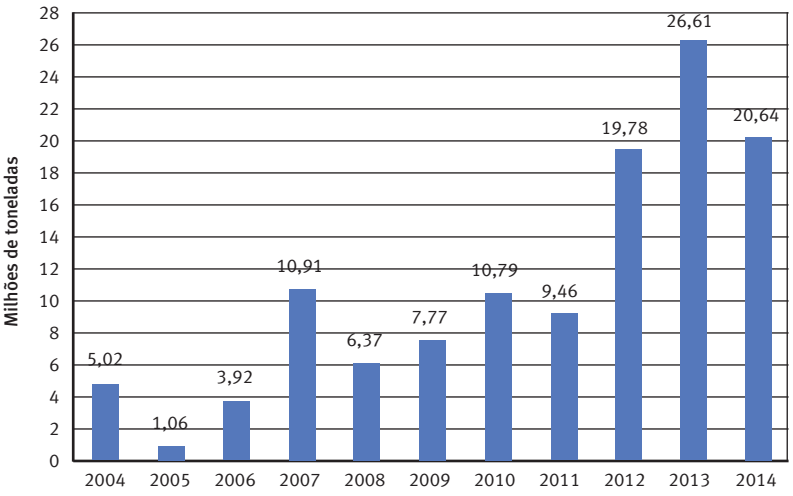
FIGURA 1. ÁREA PLANTADA DE MILHO NO BRASIL



Linha azul — 1ª safra (ou safra verão)
Linha amarela — 2ª safra (ou safrinha)

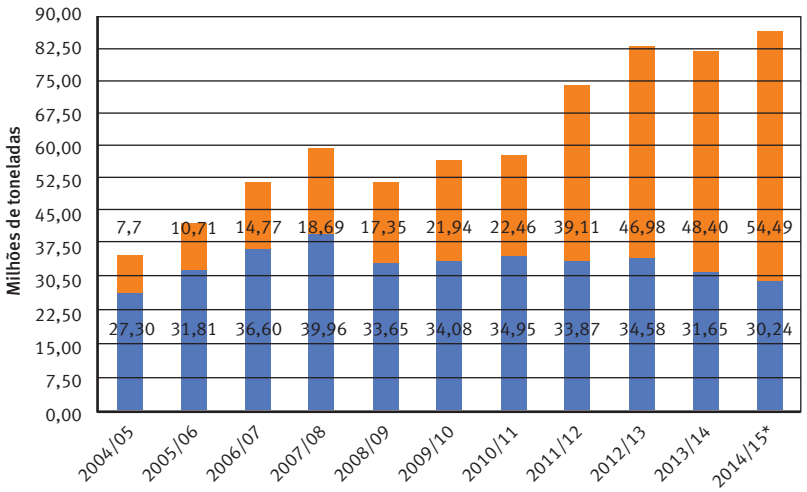
Fonte: Conab – base set/15

FIGURA 2. EXPORTAÇÕES BRASILEIRAS DE MILHO



Fonte: Secretaria de Comércio Exterior (Secex) do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior; elaboração, Clarivi

FIGURA 3. PRODUÇÃO BRASILEIRA DE MILHO



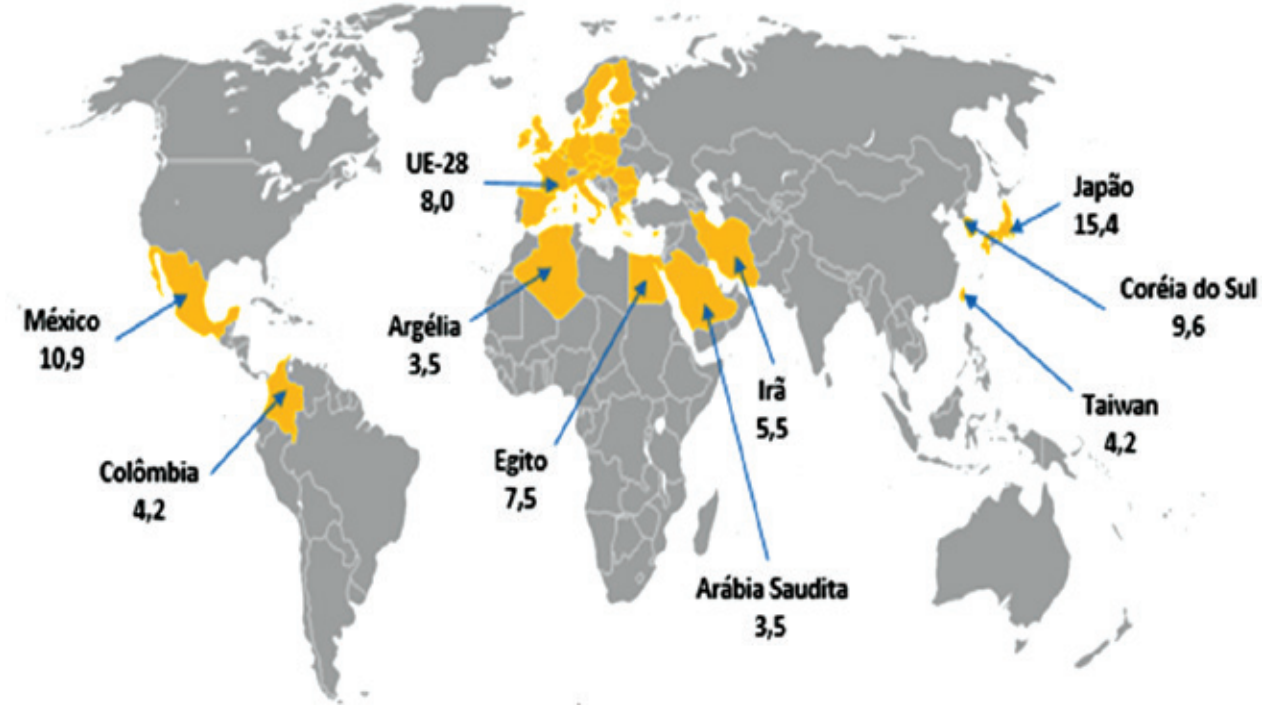
Barra azul — 1ª safra (ou safra verão)
Barra amarela — 2ª safra (ou safrinha)

Fonte: Conab – base set/15

a União Europeia também se destacam globalmente, importando anualmente volumes de 10,9 milhões de toneladas e 8,0 milhões de toneladas, respectivamente (Figura 4). Este cenário de aumento mundial da demanda representa uma excelente oportunidade para nosso país, um dos poucos que possuem estoques de áreas disponíveis, globalmente. Importante ressaltar que possuímos amplos recursos naturais e tecnologia agrícola de ponta, para aumentar nossa participação no mercado global. Infelizmente, só não somos mais competitivos em função de carências logísticas e do baixo apoio governamental ao setor.

** **Leonardo Sologuren** é engenheiro agrônomo, mestre em economia e sócio-diretor da Clarivi Consultoria, Assessoria e Inteligência de Mercado (suporte@clarivi.com.br).*

FIGURA 4. PRINCIPAIS IMPORTADORES MUNDIAIS DE MILHO, EM MILHÕES DE TONELADAS; SAFRA 2014/15



Fonte: United States Department of Agriculture (USDA); elaboração, Clarivi Consultoria

Tipos de híbridos

Escolha do cultivar é determinante e deve considerar toda informação disponível

Roberto Fritsche-Neto e Gustavo Vitti Môro*

Campo de avaliação de desempenho de cultivares no estado do Tocantins

De modo geral, o cultivar é responsável por, pelo menos, 50% da produtividade de uma lavoura. Assim, sua escolha é tarefa complexa e crucial, na qual se devem levar em consideração todas as informações disponíveis, oriundas, principalmente, de três fontes:

Produtor rural: conhecer o nível tecnológico, o sistema de produção, as condições edafoclimáticas da região (solo, clima, altitude etc.) e a finalidade da produção (grãos, pipoca, milho doce, silagem etc.).

Empresas produtoras de semente: pesquisar se há cultivares desenvolvidos para as regiões edafoclimáticas, as condições de cultivo e, principalmente, as características dos cultivares. Neste sentido, além de sites e *folders* de empresas, o portal do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (Mapa) tem uma lista atualizada dos cultivares disponíveis no mercado de sementes, para cada espécie (MAPA, 2013).

Assistência técnica e pesquisa: buscar informações quanto a ensaios sobre valores de cultivo e de uso (VCU) realizados com os cultivares de interesse, na região onde será feita a recomendação.

TIPOS DE CULTIVARES

Variedades – As variedades também são conhecidas como cultivares de polinização aberta. São obtidas pela livre polinização de um grupo de indivíduos selecionados. Assim, são altamente heterozigóticos e heterogêneos, apresentando maior estabilidade produtiva e variabilidade genética (Figura 1). Por outro

lado, apresentam menor uniformidade no produto obtido; além disto, há também menor produtividade devido à baixa exploração da heterose, pois no máximo 50% dos locos estarão em heterozigose. Com o uso de variedades, há uma redução sensível nos custos de produção, pois estas se adequam aos sistemas de cultivo de baixa tecnologia; ou seja, com menores investimentos em adubação e produtos fitossanitários para controle de pragas, doenças e plantas daninhas. Além disso, esse tipo de cultivar permite que o produtor produza suas próprias sementes, ano após ano, desde que o faça de modo correto. Todavia, o preço de um saco de 20 Kg de sementes de variedade custa entre R$ 45,00 a R$ 55,00; mas a produtividade dificilmente ultrapassa os 5.000 Kg ha^{-1}.

Híbridos – Os híbridos de milho resultam do cruzamento entre indivíduos geneticamente distintos e homozigotos, visando à utilização prática da heterose (Figuras 2 A e B). Dependendo do número de genitores utilizados, podemos obter diferentes tipos de híbridos; mas, de modo geral, todos são altamente heterozigóticos e homogêneos. Indiferentemente do tipo de híbrido, estes só têm alto vigor e produtividade na primeira geração (F_1), sendo necessária a aquisição de sementes híbridas todos os anos, caso o agricultor queira manter o mesmo nível de produtividade. Se os grãos colhidos forem semeados, o que corresponde a uma segunda geração (F_2), dependendo do tipo do híbrido, haverá redução de 15% a 40% na produtividade, devido à perda de vigor e à grande variação entre plantas.

Híbrido simples – Este tipo de híbrido resulta do cruzamento entre duas linhagens puras (Figura 3 A). É indicado para sistemas de produção que utilizem alta tecnologia, pois possui maior potencial produtivo, ultrapassando, em muitas regiões, a marca de 15.000 Kg ha^{-1}. É também mais caro, custando, muitas vezes, acima de R$ 400,00 o saco de 60.000 sementes, normalmente suficiente para o plantio de um hectare. Apresenta maior uniformidade de plantas e espigas do que os demais híbridos. Por outro lado, essa mesma uniformidade genética favorável em determinado ambiente poderá ser desvantajosa quando o híbrido for plantado em uma série de ambientes contrastantes; ou, ainda, em condições de estresses bióticos ou abióticos.

Híbrido triplo – O híbrido triplo é obtido a partir do cruzamento entre uma linha pura e um híbrido simples (Figura 3 B), sendo indicado para produtores com média a alta tecnologia. São bastante uniformes e com potencial produtivo intermediário entre os híbridos simples e duplos. Da mesma forma, o custo da semente e de produção também é menor que o simples e mais caro que o duplo.

Híbrido duplo – Resulta do cruzamento entre dois híbridos simples (Figura 3 C), sendo indicado para produtores com média tecnologia. Foi rapidamente aceito pelos produtores, pois aliou aumento de produtividade (dada pela heterose) a custos de produção suficientemente baixos. Outra possível vantagem dos híbridos duplos é sua maior heterogeneidade (variabilidade genética), que resulta em maior estabilidade de comportamento.

ESCOLHA DO CULTIVAR

Para a escolha correta do cultivar, aspectos relacionados às características deste e do sistema de produção devem ser levados em consideração (CRUZ et al., 2013a) como, por exemplo:

Para silagem – As características de um bom cultivar para a produção de silagem não são as mesmas de um cultivar para a produção de grãos. O milho ideal para a silagem deve reunir características importantes para este segmento, como estabilidade de produção em diversas épocas e nas diferentes condições de plantio e de altitude; sanidade foliar às principais doenças, como ferrugens, enfezamentos, *Phaeosphaeria* e *Cercospora*; ciclo prolongado de enchimento de grãos, ampliando o período de colheita e facilitando o processo, na época da ensilagem; resistência ao acamamento; ter de porte médio a alto, com alta produtividade de grãos, porque é dos grãos que sai a maior parte da energia digestível.

Tipo grão e especiais – Para o milho tipo grão e, principalmente, para milhos especiais como o milho branco, o milho-doce e o milho-pipoca, há caraterísticas especificas que devem ser consideradas. De modo geral, estão relacionadas à produtividade, qualidade e uniformidade do produto final; adaptação à região de cultivo, resistência a pragas, doenças e ao acamamento; arquitetura da planta, ciclo, textura e composição dos grãos; sincronismo de florescimento, empalhamento, decumbência (percentagem de dobramento de espigas, após a maturação) e tolerância a estresses abióticos.

FIGURA 1. VARIABILIDADE DO TIPO DE GRÃO OBSERVADA EM VARIEDADES DE POLINIZAÇÃO ABERTA DE MILHO

SUPERBWALLPAPERS

ADAPTAÇÃO À REGIÃO

Apesar de crucial, este aspecto é minimizado, pois, normalmente, as empresas de sementes já direcionam a venda de seus cultivares de acordo com suas regiões de adaptação, considerando as principais doenças que ocorrem na região, o sistema de produção predominante, as exigências do mercado e o perfil dos agricultores. Problemas ocorrem quando o agricultor adquire sementes em local diferente daquele onde será implantada a lavoura.

FIGURA 2. EFEITO DA HETEROSE EM MILHO, OBSERVADA PELA DIFERENÇA NA PRODUTIVIDADE DE GRÃOS (A) E NO VIGOR DA PLANTA (B) DO HÍBRIDO (F_1), EM RELAÇÃO AOS SEUS GENITORES (P_1 E P_2)

ESTABILIDADE E PRODUTIVIDADE

O potencial produtivo de um cultivar é um dos primeiros aspectos considerados pelos agricultores, na compra das sementes. Entretanto, a estabilidade de produção, que é determinada em função do comportamento do cultivar em plantios em diferentes locais e anos, também deverá ser considerada. Cultivares estáveis são aqueles que, ao longo dos anos e dentro de determinada área geográfica, têm menor oscilação de produção, respondendo de forma previsível à melhoria do ambiente (anos mais favoráveis) e não tendo grandes quedas de produção nos anos desfavoráveis.

RESISTÊNCIA ÀS PRINCIPAIS DOENÇAS

As doenças podem ocorrer de forma epidêmica, atingindo até 100% das plantas na lavoura. Em áreas de plantio direto, os problemas podem ser agravados, principalmente com cercosporiose, helmintosporiose e podridões do colmo e espigas. Atualmente, o problema com doenças é sério em algumas regiões do país, especialmente onde a cultura permanece no campo durante todo o ano, como em áreas irrigadas ou onde o plantio de safrinha é significante. Nestas situações, é fundamental a escolha de cultivares tolerantes às principais doenças, para se evitar redução de produtividade.

A sanidade dos grãos também merece atenção, na escolha do cultivar. Esta característica decorre da quantidade de inóculo e da resistência genética do cultivar a fungos que atacam o grão. Normalmente, a sanidade está associada a um bom empalhamento; mas é, também, dependente das condições climáticas, nos estágios de desenvolvimento e secagem dos grãos no campo. Baixas porcentagens de espigas doentes e grãos ardidos são características que podem estar incorporadas ao insumo semente, representando valor agregado, pois, melhor qualidade de grãos poderá significar maior preço no mercado.

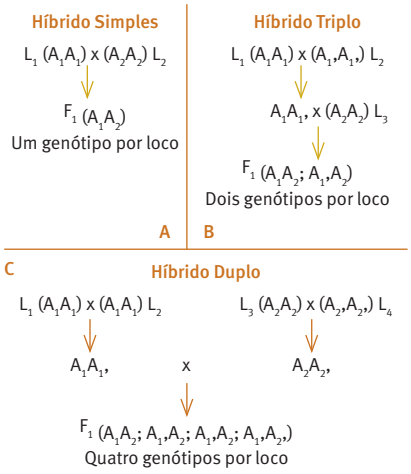
CICLOS

No mercado de sementes, há predominância de cultivares precoces (72,5%), sendo os mais plantados na safra e safrinha. Já os cultivares superprecoces (24%) são preferidos em plantios tardios de safrinha nos estados do Sul (visando ao escape da geada), em algumas regiões do Nordeste (onde o período chuvoso é reduzido e concentrado) e em agriculturas irrigadas, nas quais há necessidade de se liberar a área para outra cultura.

QUALIDADE DO COLMO E RAIZ

Com o aumento do nível tecnológico, na cultura do milho, um fator que deve ser considerado é a resistência da planta ao acamamento e ao quebramento. Embora estas características também sejam afetadas pelo manejo da lavoura, variam com o cultivar. Lavouras que serão colhidas mecanicamente devem ser plantadas com cultivares que apresentem boa qualidade de colmo, evitando, desta forma, perdas na colheita.

FIGURA 3. ESQUEMA DE OBTENÇÃO DOS DIFERENTES TIPOS DE HÍBRIDOS COM O NÚMERO DE LINHAGENS UTILIZADAS EM CADA CASO E VARIABILIDADE GENÉTICA MÁXIMA POSSÍVEL POR LOCO



Fonte: Roberto Fritsche-Neto

TEXTURA E COLORAÇÃO DOS GRÃOS

Os cultivares de milho podem ser agrupados de acordo com as texturas de seus grãos. Os milhos comuns (tipo grão) podem apresentar grãos com as seguintes texturas: dentado ou mole (*dent*), grão duro ou cristalino (*flint*). Os grãos mais duros apresentam a vantagem da boa armazenagem e qualidade de germinação. Assim, são preferidos pela indústria e, em algumas situações, alcançam preços um pouco superiores no mercado; enquanto que os de grãos dentados não são aceitos ou comprados por um preço menor. No entanto, em materiais para produção de milho-verde e silagem, grãos dentados são uma característica desejada e frequente. Em termos de mercado de sementes, há predominância de cultivares de grãos semiduros (54%) e duros (25%). Materiais dentados são minoria (6%); em relação à cor, verifica-se uma preferência por cultivares alaranjados (46%), amarelo-alaranjados (22%), amarelados (16%) e cor-de-laranja (7%).

CENÁRIO ATUAL E PERSPECTIVAS

Segundo dados da Embrapa Milho e Sorgo (CRUZ et al., 2013a; 2013b), na safra 2012/13 foram disponibilizados 479 cultivares de milho (dez a menos do que na safra anterior), sendo 263 cultivares convencionais e 216 cultivares transgênicos. Considerando todos (transgênicos e convencionais), em torno de 61% são híbridos simples, 22% híbridos triplos, 10% híbridos duplos e 7% variedades. Dentre os cultivares transgênicos, aproximadamente 78% são híbridos simples e os 22% restantes são híbridos triplos. A tendência é de que o mercado brasileiro de sementes de milho será praticamente composto por híbridos simples (≥95%). Pelo mesmo caminho, seguirá o uso dos cultivares transgênicos, que já chegam a 90% do mercado. A cada ano, haverá, também, aumento do número de cultivares *stackeados*; ou seja, com mais de dois eventos transgênicos. Estes vão conferir resistência a uma maior quantidade de pragas, tolerância a diferentes princípios ativos de herbicidas e resistência a doenças de colmo, *stay green*, entre outras vantagens.

** **Roberto Fritsche-Neto** é engenheiro agrônomo, M.S., D.S. e professor no Departamento de Genética da USP/ESALQ (rfritscheneto@gmail.com); **Gustavo Vitti Môro** é engenheiro agrônomo, M.S., D.S. e professor no Departamento de Produção Vegetal da Unesp/FCAV (gvmoro@fcav.unesp.br).*

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CRUZ, J.C.; PEREIRA FILHO, I.A., GARCIA, J.C. e DUARTE, J.O. *Cultivares*. Disponível em: ‹http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho_8_ed/cultivares.htm›. Acesso em: 19 jul. 2013.

CRUZ, J.C.; QUEIROZ, L.R. e PEREIRA FILHO I.A. Milho – Cultivares: *Quatrocentas e sessenta e sete cultivares de milho estão disponíveis no mercado de sementes do Brasil para a safra 2013/14*. Disponível em: ‹http://www.cnpms.embrapa.br/milho/cultivares/index.php›. Acesso em: 19 jul. 2013.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Registro Nacional de Cultivares/Cultivarweb*. Disponível em: ‹http://extranet.agricultura.gov.br/php/snpc/cultivarweb/cultivares_registradas.php›. Acesso em: 19 jul. 2013.

Biotecnologia

Engenharia genética introduz novas características para melhorar plantas

Gustavo Dias Almeida e Aluízio Borém *

RODRIGO ALMEIDA

Campo de produção de sementes melhoras pela engenharia genética

Desde o início da agricultura, as plantas vêm sendo modificadas geneticamente pelo homem. Até recentemente, a única forma para introdução de características de interesse em um indivíduo ou espécie era por meio de cruzamentos. No entanto, estes métodos convencionais possuem limitações, como as barreiras de isolamento filogenético entre e dentro de grupos gênicos e a ligação gênica, além do tempo necessário para a transferência dos caracteres de interesse. Com os avanços da biotecnologia, atualmente o melhoramento de plantas conta com importante ferramentas para a introdução de novas características, como a engenharia genética e a transformação. Com o advento destas técnicas, os cientistas passaram a incorporar genes de diferentes espécies vegetais, animais ou microrganismos (Perani et al., 1986), de forma controlada, no genoma vegetal, independentemente de cruzamentos, eliminando as barreiras filogenéticas entre os organismos dos três grandes domínios (Eubactérias, Archaea e Eukarya).

A transformação genética de plantas pode ser definida como a introdução de uma sequência de DNA no genoma receptor, excluindo-se a inserção por fecundação. Apesar de existirem outras técnicas que também permitem a introdução de genes sem a fecundação, como a hibridação somática e a cibridação, a transformação gênica é única técnica que permite inserir apenas genes específicos no genoma vegetal. Para que o processo de transformação seja efetivo, o DNA exógeno deve ser introduzido em células ou tecidos vegetais aptos a regenerar plantas completas. Tal processo é possível devido ao fenômeno de totipotência das células vegetais, que é a capacidade de estas se regenerarem em novas plantas, na presença de condições favoráveis, de nutrientes e de hormônios, o que torna a cultura de tecidos indispensável à transformação gênica. Um fator limitante na transformação gênica tem sido a baixa eficiência das técnicas de cultura de tecidos vegetais *in vitro* para algumas espécies de plantas. Aliada a isso, em muitas situações a esterilidade total ou parcial (albinismo) pode consistir em barreira para a finalização deste processo (Santarem, 2000).

CLONAGEM MOLECULAR E ISOLAMENTO DE GENES

O primeiro procedimento realizado é a identificação do gene responsável pela expressão da característica de interesse. Se este gene for encontrado em espécies sexualmente compatíveis, técnicas de melhoramento genético clássico podem ser utilizadas. Considerando que um gene é apenas um pequeno fragmento do genoma de um indivíduo, o isolamento dos genes de interesse envolve a tecnologia do DNA recombinante. Após isolar os genes responsáveis pela característica de interesse, estes são sequenciados e engenheirados. Nesse processo, os genes são colocados sob a expressão de regiões promotoras e terminadoras conhecidas, a montante e a jusante do gene, respectivamente. Além dessas duas sequências, os genes recebem os genes marcadores de seleção. Os métodos mais comuns de transformação gênica são a mediada por *Agrobacterium* e a biobalística.

TRANSFORMAÇÃO POR *AGROBACTERIUM*

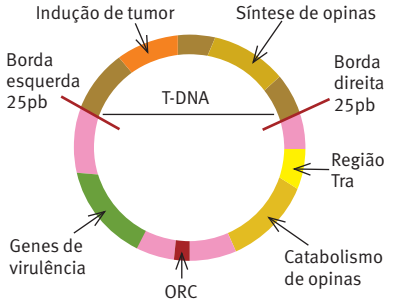
As agrobactérias são nativas do solo, aeróbicas Gram-positivas, em formas de bacilo, pertencentes à família das Rizobiaceae. O gênero *Agrobacterium* está subdividido em cinco espécies que se diferem entre si pela patogenicidade e modo de infecção a diferentes plantas. Tecidos vegetais podem crescer *in vitro*, sem a adição de reguladores de crescimento,o que são conhecido como tumores vegetais. Este fenômeno se deve à presença de opinas e, também, de um plasmídeo que infecta naturalmente essas bactérias, conhecido como plasmídeo Ti (indutor de tumor), capaz de introduzir parte de seu DNA no genoma da planta hospedeira.

O plasmídeo Ti possui genes que codificam para múltiplas funções, quase todas relacionadas com a transferência e integração de genes deste plasmídeo (T-DNA) no genoma da célula vegetal. Nesta região do T-DNA estão presentes os genes que codificam para os fitormônios, auxinas e citocininas, provocando o crescimento desordenado dos tecidos celulares vegetais. A região do T-DNA contém a porção do DNA que é transferida, com suas extremidades direita e esquerda, delimitada por uma região de 25 pb em repetições direitas e imperfeitas. Qualquer sequência de bases que for inserida entre essas duas extremidades será integralmente transferida para a planta, independentemente de seu tamanho.

Os genes de virulência (região *vir*) são responsáveis pela codificação de produtos gênicos que atuam no processo de exportação do T-DNA da bactéria para a planta. A região Tra é responsável pela expressão de genes que codificam produtos e governam a transferência conjugacional do plasmídeo Ti para outras espécies compatíveis de *Agrobacterium* (Figura I).

O plasmídeo Ti transfere apenas a região do T-DNA, assim, é necessário retirar esses genes do plasmídeo e inserir os genes de interesse. Isso é realizado pela deleção de genes do T-DNA que codificam proteínas controladoras da síntese dos fito-oncogênicos. Além do mais, é necessário introduzir um gene que permita a seleção das células transformadas, como genes que conferem resistência a antibióticos (genes marcadores de seleção). Dessa forma, a primeira etapa no processo de transformação gênica por *Agrobacterium* é a obtenção do plasmídeo desarmado. A segunda etapa envolve a obtenção do plasmídeo Ti contendo os genes de interesse na região do T-DNA. Basicamente, dois sistemas têm sido utilizados: a cointegração e o sistema binário. Mais recentemente foi desenvolvida a técnica de desarmamento por recombinação entre plasmídeo de *A. tumefasciens* e *Escherichia coli*, descrita por Kiyokawa et al. (2009).

FIGURA 1. MAPA GENÔMICO DO PLASMÍDEO TI MOSTRANDO AS REGIÕES MAIS IMPORTANTES



Fonte: Adaptado de Andrade et al. 2003; Pacurar et al. 2011

SISTEMA COINTEGRADO

As regiões responsáveis pela síntese de auxinas e citocininas localizadas entre as extremidades esquerda e direita do T-DNA são removidas por dupla recombinação e substituídas por sequências de DNA, geralmente derivadas dos vetores do vetor de expressão pBR322. Estas sequências fornecem a homologia necessária à recombinação simples e à formação do plasmídeo cointegrado. Fragmentos remanescentes de T-DNA, geralmente os responsáveis pela síntese de opinas, podem funcionar como região de homologia.

O sistema de cointegração exige a construção de um vetor intermediário, no qual é clonado o gene de interesse. O vetor intermediário é manipulado na bactéria *E. coli* e, posteriormente, introduzido em uma linhagem de *Agrobacterium*. Devido à incapacidade de replicação nas células da agrobactéria, este vetor se cointegra com o plasmídeo Ti por recombinação gênica ou *crossing-over*. Para isso, a região de homologia é introduzida nas extremidades de onde o gene de interesse está no plasmídeo da *E. coli*. A necessidade de homologia entre o plasmídeo e o vetor de clonagem, aliada à baixa frequência de recombinação é limitante para essa técnica (Figura 2a).

SISTEMA BINÁRIO

Baseia-se no fato de que o T-DNA não precisar ser, necessariamente, ligado à região *vir* para que ocorra transferência para célula vegetal. Neste caso, o gene de interesse é clonado e manipulado entre as extremidades do plasmídeo intermediário, independentemente do plasmídeo-Ti, que é chamado de vetor binário. O vetor binário possui baixo peso molecular (10 a 15 Kb), fácil manipulação e pode se replicar tanto em *E. coli* quanto em *Agrobacterium*. No entanto, neste sistema não ocorre recombinação gênica entre o plasmídeo-Ti e outro vetor, mas, há necessidade de existir um plasmídeo-Ti desarmado na linhagem bactéria, onde se irá introduzir o vetor binário. Assim, as proteínas expressas pela região *vir* do plasmídeo-Ti desarmado promovem a transferência do T-DNA do vetor binário para o genoma vegetal. A princípio, um vetor binário pode ser inserido em qualquer linhagem de *Agrobacterium* com plasmídeo desarmado, uma vez que possui região *vir* intacta (Figura 2b).

Após a obtenção dos vetores binários, estes devem ser transferidos para *Agrobacterium*. Assim que os genes de interesse são inseridos em linhagens bacterianas desarmadas, devem ser transferidos o mais rápido possível para a espécie vegetal, sendo recomendado o sistema de cocultura, que combina o processo de regeneração com o de desinfecção do tecido contaminado pela bactéria e seleção das células que expressem os genes.

TRANSFORMAÇÃO POR BIOBALÍSTICA

O método denominado biobalística ou aceleração de micropartículas permite a inserção de genes exógenos no genoma nuclear e de organelas dos organismos. A biobalística consiste na aceleração de micropartículas de ouro ou tungstênio que atravessam a parede celular e a membrana plasmática, carreando DNA para o interior da célula (Sanford, 1988). O método baseia-se no uso de um equipamento que produz força propulsora, gás e choques elétricos para acelerar micropartículas de ouro (1,0 a 3,0 µm) ou tungstênio (0,2 a 3,0 µm), revestidas com o DNA (transgene) que será introduzido na espécie transformada, à velocidades superiores a 1.500 km/h, pelo acelerador de partículas.

Por este processo, podem-se bombardear embriões, hipocótilos, cotilédones, discos foliares, calos e suspensões celulares, apresentando eficiência de transformação de 1% a 5% dos transformantes transientes (Potrykus, 1990). Uma derivação desta técnica é a pistola genética, que consiste no disparo de micropartículas de ouro sobre o tecido vegetal *in vivo*. A grande vantagem do processo de transformação via biobalística é possibilidade de introdução de DNA exógeno em qualquer tipo de celular, já que alguns organismos são recalcitrantes à transformção via *Agrobacterium* (Vidal et al., 2003).

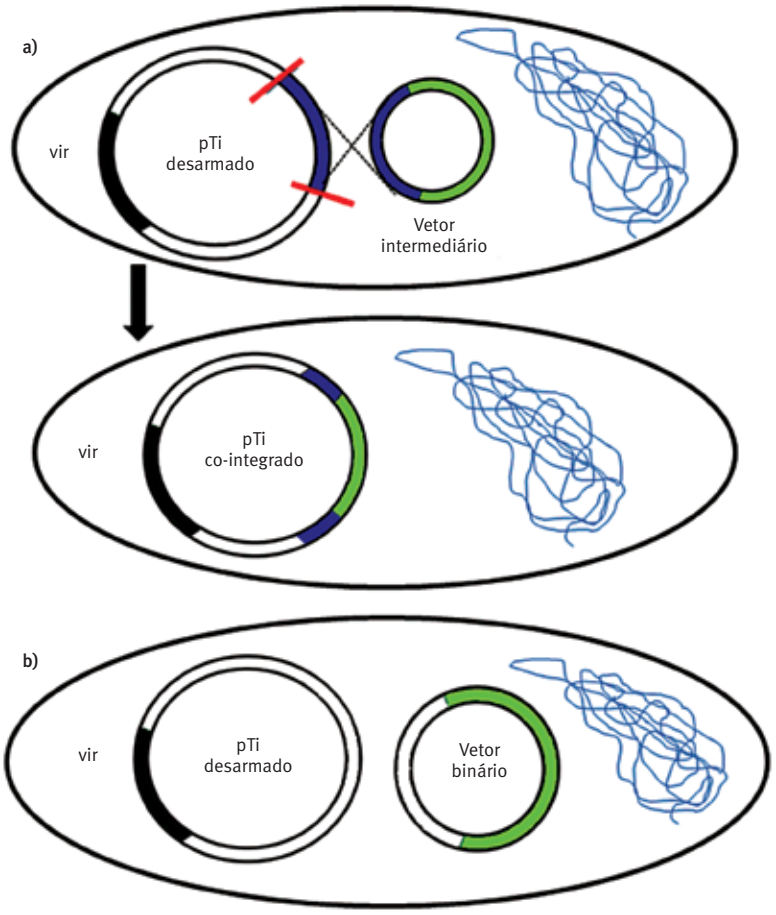
REGENERAÇÃO E SELEÇÃO

O sucesso da obtenção de plantas geneticamente modificadas (GM) depende da capacidade de regeneração de uma planta completa, a partir da célula. Isso só é possível porque as células não diferenciadas possuem a totipotência, ou seja, a habilidade de se diferenciarem em todos os tecidos vegetais. No entanto, algumas espécies têm se mostrado recalcitrantes a este processo de regeneração.

OBTENÇÃO DE CULTIVAR COMERCIAL

Uma vez selecionados indivíduos T_0 que apresentam expressão adequada eles são autofecundados para obtenção de progênies homozigóticas transgênicas. O melhor evento de transformação deve ser analisado conforme as exigências da Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio), atendendo às questões de biossegurança alimentar e ambiental. Com base nas análises realizadas e nas experimentações conduzidas com autorização da Comissão, a instituição requerente deve submeter à CTNBio o processo pleiteando a liberação comercial de sua cultivar geneticamente modificada.

FIGURA 2. SISTEMAS DE VETORES PARA TRANSFORMAÇÃO POR *AGROBACTERIUM*: A) SISTEMA COINTEGRADO; B) SISTEMA BINÁRIO



Fonte: Adaptado de Pacurar et al. 2011

Após o evento transgene ter sido liberado em um pais, esse então poderá ser transferido para quaisquer outras cultivar comerciais da mesma instituição ou de outras que tenham licenciado o transgene naquela geografia. Este processo de transferência do transgene para outras linhagens e cultivares pré-comerciais e/ou comerciais é realizado por meio do método de melhoramento dos retrocruzamentos assistido por marcadores moleculares (Miki & Mchugh, 2004). Os marcadores moleculares possibilitam a identificação, em nível genômico, dos indivíduos que possuem o transgene, bem como daqueles cujos genomas são mais similares ao genitor recorrente, o qual pode ser uma linhagem ou cultivar comercial, bem como linhagens que estão em processo de avanço em um programa de melhoramento. Os programas de melhoramento geralmente iniciam o processo de seleção das melhores linhagens e à medida que essa avançam um para estágios mais avançados se inicia o processo de conversão das mesmas, para que o lançamento da cultivar transgene ocorra ao mesmo tempo que a convencional. As novas cultivares GM deverão apresentar as mesmas características agronômicas (rendimento, altura, ciclo, acamamento, tolerâncias à estresse bióticos e abióticos) da linhagem/cultivar convencional (Carneiro et al., 2009).

Gustavo Dias de Almeida *é engenheiro agrônomo, M.S., D.S. e pesquisador da Monsanto Company (gustavo.d.almeida@monsanto.com);* ***Aluízio Borém*** *é engenheiro agrônomo, Ph.D. e professor da Universidade Federal de Viçosa (borem@ufv.br).*

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BORÉM, A.; ALMEIDA, G. 2011. Plantas Geneticamente Modificadas. 1ed. Visconde do Rio Branco, MG: Editora Suprema. 390 p.

ANDRADE, G. M.; SARTORETTO, L. M.; BRASILEIRO, A. C. M.Biologia molecular do processo de infecção por Agrobacterium spp. *Fitopatologia Brasileira*. 2003, vol. 28, n. 5, p. 465-476; http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100--41582003000500001&script=sci_arttext

CARNEIRO, A. A.; GUIMARÃES, C. T.; VALICENTE, F. H.; WAQUIL, J. M.; VASCONCELOS, M. J. V.; CARNEIRO, N. P.; MENDES, S. M. 2009. Milho Bt: teoria e prática da produção de plantas transgênicas resistentes a insetos-praga. [S.l.]: Embrapa. 26 p. (Circular Técnica-EMBRAPA, 135).

KIYOKAWA, K.; YAMAMOTO, S.; SAKUMA, K.; TANAKA, K.; MORIGUCHI, K.; SUZUKI, K. Construction of disarmed Ti-plasmids transferable between *Escherichia coli and Agrobacterium* species. Applied And Environmental Microbiology, 2009, p. 1845-1851.

MIKI, B.; MCHUGH, S. Selectable marker genes in transgenic plants: *applications, alternatives and biosafety*. Journal of Biotechnology, 2004, n.107, p. 193-232.

PACURAR, D.I.; CHRISTENSEN, H.T.; PACURAR, M.; PAMFIL, D.; BOTEZ, C.; BELLINI, C. Agrobacterium tumefaciens: From crown gall tumors to genetic transformation. Physiological and Molecular Plant Pathology, 2011, n.76, p.76-81.

PERANI, L. Gene transfer methods of crop improvement: *introduction of foreign DNA into plants*. Physiologia Plantarum, 1986, n. 68, p. 566-570.

POTRYKUS, I. Gene transfer to plants: assessment and perspectives. Physiologia Plantarum, 1990, n. 79, p.125-134.

SABRI, N.; PELISSIER, B.; TEISSIE, J. Transient and stable electrotransformation of intact black mexican sweet maize cells are obtained after plasmolysis. Plant Cell Reports, 1996, n. 15, p. 924-928.

SANFORD, J. C. The biolistic process. Trends in Biotechnology, 1988, n. 6, p. 299-302.

VIDAL, J.R.; KIKKERT, J.R.; WALLACE, P.G.; REISCH, B.I. High-efficiency biolistic co-transformation and regeneration of Chardonnay (Vitis vinifera L.) containing npt-II and antimicrobial peptide genes. Genetic Transformation and Hybridization, 2003, n.22, p.252-260.

Ecofisiologia

Cultivo racional e sustentável requer maior conhecimento sobre planta do milho

Antonio Luiz Fancelli *

Conhecer a fisiologia e condições ideais de desenvolvimento da planta de milho é fundamental para altas produtividades

Comparativamente com outras espécies cultivadas, o milho tem evidenciado avanços significativos nas mais diversas áreas do conhecimento agronômico, bem como naquelas concernentes à ecologia e etnobiologia, propiciando melhor compreensão sobre suas relações com o ambiente e o homem. Tais interações mostram-se fundamentais ao exercício da previsão de comportamento da planta, quando submetida a estímulos e ações negativas advindas da atuação de agentes bióticos e abióticos, no sistema produtivo. Assim, torna-se premente a ampliação do conhecimento sobre a planta de milho e sobre seu ambiente de produção, aliada à avaliação presente e futura do cenário agrícola, objetivando o estabelecimento de sistemas de produção eficientes e racionais, assim como a obtenção de resultados satisfatórios quanto a produtividade, qualidade do produto, lucros e sustentabilidade da atividade.

EXIGÊNCIAS CLIMÁTICAS E ECOFISIOLOGIA

Sendo uma planta de origem tropical, o milho exige, durante seu ciclo vegetativo, calor e água para se desenvolver e produzir satisfatoriamente, proporcionando rendimentos compensadores. Os processos de fotossíntese, respiração, transpiração e evaporação se dão em função direta da energia disponível no ambiente, comumente designada por calor; ao passo que o crescimento, desenvolvimento e translocação de fotoassimilados se encontram ligados à disponibilidade hídrica do solo, sendo seus efeitos mais pronunciados em condições de altas temperaturas, nas quais a taxa de evapotranspiração é elevada.

Por muitos séculos, o milho vem sendo utilizado como alimento e, em decorrência de sua extrema importância, o homem tem procurado estender os limites geográficos da sua produção. Atualmente, a referida espécie, mediante a seleção orientada de genótipos, bem como o aprimoramento de métodos de manejo, vem sendo cultivada em regiões compreendidas entre 58° de latitude Norte (Canadá e Rússia) a 42° de latitude Sul (Argentina), distribuídas nas mais diversas altitudes, estabelecendo-se desde as localidades situadas abaixo do nível do mar (região do Mar Cáspio) até as regiões que apresentam mais de 2.500m de altitude, como os Andes peruanos.

Independentemente da tecnologia aplicada, do período de tempo e das condições climáticas a que a cultura é submetida, todos esses fatores se constituem preponderantes para a produção. Dentre os elementos de clima conhecidos para se avaliar a viabilidade e a estação de implantação das mais diversas atividades agrícolas, a temperatura e a precipitação pluvial (chuva) são os mais estudados. Assim, para Fancelli (1988), algumas condições ideais de caráter genérico para o desenvolvimento deste cereal podem ser apontadas, quais sejam:

Por ocasião da semeadura, o solo deverá apresentar-se com temperatura superior a 15°C (ideal: superior a 18oC), aliada à umidade próxima à capacidade de campo, possibilitando o desencadeamento normal dos processos de germinação e emergência.

Durante a etapa vegetativa da planta, a temperatura do ar deverá oscilar entre 25°C e 30°C e encontrar-se associada à adequada disponibilidade de água no solo, além de abundância de luz.

Temperatura e luminosidade favoráveis, elevada disponibilidade de água no solo e umidade relativa do ar superior a 70% são requerimentos básicos durante a floração e enchimento dos grãos.

Ocorrência de períodos predominantemente secos por ocasião da maturidade fisiológica e da colheita.

TEMPERATURA

Inúmeras evidências experimentais apontam que a temperatura constitui um dos fatores de produção mais importantes e decisivos ao desenvolvimento do milho, embora água e demais componentes climáticos exerçam diretamente sua influência no processo. Regiões cujos verões apresentem temperaturas médias diárias inferiores a 19°C e noites com temperaturas médias abaixo de 12,8°C não são recomendadas para a espécie. Temperaturas do solo inferiores a 10°C e superiores a 42°C prejudicam sensivelmente a germinação das sementes, ao passo que aquelas situadas entre 25°C e 30°C propiciam as melhores condições para o desencadeamento do referido processo.

Assim, a cultura de milho não deve ser implantada quando a temperatura do solo for inferior a 15oC, principalmente se estiver aliada a elevada umidade, pois tal combinação implicará o aumento da taxa de plântulas anormais. Também a baixa temperatura e o solo úmido na etapa de embebição ou reidratação das sementes podem reduzir a germinação e a emergência, devido à desestruturação de membranas e a alterações na síntese e na ação de enzimas. Contudo, em locais frios (regiões ou locais com latitude e/ou altitude elevadas), se houver necessidade de realização da semeadura de milho com solo apresentando temperatura inferior a 18oC, Fancelli (2013) recomenda a implementação das seguintes medidas: (1) reforçar o tratamento de sementes, valendo-se para tanto de fungicidas específicos de ação comprovada; (2) não efetuar a semeadura profunda (profundidade máxima = 3cm); (3) utilizar sementes íntegras (sem fissuras ou danificações mecânicas) e vigorosas (obtenção de valor satisfatório no teste de frio) e (4) usar qualquer tipo de estrutura ativa ou passiva acoplada à semeadora, possibilitando a retirada da palha de cima do sulco de semeadura (faixa de 2 a 4cm de largura). Ressalte-se que esta última providência objetiva o favorecimento do aquecimento do local de deposição

Milho tem evidenciado avanços significativos na ecologia e etnobiologia, propiciando melhor compreensão sobre suas relações com o ambiente e o homem

das sementes (sulco), propiciando a aceleração do processo de germinação e emergência, resultando em menores taxas de perdas de estande inicial.

Por ocasião do período de florescimento e enchimento de grãos, temperaturas médias diárias superiores a 26°C podem promover a aceleração dessas etapas, da mesma forma que temperaturas inferiores a 15,5°C podem retardá-las significativamente. Ainda, o rendimento do milho, bem como a composição proteica de seus grãos, pode ser alterado por ocasião da ocorrência de temperaturas superiores a 35°C durante o período de enchimento de grãos. Tais efeitos estão relacionados à diminuição da atividade da enzima nitrato-redutase, acarretando, consequentemente, interferência no processo de assimilação do nitrogênio por parte da planta.

Temperaturas elevadas prevalecentes no período noturno (superior a 24°C) provocam consumo energético elevado, em função do incremento da respiração celular, ocasionando menor saldo de fotoassimilados, além de contribuir para a redução do ciclo da planta (ampliação da soma térmica), bem como de sua área foliar, e resultando em queda na produtividade. Do mesmo modo, temperaturas acima de 32°C reduzem, sensivelmente, a germinação e a viabilidade do grão de pólen. A maioria dos genótipos atuais não se desenvolve em temperaturas inferiores a 10°C, considerada basal para a espécie. Todavia, segundo alguns trabalhos de pesquisa, a temperatura basal para genótipos de ciclo tardio pode ser maior do que para aqueles de ciclo precoce.

O milho, em função de suas etapas de desenvolvimento, necessita acumular quantidades distintas de energia térmica ou calor, designadas como unidades calóricas (UC), unidades térmicas de desenvolvimento (UTD) ou graus-dia (GD). Graus-dia, segundo Villa Nova et al. (1972), é a diferença entre a temperatura média diária e a temperatura mínima ou temperatura basal exigida por uma espécie, cuja expressão matemática básica para o seu cálculo é: $GD = [(T^oC \text{ máxima} + T^oC \text{ mínima}) - T^oC \text{ basal}]. 2^{-1}$ (onde: T^oC máxima < 35°C; T^oC mínima > 10°C e T^oC basal = 8 a 10°C).

RADIAÇÃO SOLAR

A energia solar que atinge a Terra é constituída por um conjunto de radiações cujos comprimentos de onda variam de forma contínua desde 0,2 a 4 *micra*, aproximadamente. O referido conjunto de radiações é denominado de espectro solar e a radiação fotossinteticamente ativa é aquela que induz resposta no processo da fotossíntese, sendo, geralmente, relacionada aos limites de 0,4 a 0,7 *micron*. As radiações de valor fisiológico presentes no espectro usado na fotossíntese são absorvidas, primariamente, pela clorofila e, em seguida, utilizadas na transformação de CO_2 em carboidratos. O pigmento primário, a clorofila A, é um composto de cadeia tetrapirrólica unida ao íon magnésio, que se encontra concentrada nos *grana* dos cloroplastos. A clorofila B (pigmento acessório) possui estrutura semelhante; porém, seu teor em relação à clorofila A corresponde a 1/3, na maioria dos vegetais.

Com relação à luz, a cultura do milho responde com altos rendimentos a crescentes intensidades luminosas, em virtude de pertencer ao grupo de plantas "C_4", o que lhe confere alta produtividade biológica. Originalmente, **é** uma planta de dias curtos, embora os limites do número de horas de luz **não sejam idênticos**, nem bem definidos para os diferentes tipos de genótipos. A ocorrência de dias longos pode promover o aumento de sua fase vegetativa e do número de folhas emitidas, ocasionando atraso no florescimento. Segundo alguns autores, o milho apresenta resposta ao fotoperíodo quando cultivado em latitudes superiores a 33°. No Brasil, por essa razão, a espécie apresenta comportamento fotoneutro, visto que o alongamento ou o encurtamento da fase vegetativa é resultante da disponibilidade de calor (soma térmica), e não do número de horas de luz (ou de escuro) a que a planta estiver submetida.

Todavia, a redução de 30% a 40% da intensidade luminosa ocasiona, na cultura do milho, atraso na maturação dos grãos,

principalmente em materiais genéticos de ciclos tardios que se mostram mais sensíveis à deficiência de luz. A maior sensibilidade à variação de luminosidade é verificada no período próximo à fase reprodutiva; ou seja, na fase correspondente à emissão da 12ª a 14ª folha até os grãos leitosos. Nesse período, a redução da disponibilidade de radiação luminosa ocasiona a diminuição drástica do número e densidade dos grãos (massa específica).

O aproveitamento efetivo da luz pelo milho é decisivamente influenciado pela distribuição espacial das plantas na área, pelo arranjo das folhas na planta (arquitetura foliar), pela extensão (ou duração) da área foliar presente e pela declinação solar. Nesse contexto, o aproveitamento efetivo do espectro solar pode ser incrementado pela melhor distribuição espacial de plantas na área, mediante combinações adequadas entre o espaçamento entrelinhas e o número de plantas na linha, não excedendo à população de 85.000 plantas/ha (Fancelli, 1988).

ÁGUA

A água constitui um dos mais importantes elementos de seleção do tipo de vegetação que se desenvolve numa região. A necessidade de adequado suprimento hídrico para o pleno desenvolvimento dos vegetais decorre das múltiplas funções que ela desempenha na fisiologia das plantas, pois praticamente todos os processos metabólicos são influenciados por sua presença. Para o milho, as maiores exigências de água se concentram na fase de emergência, florescimento e formação do grão. Todavia, entre 15 dias antes (emborrachamento) e 15 dias após o aparecimento da inflorescência masculina (grãos leitosos), o requerimento de suprimento hídrico satisfatório, aliado a temperaturas adequadas, tornam tal período extremamente crítico. Portanto, a mencionada etapa deve ser criteriosamente planejada, com o intuito de assegurar sua coincidência com condições estacionais que apresentem temperaturas favoráveis (25 a 30°C) e chuvas frequentes, porém, de curta duração.

A cultura do milho exige entre 400mm e 600mm de precipitação para que produza a contento, sem a necessidade da utilização da prática de irrigação. A falta de água, além de ocasionar a redução do vigor vegetativo (taxa de crescimento) na altura e na área foliar da planta, também está associada à interferência nos processos de síntese de proteína e RNA, na fisiologia do florescimento e no enchimento de grãos. Condições de estresse representadas pela ocorrência de deficiência hídrica, nebulosidade prolongada e deficiências nutricionais próximas ao florescimento, além de elevada população de plantas, afetam o sincronismo pendão-espiga, provocando, principalmente, o retardamento da emissão dos estilos-estigma e a ausência de grãos na extremidade da espiga.

Períodos de deficiência hídrica de uma semana, por ocasião do pendoamento, podem provocar queda na produção, ao redor de 50%, ao passo que, sob as mesmas condições, deficiência hídrica posterior à etapa de fecundação acarretará danos da ordem de 25% a 32% na produção. O consumo de água por parte do milho, em condições normais, raramente excede a 3,0 mm/dia, enquanto a planta apresentar até 7 a 8 folhas. Todavia, durante o período compreendido entre o florescimento e os grãos farináceos, o consumo pode se elevar entre 5,0 e 7,5 mm diários. Assim, para fins de planejamento e manejo, recomenda-se considerar 4,5 mm/dia como sendo o consumo médio diário de água, por parte da planta, independentemente do estádio fenológico considerado.

Cumpre ressaltar que a quantidade de água disponível para a cultura depende ainda da profundidade explorada pelas raízes, da capacidade de armazenamento de água do solo e da densidade radicular da planta. Assim, o manejo racional do solo e da cultura reveste-se de suma importância para o crescimento e distribuição do sistema radicular, favorecendo o aproveitamento eficiente da água. Entretanto, para estimar o fator água no clima de uma região, não bastam as informações de precipitação pluvial; é indispensável considerar as perdas hídricas por meio da evapotranspiração. A evapotranspiração pode ser caracterizada como potencial ou real. A primeira considera a perda natural da água para a atmosfera de um solo inteiramente vegetado, sem restrições de umidade; a segunda diz respeito à quantidade real de água que retorna à atmosfera, conforme o estado de umidade do solo. O cálculo da evapotranspiração potencial pelo método de Thornthwaite (1948) é baseado em dados de temperatura média e da latitude do lugar, valendo-se para tanto de monogramas e tabelas apropriadas. Assim, o balanço entre esses processos meteorológicos opostos – a precipitação e a evapotranspiração –, denominado "balanço hídrico", pode indicar, de forma mais consistente, a disponibilidade hídrica de uma região no decorrer de um ano. Sua avaliação contribuirá, efetivamente, para o planejamento da cultura, além de propiciar o fornecimento de valiosas informações concernentes à prática da irrigação.

* ***Antonio Luiz Fancelli*** *é engenheiro agrônomo, mestre, doutor e docente do Departamento de Produção Vegetal da USP/ESALQ (fancelli@usp.br).*

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

FANCELLI, A. L. *Influência do desfolhamento no desempenho de plantas e de sementes de milho* (Zea mays L.). Piracicaba: USP/ESALQ, 1988. 172 p. (Tese de Doutoramento).

FANCELLI, A. L. Escolha do tipo de cultivar de milho. Piracicaba: USP/ESALQ/Departamento de Agricultura, 1989. 8 p.FANCELLI, A. L. : Estratégias de manejo. Piracicaba: USP/ESALQ/LPV, 2013.180 p.THORNTHWAITE, C. W. An approach toward a rational classification of climate., New York, v. 38, n. 1. p. 55-94, 1948.

VILLA NOVA, N. A.; PEDRO JÚNIOR, M. J.; PEREIRA, A. R.; OMETTO, J. C. Estimativa de graus-dia acumulados acima de qualquer temperatura base, em função das temperaturas máxima e mínima. *Caderno de Ciências da Terra*, São Paulo, 1972. 8 p.

Estádios

Manejo baseado na fenologia aumenta eficiência de insumos e produtividade

Antonio Luiz Fancelli *

RODRIGO ALMEIDA

Plantio de milho com épocas de semeadura e cultivares de ciclos diferentes para aumentar eficiência de aplicação de insumos e tratos culturais

O milho é uma planta de ciclo vegetativo variado, evidenciando desde genótipos extremamente precoces, cuja polinização pode ocorrer 30 dias após a emergência, até aqueles cujos ciclos vitais podem alcançar 300 dias. Contudo, em território nacional, a cultura do milho apresenta ciclo variável entre 110 e 160 dias, em função da caracterização dos genótipos (superprecoce, precoce e tardio – período compreendido entre a semeadura e o ponto de maturidade fisiológica). Apesar do conhecimento acumulado e das informações disponíveis sobre crescimento e desenvolvimento da espécie *Zea mays* L. (milho), produtores e técnicos ainda têm insistido em utilizar recomendações de manejo baseadas em simples escala de tempo, representada pelo número de dias transcorridos após a semeadura, emergência, florescimento ou outros eventos relacionados à cultura. Tal procedimento, com certeza, tem contribuído para a redução da eficiência no uso de insumos e defensivos, bem como tem ocasionado equívocos na preservação de etapas importantes de definição de produção e do rendimento, por parte da planta.

Nesse contexto, objetivando o desenvolvimento de uma agricultura mais tecnificada e científica, torna-se imprescindível o emprego de conhecimentos alusivos à fenologia – estudo dos eventos periódicos da vida da planta, quanto a sua duração e sincronismo, em função da reação às condições de ambiente, de forma a permitir o estabelecimento de correlações entre os eventos fisiológicos da vida vegetal e as evidências morfológicas apresentadas pela planta no momento da avaliação. Assim, o uso de uma escala baseada nas mudanças morfológicas da planta e nos eventos fisiológicos que se sucedem no ciclo de vida do milho oferece maior segurança e precisão nas ações de manejo (e também de pesquisa).

Portanto, para maior facilidade de manejo e estudo – bem como objetivando o estabelecimento de correlações entre elementos fisiológicos, climatológicos, fitogenéticos, entomológicos, fitopatológicos e fitotécnicos, resultando no desenvolvimento da planta –, o ciclo da cultura do milho foi dividido em 11 estádios distintos de desenvolvimento, de acordo com a escala proposta por Fancelli (1986) (Figura 1). Na escala mencionada, os estádios de crescimento e desenvolvimento anteriores ao aparecimento dos pendões são identificados mediante a avaliação do número de folhas plenamente expandidas ou desdobradas. Para esta avaliação, a folha de milho pode ser considerada desdobrada ou aberta, quando for plenamente visível o elo de união bainha-limbo ("colar"). Todavia, não deverá ser computada na contagem a folha seminal, a qual se distingue das folhas verdadeiras do milho por apresentar extremidade arredondada. Para os estádios posteriores ao florescimento, a identificação deverá ser efetuada com base na presença de estruturas reprodutivas e no desenvolvimento e consistência dos grãos (Kiniry & Bonhomme, 1991). Para esta avaliação, o exame dos grãos deverá ser efetuado na porção mediana da espiga. A descrição dos estádios fenológicos (Figura 1), eventuais recomendações para manejo, bem como aspectos fisiológicos importantes da cultura são apresentados a seguir.

ESTÁDIO V0 OU 0 (GERMINAÇÃO/EMERGÊNCIA)

A ocorrência de temperatura e umidade favoráveis propiciam o desencadeamento do processo germinativo, redundando na emissão das estruturas embriônicas contidas na semente, dando início ao crescimento da planta jovem. A radícula – primeira estrutura a salientar-se nesta etapa – é representada pela raiz primária, que se alonga rapidamente, seguida das duas raízes seminais nodais, emitidas a partir do nó cotiledonar. Convém salientar que as raízes seminais apresentam duração efêmera (apenas de oito a 12 dias), intensa pilosidade e baixa taxa de ramificação, pois sua função está relacionada à absorção de água e oxigênio, objetivando a ativação enzimática e a digestão das substâncias de reservas contidas na semente. As raízes verdadeiras do milho, conhecidas como raízes adventícias, aparecerão entre sete e 15 dias após o início da germinação, provenientes das gemas presentes na base dos nós subterrâneos.

No milho, a germinação ocorre em duas semanas quando as sementes forem submetidas a 10,5°C de temperatura; em quatro dias, a 15,5 °C; e em três dias, a 18°C. Não se constata a presença no cereal de nenhum fator inibitório do processo, visto que, em condições ótimas de umidade, as sementes podem germinar imediatamente após a maturidade, mesmo ainda presas à espiga. A germinação lenta predispõe a semente e a plântula à menor resistência a condições ambientais adversas, bem como ao ataque de patógenos, principalmente relacionados aos fungos dos gêneros *Fusarium*, *Rhizoctonia*, *Pythium* e *Macrophomina*.

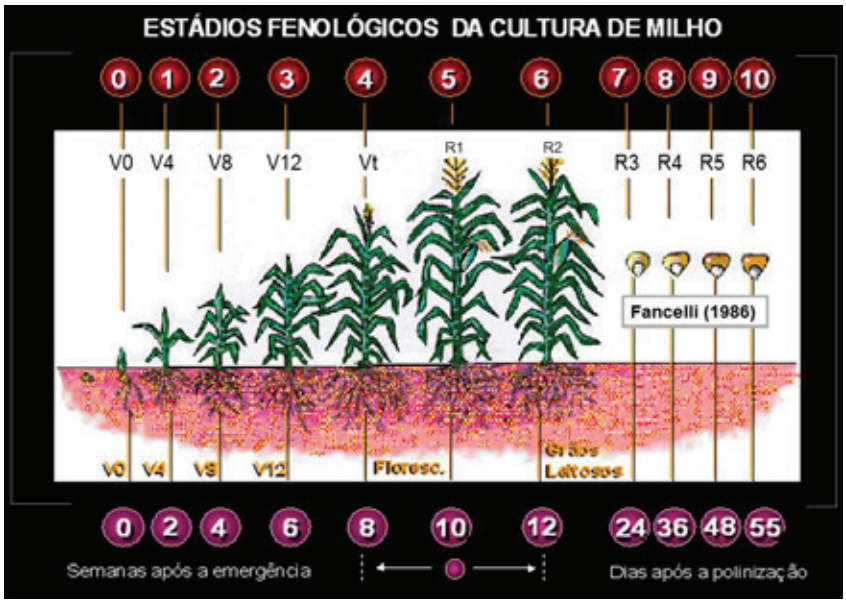
O processo de germinação das sementes é desencadeado pela embebição (reidratação) e absorção de oxigênio, devido a diferenças de potencial osmótico entre a semente e o ambiente. O teor de água necessário para elevar o potencial de água interno da semente à 1,0 MPa (1 megapascal), que corresponde a, aproximadamente, 30% a 40% de sua massa, é suficiente para disparar o mecanismo de germinação. Em condições favoráveis, a emergência das plântulas de milho ocorrerá entre seis e dez dias após a semeadura. Uma semana após a emergência, aproximadamente, a plântula apresenta-se com uma a duas folhas totalmente expandidas, encontrando-se a partir desta fase apta a iniciar o processo fotossintético. Nessa etapa, é bastante saliente um grupo de raízes elongadas presas ao primeiro nó do caulículo, ainda não portadoras de ramificações.

Estádio V4 ou 1 (planta com quatro folhas totalmente desdobradas)

O estádio V4 coincide, normalmente, com 12 a 20 dias após a emergência da planta, ocorrendo neste período a preparação para o início da diferenciação do meristema apical, cujas estruturas ainda se encontram localizadas abaixo da superfície do solo. O sistema radicular, em desenvolvimento, já evidencia considerável taxa de ramificações diferenciadas, sugerindo que em períodos posteriores a este estádio operações inadequadas de cultivo e muito próximas às plantas poderão afetar a integridade e distribuição de raízes.

Até a emissão plena da quarta folha (V4), os efeitos de baixa temperatura, causados por geadas ou mesmo a ocorrência de granizo, resultam em pequena redução na produção, em virtude de não ocasionarem prejuízos aos tecidos meristemáticos, bem como aos demais órgãos diferenciados que, nesta fase, encontram-se protegidos abaixo da superfície do solo. No estádio V4 tem início o processo de diferenciação floral, que origina os primórdios da panícula e da espiga, bem como dá início à definição do potencial produtivo da espécie.

FIGURA 1 | CICLO DE CULTURA DO MILHO: ESTÁDIOS FENOLÓGICOS DE DESENVOLVIMENTO



Fonte: FANCELLI, 1986; adaptado de NEL; SMIT, 1978 e HANAWAY, 1982

ESTÁDIO V8 OU 2 (PLANTA APRESENTANDO QUATRO FOLHAS)

Esse estádio coincide, normalmente, com o período compreendido entre 30 e 35 dias da emergência, sendo caracterizado pelo crescimento do colmo em diâmetro e comprimento, pela aceleração do processo de formação da inflorescência masculina e pelo início da confirmação do número de fileiras da espiga, além da presença de oito folhas desdobradas – indicativas do estádio. Para o milho, o colmo atua não somente como suporte de folhas e inflorescências, mas como, principalmente, uma estrutura destinada ao armazenamento de sólidos solúveis (excedentes de fotoassimilados), que serão utilizados posteriormente na formação dos grãos.

Estresse hídrico nesta etapa pode afetar o comprimento dos internódios, pela inibição da elongação das células em desenvolvimento, concorrendo, desta forma, para a diminuição da capacidade de armazenagem de fotossintetizados no colmo e para a redução da altura da planta. Evidências experimentais demonstram que a destruição total das folhas expostas nesta etapa, mediante a ocorrência de granizo, geada, ataque severo de pragas desfolhadoras e doenças, além de outros agentes, acarretarão quedas na produção da ordem de 10% a 25%.

ESTÁDIO V12 OU 3 (PLANTAS COM 12 FOLHAS)

O estádio V12 relaciona-se, frequentemente, à sexta e sétima semana após a emergência, sendo caracterizado pela presença de 85% a 90% da área foliar definida (IAF crítico). Ainda neste período, além da elevada taxa de crescimento do colmo, pendão e espiga superior, pode ocorrer também a perda de três a quatro folhas mais velhas, bem como o início do aparecimento das raízes adventícias aéreas ("esporões"), a partir dos nós imediatamente acima da superfície do solo. Neste estádio, a distribuição das chuvas, a disponibilidade de nutrientes, bem como a duração do intervalo compreendido entre o estádio V12 e R1 (florescimento), constituem-se nos fatores decisivos na confirmação da produção e rendimento da cultura, principalmente quanto ao tamanho e número de espigas.

Sete a oito semanas após a emergência, normalmente, o pendão atinge o seu desenvolvimento máximo, ao mesmo tempo em que se inicia o crescimento dos estilos-estigma, comumente conhecidos como "cabelos" do milho, que mais tarde viabilizarão a fecundação dos óvulos pelos grãos de pólen. Como o número potencial de grãos (fileiras de grãos e grãos por fileiras) é confirmado neste período (estádio três ao cinco), a ocorrência de deficiências nutricionais, baixa disponibilidade hídrica, anormalidades climáticas (por exemplo, granizo) ou incidência de pragas e doenças podem comprometer significativamente a produção.

RODRIGO ALMEIDA

Conhecer fatos periódicos da cultura permite estabelecer correlações entre os eventos fisiológicos e evidências morfológicas das plantas

ESTÁDIO VT OU 4 (APARECIMENTO DO PENDÃO)

Esta etapa de desenvolvimento da planta, normalmente, coincide com a 8a à 9ª semana após a emergência, e se caracteriza pelo aparecimento parcial do pendão, ou "flecha", e pelo crescimento acentuado dos estilos-estigma. Resultados experimentais demonstram que a produção de grãos pode ser drasticamente afetada neste período em função da taxa de desfolha a que a planta for submetida. Assim, a perda de cinco a seis folhas superiores de plantas, próxima ao florescimento (antes ou após), resulta na queda acentuada de rendimento da cultura, principalmente pela redução do número, tamanho e peso (densidade) total de grãos (Fancelli, 1988).

ESTÁDIO R1 OU 5 (FLORESCIMENTO E POLINIZAÇÃO)

Durante o período entre a 9a e a 10a semana, aproximadamente, após a emergência das plantas, inicia-se o florescimento, cessando as elongações do colmo e internódios. Neste estádio, as espigas expõem seus estilos-estigma que continuam a crescer até que os mesmos sejam polinizados, dando sequência ao processo de fecundação do óvulo. Os "cabelos" do milho são receptivos aos grãos de pólen, de um a dois dias após sua emissão, podendo permanecer assim por até 14 dias, desde que mantidas as condições favoráveis a sua viabilidade (temperatura entre 16 e 35ºC, aliada a umidade relativa do ar superior a 65%). Devido à importância do estilo-estigma para a concretização da produção, recomenda-se, neste estádio, constante vigilância, evitando-se a sua destruição, principalmente pela ocorrência de pragas (lagarta da espiga e outros insetos).

A deiscência e a dispersão dos grãos de pólen usualmente ocorrem entre dois e três dias antes da emissão dos estilos-estigma, caracterizando a natureza protândrica da quase totalidade dos genótipos de milho disponíveis no mercado nacional, a qual assegura o mecanismo de polinização cruzada. Tal período de dispersão pode se estender até o 10º dia, embora períodos mais curtos (de cinco a sete dias) sejam mais comumente constatados. A polinização do milho é predominantemente realizada pelo vento (anemófila), de forma a vencer distâncias aproximadas de até 500m, assegurando a concretização da fecundação cruzada.

ESTÁDIO R2 OU 6 (GRÃOS LEITOSOS)

O estádio R2, normalmente, ocorre entre 12 e 18 dias após a fecundação, sendo caracterizado pelo acúmulo de açúcares solúveis no endosperma dos grãos, contribuindo, assim, para o incremento de sua massa (densidade). Tal aumento ocorre devido à translocação dos sintetizados presentes nas folhas e no colmo para a espiga e grãos em formação, cuja eficiência, além de ser importante para a produção, é extremamente dependente

da disponibilidade de água. Observações experimentais demonstram que de 60% a 65% dos carboidratos transportados para o grão de milho são oriundos das folhas localizadas na porção superior da planta, ao passo que aproximadamente de 25% a 30% representam a contribuição das folhas situadas em seu terço médio, sendo o restante proveniente de suas folhas mais inferiores.

A ocorrência de períodos nublados e de deficiência hídrica, o excesso de população de plantas ou a redução da área foliar por pragas e doenças, ou, ainda, o desequilíbrio entre nitrogênio (N) e potássio (K) poderão acarretar, neste período, a redução da taxa fotossintética da planta. Assim, os fatores mencionados, aliados ao aumento do nível de estresse da planta, resultarão na redução da taxa de acúmulo de matéria seca do grão, favorecendo a incidência de doenças de colmo e de espigas (Fancelli, 1988). A integridade e a capacidade cúbica de armazenagem de excedentes de fotoassimilados, por parte do colmo, é de suma importância para o período de enchimento de grãos, atuando, em inúmeras situações, como órgão equilibrador da limitação de "fonte", promovendo a remobilização de carboidratos de reserva.

Na literatura, é amplamente mencionada a contribuição percentual das reservas do colmo no enchimento de grãos, que pode variar de 12% a 17%. Contudo, o acúmulo de excedentes de fotoassimilados no colmo, objetivando o atendimento de situações emergenciais, somente poderá ocorrer na etapa compreendida entre a 6ª e a 10ª folha do milho (Fancelli, 2013). Para lavouras destinadas à produção de sementes, o estádio R2 assume particular importância, pois tem início, nesta etapa, o desencadeamento dos processos de diferenciação do coleóptilo, da radícula e das folhas rudimentares.

ESTÁDIO R3 OU 7 (GRÃOS PASTOSOS)

Neste estádio, entre 20 e 32 dias após a emissão dos estilos-estigma, as sementes continuam se desenvolvendo rapidamente, embora suas estruturas embriônicas já se encontrem totalmente diferenciadas. A deposição de amido é bastante acentuada, caracterizando desta feita um período exclusivamente destinado ao ganho de peso, por parte do grão. A ocorrência, neste período, de adversidades climáticas, principalmente estresse hídrico, acarretará maior porcentagem de grãos leves e pequenos, comprometendo a produtividade.

ESTÁDIO R4 OU 8 (GRÃOS FARINÁCEOS E INÍCIO DA FORMAÇÃO DE "DENTES")

Este estádio coincide, normalmente, com o período compreendido entre o 32º e 40º dia, após o princípio da polinização, sendo caracterizado pelo aparecimento da concavidade na parte superior do grão, comumente designada de "dente" (válido para genótipos dentados). Nesta etapa, os grãos se encontram em fase de transição do estado pastoso para o farináceo, tornando-se cada vez mais endurecidos. No interior das sementes, o embrião e o endosperma continuam em pleno desenvolvimento, acompanhados da completa diferenciação da radícula e das folhas primárias.

RODRIGO ALMEIDA

Ponto de maturidade fisiológica caracteriza o momento ideal para a colheita, em função da máxima produção concentrada neste estádio

ESTÁDIO R5 OU 9 (GRÃOS "FARINÁCEOS DUROS")

Neste estádio, entre 45 e 55 dias após a emissão dos estilos-estigma, constata-se acelerada perda de água em toda a planta. Poucas modificações caracterizam esta etapa, pois, além da acentuada queda na taxa de acumulação de substâncias orgânicas e minerais no grão, evidencia-se a maturação morfológica das sementes, cujas estruturas se encontram plenamente formadas e diferenciadas; porém, ainda não aptas a desempenhar suas funções específicas.

RODRIGO ALMEIDA

ESTÁDIO R6 OU 10 (MATURIDADE FISIOLÓGICA OU GRÃOS FISIOLOGICAMENTE MADUROS)

Na última etapa de desenvolvimento, entre 50 e 65 dias após o início da polinização, evidencia-se a paralisação total de acúmulo de matéria seca nos grãos, coincidindo com o processo de senescência natural das folhas das plantas, as quais, gradativamente, começam a perder sua coloração verde característica (degradação da clorofila). Este estádio, comumente designado por ponto de maturidade fisiológica, é caracterizado pela manifestação do máximo peso da matéria seca dos grãos e máximo vigor das sementes, sendo facilmente reconhecido pela presença da "camada negra" ou "ponto preto" formado no local de inserção do grão com o sabugo. A partir deste momento, rompe-se o elo de ligação entre a planta-mãe e o fruto, passando o mesmo a apresentar vida independente, necessitando, para tanto, de energia prontamente disponível resultante da queima gradativa de suas reservas (endosperma), através da respiração.

Conclui-se, portanto, que o ponto de maturidade fisiológica caracteriza o momento ideal para a colheita, em função da máxima produção (máxima massa de matéria seca) concentrada neste estádio. No entanto, tal procedimento dificilmente poderá ser implementado, em virtude do elevado teor de água presente no grão (de 30% a 38%), por ocasião de sua maturidade fisiológica. Todavia, este momento pode ser utilizado pelas empresas de sementes, objetivando a garantia da qualidade, desde que a colheita seja realizada por máquinas especiais (espigadoras). Para a produção de grãos, a operação mecanizada deverá ser realizada, sem maiores problemas, quando os grãos apresentarem umidade entre 25% e 18%, desde que o produto colhido seja submetido a uma secagem artificial antes de ser conduzido ao armazenamento.

** **Antonio Luiz Fancelli** é engenheiro agrônomo, mestre, doutor e docente do Departamento de Produção Vegetal da USP/ESALQ (fancelli@usp.br).*

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

FANCELLI, A. L. *Plantas Alimentícias*: guia para aula, estudo e discussão. Piracicaba: USP/ESALQ, 1986. 131 p.

FANCELLI, A. L. *Influência do desfolhamento no desempenho de plantas e de sementes de milho* (Zea mays *L.*). Piracicaba: USP/ESALQ, 1988. 172 p. (Tese de Doutoramento).

FANCELLI, A. L. *Milho*: Estratégias de manejo. Piracicaba: USP/ESALQ/LPV, 2013. 180 p.KINIRY, J. R.; BONHOMME, R. Predicting maize phenology. In: HODGES, C. (Ed.). *Predicting crop phenology*. Boca Raton: CRC Press, 1991. p. 115-131.

Produtividade

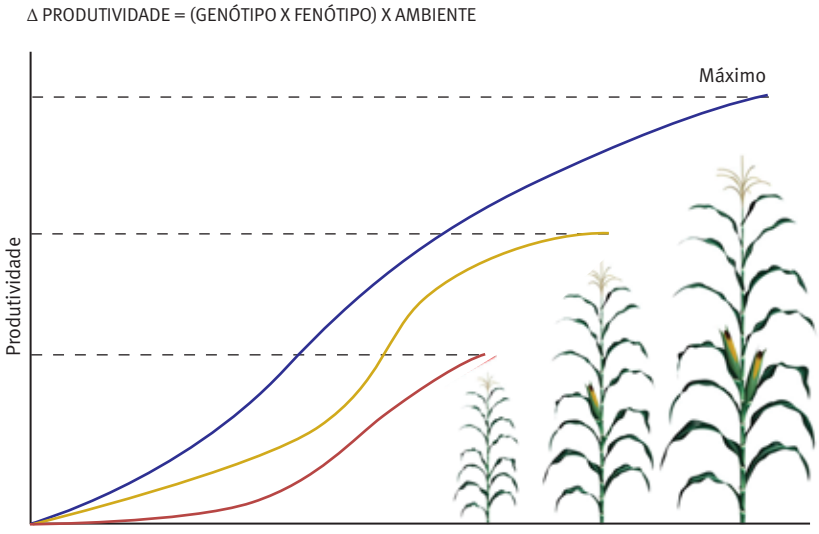
Fatores de estresse no milho são diversos e exigem monitoramento constante

Gustavo Maia Souza e Alexandrius de Moraes Barbosa*

RODRIGO ALMEIDA

Fatores bióticos e abióticos podem causar situações de estresse nas plantas, resultando em redução da produtividade

FIGURA 1 | VARIAÇÃO DA PRODUTIVIDADE COMO PRODUTO DA RELAÇÃO ENTRE O MATERIAL GENÉTICO E O FENÓTIPO DA CULTIVAR, EM DADO AMBIENTE DE PRODUÇÃO



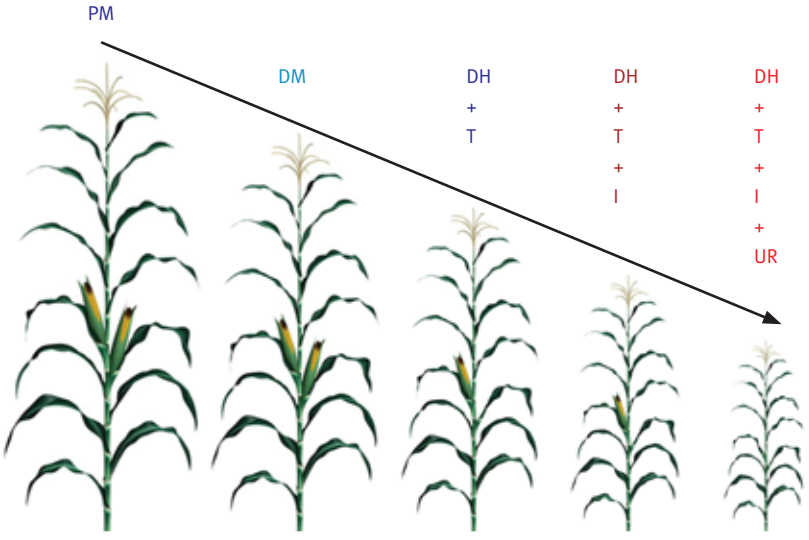
O cultivo do milho no Brasil é realizado principalmente na região Centro-Sul. Na safra 2013/14, a área plantada de milho correspondeu, na primeira safra, a 41,8% da área total nacional; já o milho de segunda safra correspondeu a 58,2%. O cultivo do milho de primeira safra, na região Centro-Sul, é realizado no verão, compreendendo o período de outubro a fevereiro. Já o cultivo do milho de segunda safra é realizado após a cultura de verão (normalmente a soja), compreendendo o período de fevereiro a julho. Em ambas as épocas de cultivo, as plantas de milho estão expostas a diversos fatores bióticos e abióticos que podem causar perturbações no estado fisiológico normal das plantas, podendo ocasionar situações de estresse.

Do ponto de vista agronômico, o estresse é uma condição de perturbação do desenvolvimento das plantas causado pelo ambiente de produção, que resulta em redução da produtividade. Seu efeito específico sobre a produtividade das culturas depende da interação entre três componentes básicos: o genótipo (informações genéticas típicas de cada material), o fenótipo (características fisiológicas e morfológicas das plantas) e a variabilidade dos fatores bióticos e abióticos do meio (Figura 1). Dentre os fatores bióticos que podem levar as plantas ao estresse, pode-se citar o ataque de pragas e doenças que causam grandes alterações nos processos fisiológicos das plantas. No entanto, os fatores que estão mais ligados à redução da produtividade da cultura do milho são os fatores abióticos relacionados ao clima (disponibilidade hídrica do solo, temperatura do ar, umidade relativa do ar e irradiação solar).

As consequências do estresse para o crescimento da planta dependem da severidade (intensidade) do fator causador do estresse, bem como da duração da perturbação, do número de exposições da planta ao fator de estresse durante seu ciclo de cultivo, do estádio de desenvolvimento da planta e do genótipo selecionado. Porém, na realidade prática do cultivo a campo, as plantas nunca estão expostas somente a um fator de estresse, mas sim a uma combinação de vários fatores que as levam a diferentes níveis de estresse. Por exemplo, a baixa disponibilidade de água no solo pode induzir o estresse; porém, quando a baixa disponibilidade de água está associada à elevada temperatura do ar, alta irradiação e baixa umidade, o estresse é mais intenso e severo em relação a um ambiente com o mesmo nível de disponibilidade hídrica, mas com temperaturas mais amenas (Figura 2).

Por outro lado, as plantas sempre apresentam algum nível de resposta de defesa, baseada em três estratégias diferentes: a primeira é a resistência ao estresse ou resposta homeostática, que é a tentativa de manter seu equilíbrio fisiológico. Em

FIGURA 2 | EFEITO DOS FATORES DE ESTRESSE SOBRE A PRODUTIVIDADE DO MILHO



Obs.: Potencial máximo da cultura (PM), déficit hídrico (DH), temperatura (T), irradiação (I) e umidade relativa do ar (UR); o estresse severo ocorre quando há a combinação de vários fatores de estresse

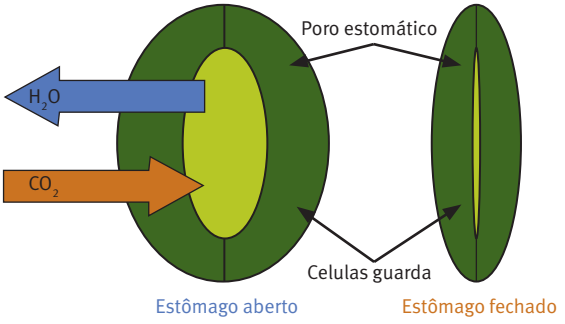
Variações na produção dependem do genótipo da variedade, ambiente de produção e das respostas fisiológicas obtidas

geral, esta estratégia envolve elevado custo metabólico, com aumento da respiração para prover energia aos processos de manutenção fisiológica e reparo de danos celulares. A segunda estratégia é a tolerância ao estresse; neste caso, a planta possui maior plasticidade, convivendo com os fatores de estresse com menor gasto energético, promovendo recuperação mais eficiente após a perturbação. A terceira estratégia é a "evitância"; nesse caso, a planta evita o estresse, por exemplo, investindo previamente na formação de um sistema de raízes profundo e ramificado, que será mais eficiente na absorção de água e nutrientes. Dependendo do material genético, estas três estratégias assumem diferentes papéis, durante o ciclo da cultura, em função da variabilidade do ambiente de produção.

De forma geral, podemos entender que a variação da produção de uma cultura depende: 1) do genótipo do material, que estabelece o nível de potencial máximo de produção; 2) do ambiente de produção, que impõe limites ao desenvolvimento da expressão do potencial da cultura; e 3) das respostas fisiológicas

FIGURA 3 | ABERTURA E FECHAMENTO DO PORO ESTOMÁTICO REFLETINDO A "EFICIÊNCIA NO USO DE ÁGUA" (EUA), DA PLANTA*

$$EUA = \frac{CO_2 \text{ ASSIMILADO}}{H_2O \text{ TRANSPIRADO}}$$



**Refere-se à quantidade de água gasta para assimilar uma certa quantidade de carbono*

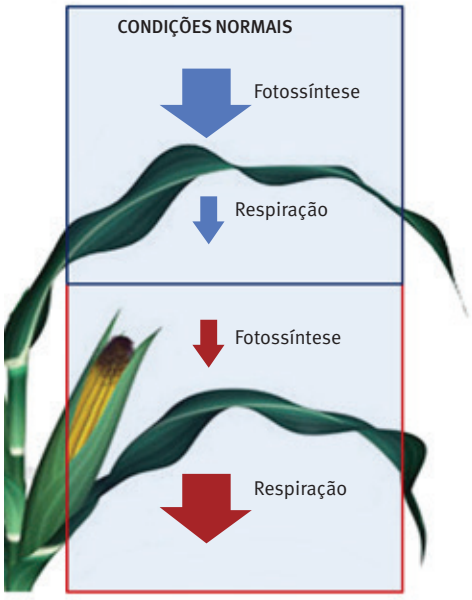
das plantas aos desafios impostos pelo ambiente (Figura 1). Portanto, a compreensão de como os fatores ambientais podem induzir as plantas ao estresse é fundamental para o estabelecimento de manejo adequado da cultura e para a escolha da cultivar mais apropriada à região de produção. Esta é uma tarefa bastante complexa, pois normalmente as plantas estão expostas a diversos fatores de estresse, envolvendo a necessidade de técnicas adequadas para o monitoramento constante do estado fisiológico das culturas ao longo de seu ciclo.

Na cultura do milho, a combinação dos fatores de estresse se dá de maneira diferente, em cada época de cultivo. No milho de primeira safra, a combinação das altas

temperaturas do ar, alta irradiação e, em algumas situações, a baixa disponibilidade de água são os principais fatores causadores de estresse. Já no milho de segunda safra, a combinação das baixas temperaturas do ar, baixa disponibilidade de água, baixa umidade relativa do ar e os baixos níveis de irradiação reduz o desenvolvimento e a produtividade da cultura. Em termos globais, a falta de água é responsável pelas maiores perdas de produtividade das culturas. O efeito do estresse causado pela baixa disponibilidade de água é complexo pois, normalmente, as plantas não estão expostas somente ao déficit hídrico. Na maioria das regiões produtoras de milho, além do déficit hídrico, as plantas estão expostas também a altos níveis de irradiação e à alta temperatura do ar, fatores que aumentam a evapotranspiração, intensificando ainda mais o efeito da falta de água na planta (Figura 2).

Em relação aos períodos de cultivo do milho na região Centro-Sul, o déficit hídrico tem menor impacto na produção do milho de primeira safra, pois o cultivo nesta época coincide com o período chuvoso e quente. Durante o cultivo da primeira safra, a disponibilidade de água normalmente é alta, bem como ocorre boa distribuição pluviométrica. Além desses fatores, nesta época há maior disponibilidade de energia, pelo aumento da irradiação, e as temperaturas médias do ar são mais altas; fatores que estimulam o desenvolvimento das plantas. Já no milho de segunda safra, o impacto do déficit hídrico é maior, pois a semeadura coincide com o término do período chuvoso. Nesta situação, quanto mais tardia for a semeadura, maior será o risco de déficit hídrico durante o desenvolvimento da cultura. Além do fim do período chuvoso, o plantio de segunda safra coincide com a redução do fotoperíodo e a consequente redução da irradiação solar e temperatura do ar, fatores climáticos que também podem levar a planta ao estresse.

FIGURA 4 | BALANÇO DE CARBONO NA CULTURA DO MILHO



BALANÇO DE CO_2

$Fot_{Liq} = Fot_{Bru} - *Resp_{Total}$

$*Resp_{Total} = **Resp_{Mit} + Fot_{Resp}$

$**Resp_{Mit} = Resp_{Man} + Resp_{Cresc}$

"Sob estresse a respiração de manutenção aumenta, reduzindo a fotossíntese líquida da planta"

Obs.: Fotossíntese líquida (Fot_{Liq}), fotossíntese bruta (Fot_{Bru}), respiração total ($Resp_{Total}$), respiração mitocondrial ($Resp_{Mit}$), fotorespiração ($Foto_{Resp}$), respiração de manutenção ($Resp_{Man}$), respiração de crescimento ($Resp_{Cresc}$)

A redução na produtividade causada pelo efeito do déficit hídrico pode ser de origem estomática ou não-estomática (bioquímica e fotoquímica). O efeito de origem estomática está relacionado, diretamente, ao fechamento dos poros estomáticos. A planta, ao perceber a redução do potencial de água do solo, gera um sinal para as folhas via ácido abscísico (ABA) pela corrente transpiratória, induzindo ao fechamento dos estômatos, de modo a reduzir a perda de água através da transpiração. Porém, ao mesmo tempo em que ocorre a redução da perda de água, também ocorre a redução na assimilação do CO_2 atmosférico, causando redução nas taxas fotossintéticas, devido à menor disponibilidade de CO_2 intercelular, e refletindo-se na "eficiência do uso da água" (EUA) pela planta; isto é, a quantidade de água gasta para assimilar uma certa quantidade de carbono (Figura 3). A EUA é uma das principais características para a escolha de cultivares adaptadas à falta de água.

Quanto à redução na produtividade relacionada aos efeitos de origem não-estomática, o déficit hídrico pode afetar os processos bioquímicos da fotossíntese (responsáveis pela fixação do carbono atmosférico) e o aparato fotoquímico da planta (responsável pela absorção de luz e produção de energia para a fotossíntese). Em relação ao metabolismo bioquímico, a redução da taxa fotossintética em plantas sob déficit hídrico é causada, principalmente, pela redução da eficiência das enzimas responsáveis pela fixação do CO_2, a PEPcase (fosfoenolpiruvato carboxilase, específica de plantas de metabolismo tipo C4, como o milho) e a Rubisco (ribulose bifosfato carboxilase/oxigenase, a proteína mais abundante em todas as plantas). Sob déficit hídrico, ocorre a degradação e/ou inativação destas enzimas, acarretando a redução da fixação do CO_2 e, consequentemente, a redução na produtividade das culturas.

O déficit hídrico pode afetar, também, a eficiência fotoquímica das plantas. Normalmente, isso acontece em situações de déficit hídrico severo combinado com altos níveis de irradiação solar, que causam queda significativa na eficiência da fotossíntese, em função da redução do transporte de elétrons (fotoinibição do fotossistema II), em virtude do excesso de elétrons e da degradação da membrana dos cloroplastos. O efeito da temperatura do ar sobre o desenvolvimento do milho varia em função da época de cultivo e, também, da região – devido à altitude. No milho de primeira safra, o maior efeito da temperatura do ar se dá em regiões de baixa altitude, onde a temperatura do ar é maior. A maior temperatura do ar diurna aumenta a transpiração das plantas, causando maior perda de água pelas plantas. Porém, o maior efeito da temperatura do ar no cultivo do milho de primeira safra em regiões de baixa altitude se dá pelo aumento da respiração noturna; neste caso, ocorre o aumento da respiração de manutenção das plantas e parte dos fotoassimilados (que seriam utilizados na respiração para suprir a energia para o crescimento) acaba sendo utilizada no reparo e na manutenção do metabolismo da planta, de modo a evitar que entre em estresse severo. Por fim, a maior temperatura do ar noturna reduz a assimilação líquida de carbono diária (Figura 4) e, consequentemente, reduz o desenvolvimento e a produtividade da cultura.

Sendo assim, o cultivo do milho de primeira safra, em regiões com maiores altitudes, reduz o risco de as plantas entrarem em estresse térmico, devido à redução da temperatura noturna do ar. No cultivo do milho de segunda safra, a baixa temperatura do ar pode causar grande redução da produtividade da cultura; principalmente em regiões de alta altitude. O cultivo do milho de segunda safra coincide com o período da redução do fotoperíodo, da irradiação solar e, consequentemente, da redução da temperatura do ar. Neste caso, quando o milho é cultivado em regiões de alta altitude, o risco de as plantas entrarem em estresse térmico pelas baixas temperaturas é maior; portanto, no milho de segunda safra, áreas com baixas altitudes são consideradas mais favoráveis ao desenvolvimento da planta, devido à maior temperatura do ar e ao menor risco de geadas durante o ciclo da cultura.

A baixa temperatura do ar afeta diretamente o metabolismo fotossintético das plantas, reduzindo a eficiência das enzimas PEPcase e Rubisco, responsáveis pela fixação de carbono na planta. Percebe-se, portanto, que diferentes fatores climáticos geram efeitos diretos no balanço de carbono das plantas, afetando sua produtividade. O balanço de carbono resulta da diferença entre a quantidade de CO_2 fixada pela planta pela fotossíntese, durante o período luminoso, e o gasto total de CO_2 pela respiração, que supre a planta de energia na forma de ATP (adenosina trifosfato), para a formação de novos tecidos (crescimento) e/ou para manutenção e reparo do metabolismo celular. Assim, quanto mais adversas forem as condições ambientais, menor será a fotossíntese, ao mesmo tempo em que haverá aumento do gasto de energia para os reparos celulares, promovendo redução do balanço de carbono na planta e diminuindo a produtividade (Figura 4).

Independentemente do tipo do estresse (hídrico, térmico ou luminoso), a redução na eficiência fotossintética é causada pelo excesso de energia dentro da planta; mais especificamente, pelo excesso de elétrons no interior celular que, em combinação com o oxigênio nas células, forma as EROs (espécies reativas de oxigênio). As EROs são produtos altamente tóxicos que causam danos à integridade e funcionalidade celular, por meio da peroxidação de lipídios, oxidação de proteínas, DNA e outras moléculas orgânicas vitais ao funcionamento das plantas. Portanto, o principal efeito dos fatores de estresse na produtividade da cultura está relacionado à formação das EROs, que, em situações mais severas, causam a morte celular.

No entanto, a planta possui um conjunto de enzimas antioxidantes que minimizam ou até anulam os efeitos causados pelas EROs. Dentre as enzimas mais estudadas, podem-se citar o superóxido dismutase (SOD), a catalase (CAT), o ascorbato peroxidase (APX), o dehidroascorbato redutase (DHAR), o monodehidroascorbato redutase (MDHAR), a glutationa redutase (GR) e a glutationa peroxidase (GPx). Esse conjunto de enzimas, aliado a outros agentes antioxidantes – como a prolina e o ácido salicílico –, auxilia as plantas a sobreviverem em condições de estresse, por longos períodos. O conhecimento de como os fatores climáticos podem afetar os processos fisiológicos das plantas de milho auxilia no correto manejo da cultura, de modo a minimizar os efeitos causados pelos fatores de estresse. A identificação de genótipos resistentes e/ou tolerantes é uma das estratégias mais eficientes para amenizar os efeitos do estresse nas plantas, como também conhecer e respeitar o zoneamento agroclimático de cada região de cultivo, tendo especial atenção para o balanço hídrico, as temperaturas médias do ar, a latitude, a altitude e o período de semeadura da cultura.

* ***Gustavo Maia Souza*** *é docente no Departamento de Botânica da Universidade Federal de Pelotas (gumaia@pq.cnpq.br);* ***Alexandrius de Moraes Barbosa*** *é docente na Universidade do Oeste Paulista (alexandrius@unioeste.br).*

Compostos

Reguladores são, para muitos cultivos, indispensáveis ao alcance de bons níveis

João Domingos Rodrigues e Samuel Luiz Fioreze*

Objetivo maior da aplicação de biorreguladores na cultura do milho é promover seu rápido desenvolvimento inicial, favorecendo a exploração do solo pelas raízes e o desenvolvimento foliar

Hormônios vegetais são substâncias orgânicas, produzidas em uma célula ou tecido, que atuam como mensageiras químicas, modulando os processos celulares no local de síntese, ou em outras partes da planta. A interação entre hormônio e receptor ocorre em sítios específicos, em concentrações extremamente baixas, desencadeando diversos processos fisiológicos, de modo a promover, inibir ou modificar o crescimento e desenvolvimento da planta, sendo extremamente importante nas respostas a fatores ambientais.

Atualmente, são reconhecidos nove principais grupos de hormônios vegetais: auxinas (Ax), giberelinas (GA), citocininas (CK), ácido abscísico (ABA), etileno (Et), brassinoesteróides (BRA), jasmonatos (JA), salicilatos (SA), poliaminas (PA) e, mais recentemente, as estrigolactonas (ST). A atividade de um hormônio, ou, mais frequentemente, a interação entre grupos hormonais, define a ocorrência de processos envolvidos com a promoção ou a inibição do crescimento, diferenciação dos órgãos, defesa contra agentes bióticos e abióticos, além dos processos de senescência natural e maturação.

Reguladores vegetais são compostos naturais ou sintéticos que exibem atividade biológica no controle do crescimento e do desenvolvimento das plantas. Quando aplicados em plantas, apresentam ações similares aos grupos de hormônios vegetais ou atuam na inibição da biossíntese ou, ainda, da atividade dos mesmos. As mais diversas classes de reguladores vegetais desenvolvidos e estudados pela pesquisa, ao longo dos anos, têm proporcionado melhorias ao sistema de cultivo de diversas culturas. Em muitos casos, a utilização de reguladores se torna prática indispensável à viabilidade de sistemas de cultivo. Deste modo, o estudo de substâncias que regulam o metabolismo, inibindo, promovendo ou modificando o crescimento e o desenvolvimento de culturas é indispensável para que o potencial produtivo das culturas seja expresso em níveis satisfatórios.

BIORREGULADORES

Os biorreguladores são reguladores vegetais classificados como promotores do crescimento, apresentando atividade semelhante aos hormônios vegetais endógenos encontrados nas plantas. Neste grupo, os reguladores vegetais mais comuns são produtos à base de giberelinas (ácido giberélico) e produtos compostos de mais de um grupo hormonal, como auxinas, giberelinas e citocininas. Estudos realizados sobre o processo de germinação de sementes demonstram que a aplicação de ácido giberélico acelera a germinação e aumenta a quantidade de sementes germinadas. A pré-embebição de sementes de milho doce com 50 mg L^{-1} de ácido giberélico, após oito meses de armazenamento, promoveu o aumento da atividade metabólica durante o processo de germinação, resultando em maior vigor e germinação. O regulador vegetal utilizado apresenta 10% de ácido giberélico em sua composição, sendo registrado para a aplicação via sementes nas culturas do milho e do arroz. Além desse, existe outro regulador vegetal comercial registrado para o milho, formulado com 0,005% de ácido indolbutírico (IBA), 0,009% de cinetina (Kt) e 0,005% de ácido giberélico (GA3), que será aqui tratado como IBA+Kt+GA3. Na cultura do milho, sua aplicação é recomendada em tratamento de sementes, aplicação no sulco de semeadura ou mesmo em aplicações foliares nas fases iniciais do desenvolvimento da cultura, entre os estádios V1 e V2 do desenvolvimento.

Pode-se considerar que os estudos da eficácia da aplicação de biorreguladores na cultura do milho ainda são escassos quando comparados com outras classes de reguladores vegetais em outras culturas, como é o caso dos inibidores da biossíntese de giberelina nas culturas do algodão e do trigo. Além de escassos, os resultados obtidos em experimentos de campo revelam inconsistência nas respostas de plantas de milho. Em alguns casos, os benefícios iniciais obtidos pelo fornecimento do biorregulador desaparecem nas fases subsequentes do desenvolvimento, sem haver incrementos de produtividade.

O objetivo principal da aplicação de biorreguladores na cultura do milho é promover o rápido desenvolvimento inicial das plantas, favorecendo a exploração do solo pelas raízes e o desenvolvimento foliar. Desse modo, as plantas poderão aproveitar os recursos ambientais, como água, nutrientes e radiação solar, de forma mais eficiente durante o período de diferenciação de espigas, que ocorre nos estádios iniciais do desenvolvimento da cultura. Este estímulo inicial ao desenvolvimento da cultura pode representar maior vantagem competitiva contra plantas não desejáveis ou, mesmo, em relação ao estresse ambiental. De modo geral, aplicações de IBA+Kt+GA3 em sementes (1,5 L 100 kg^{-1}) apresentam incrementos em produtividade, apresentando maior facilidade de aplicação. Os efeitos provenientes da aplicação destas classes de biorreguladores têm sido relacionados com incremento no crescimento das raízes, diâmetro de colmos, número de fileiras de grãos por espiga e de grãos por fileira, resultando em incrementos de produtividade.

RIZOBACTÉRIAS

Apesar de atuarem como organismos fixadores de N, um dos principais mecanismos que explicam os efeitos benéficos da inoculação de sementes de plantas cultivadas com bactérias do gênero *Azospirillum* é a sua capacidade de produzir e metabolizar uma série de hormônios vegetais e de compostos que atuam de forma direta ou indireta na regulação do crescimento da planta, podendo, assim, ser classificadas como rizobactérias promotoras do crescimento vegetal. Entre os efeitos diretos, verifica-se a biossíntese de hormônios promotores

Estudo de substâncias que regulam o metabolismo é indispensável para que o potencial produtivo das culturas seja expresso em níveis satisfatórios

do crescimento, como auxinas, giberelinas e citocininas e de reguladores do crescimento vegetal, como óxido nítrico e poliaminas. Os mecanismos indiretos de atuação envolvem a indução de resistência sistêmica a doenças, biossíntese de hormônios relacionados ao estresse, como ácido jasmônico, ácido abscísico e etileno, e biossíntese de compostos antimicrobianos. Os efeitos observados em plantas inoculadas com *Azospirillum* são mais próximos daqueles observados após aplicação de biorreguladores do que dos verificados em plantas em associação com outras espécies de bactérias, como a soja e bactérias do gênero *Bradyrhizobium*.

É conhecido que bactérias do gênero *Azospirillum* possuem a capacidade de identificar sinais emitidos ou percebidos pela planta em condições de estresse, desencadeando respostas de forma conjunta com a planta, resultando em aumento de tolerância. Em função da capacidade destas bactérias de estimular o crescimento vegetal, tanto em condições de estresse como na sua ausência, pode-se dizer que seu efeito de biorregulação pode substituir aqueles proporcionados pela aplicação de biorreguladores comerciais ou, mesmo, atuar de forma sinérgica. Índices satisfatórios de produtividade foram obtidos com 50% da dose recomendada de N, associada à inoculação de sementes com *Azospirillum*, seguida da aplicação foliar do regulador IBA+Kt+GA3 no estádio V4 de desenvolvimento, indicando que as duas tecnologias podem apresentar efeitos sinérgicos para a produtividade da cultura.

INIBIDORES DA BIOSSÍNTESE DE GIBERELINAS

Em muitas culturas, o crescimento excessivo de plantas em altura, associado à redução do diâmetro do caule, resulta em maior tendência ao acamamento, causando prejuízos à produção. Reguladores vegetais que atuam como inibidores da biossíntese de giberelinas são ferramentas para a redução do porte de plantas, proporcionando o cultivo em maiores densidades de semeadura ou mesmo com maiores investimentos em adubação nitrogenada. Na cultura do trigo, os principais reguladores utilizados com esta finalidade são o *ethyl-trinexapac*, o *prohexadione* cálcio e o cloreto de *chlormequat*, também conhecido como cloreto de clorocolina (CCC). Na cultura do algodão, a aplicação de inibidores da biossíntese de giberelinas, como o cloreto de *clormequat* e cloreto de *mepiquat*, proporcionam redução do comprimento dos entrenós do caule, viabilizando o cultivo principalmente em sistemas de cultivo adensado. Tanto para a cultura do algodoeiro como para o trigo, a aplicação de retardantes do crescimento promove melhorias na arquitetura das plantas, como folhas menores e mais eretas, sem prejudicar a produtividade da cultura. No

caso do trigo, o aumento nas taxas fotossintéticas é relatado em folhas bandeira com posição mais ereta nos horários de maior irradiação, em resposta à aplicação de *ethyl-trinexapac*.

O estudo da aplicação de inibidores da biossíntese de giberelinas é bastante recente na cultura do milho. Aplicações de *ethyl-trinexapac* em doses entre 187,5 e 562,5 g ha^{-1} de i.a. entre os estádios V2 e V8 não reduzem a altura de plantas, podendo, em alguns casos, provocar aumento na largura e redução no comprimento de folhas, sem afetar a produtividade. A redução do comprimento de folhas pode ser uma característica vantajosa para o milho, por proporcionar aumento da densidade de cultivo com menor índice de autossombreamento de folhas. Este sistema, contudo, ainda não foi testado em condições experimentais.

A aplicação de *ethephon* pode resultar em benefícios à cultura do milho cultivado em altas densidades, principalmente quando são esperados eventos relacionados à ocorrência de déficit hídrico e altas temperaturas durante o início da fase reprodutiva da cultura. A aplicação de *ethephon* promove a redução no índice de área foliar de plantas de milho, sem afetar a produtividade da cultura. A aplicação desta classe de reguladores vegetais na cultura do milho deverá ainda ser mais bem estudada, podendo representar uma ferramenta para o cultivo em maiores densidades de plantas ou mesmo para aumento no suprimento de nitrogênio, por meio da modificação da arquitetura de plantas.

FUNGICIDAS DE EFEITOS FISIOLÓGICOS

O período de enchimento de grãos pode ser reduzido em função de estresses bióticos e abióticos, como ocorrência de doenças foliares, déficit hídrico ou excesso térmico e deficiências nutricionais. Como resultado, o potencial produtivo construído pela planta, até a fase de antese, pode ser reduzido. Na cultura do milho, algumas estratégias podem ser utilizadas para maximizar o acúmulo de matéria seca nos grãos, por meio da manutenção da área foliar verde ativa. Entre as estratégias citadas está a utilização de fungicidas de efeitos fisiológicos. O manejo de fungicidas na cultura do milho vem ganhando maior importância nas últimas safras, principalmente no cultivo em safrinha, no qual as condições para a ocorrência de doenças são mais favoráveis. Tem-se observado, contudo, que os benefícios alcançados pela aplicação de alguns grupos de fungicidas, como as estrobirulinas, vão além do controle de doenças, sendo este grupo considerado como fungicidas de efeitos fisiológicos. Dentro do grupo das estrobilurinas, destaca-se a piraclostrobina, estudada intensamente em oito anos de pesquisa.

A piraclostrobina provoca alteração no ponto de compensação de CO_2 das plantas. Alguns resultados indicam que um aumento transitório na rota alternativa da respiração (AOX) pode se sobrepor à redução esperada da emissão de CO_2 devido à inibição da respiração mitocondrial. Isso provoca a queda nos níveis celulares de ATP e aumento na concentração de prótons (H^+) no citosol, resultando na ativação do nitrato redutase. Sete dias após a aplicação de piraclostrobina, ocorre decréscimo de 10% do teor de nitrato nos tecidos, indicando sua assimilação e formação de outros complexos metabólicos. Após 15 dias da aplicação, observa-se aumento de 20% na biomassa. A relação C/N e o conteúdo de proteínas não se diferenciam em plantas tratadas ou não com piraclostrobina, indicando que a maior absorção e redução do nitrato favorece o crescimento das plantas tratadas.

O crescimento da produtividade proveniente da aplicação de piraclostrobina pode resultar de alterações em processos fisiológicos da planta, como o retardamento da senescência foliar, aumento na atividade fotossintética, redução da atividade da ácido 1-aminociclopropano-1-carboxílico sintase (ACC sintase) e consequente redução na biossíntese de etileno. O atraso no processo de degradação da clorofila, que ocorre durante a senescência, é chamado de "efeito verde". A manutenção do tecido verde, fotossinteticamente ativo, pode prolongar o período de atividade fotossintética foliar, maximizando o enchimento de grãos.

Além da diminuição da síntese de etileno, observações recentes indicam aumento na síntese de óxido nítrico (NO), importante sinalizador celular do estresse, em plantas tratadas com piraclostrobina. O NO leva à formação de compostos que ativam a defesa das plantas. Além disso, o NO tem ação antiestresse, pois é a substância que reduz a atividade das enzimas ACC sintase e ACC oxidase, reduzindo, com isso, os níveis endógenos de etileno. Vários trabalhos mostram forte ação destes produtos na atividade de enzimas antioxidantes, tendo sido determinadas as atividades de superóxido dismutase (SOD), catalase, peroxidase e peroxidação lipidíca, evidenciando ação antiestresse nas plantas tratadas. Observa-se, também, aumento nos níveis endógenos de ácido abscísico (ABA), permitindo a adaptação da planta a situações de estresse hídrico, incrementando a eficiência do uso de água.

A utilização de fungicidas de efeitos fisiológicos na cultura do milho, contudo, tem apresentado resultados bastante inconsistentes. Dependendo do material genético, pressão de doenças, época e número de aplicações, os efeitos podem ser positivos, do ponto de vista de produtividade, ou negativos. Os efeitos negativos podem ser explicados pelo fato de os fungicidas do grupo das estrobilurinas atuarem como inibidores da atividade da enzima ACC sintase, que é chave na biossíntese de etileno na planta, hormônio vegetal responsável pelo desenvolvimento das espigas. A aplicação de fungicidas no milho, entre os estádios V11 e V15, pode reduzir os níveis de etileno na planta, aumentando a frequência de

espigas mal formadas, com consequentes perdas na produtividade.

***João Domingos Rodrigues** é professor titular do Departamento de Botânica/ Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista (mingo@ibb.unesp.br);*
***Samuel Luiz Fioreze** é professor auxiliar do Departamento de Ciências Agronômicas/Curso de Agronomia, da Universidade Federal de Santa Catarina (s.fioreze@ufsc.br).*

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAGÃO, C. A.; LIMA, M. W. P.; MORAIS, O. M.; ONO, E. O.; BOARO, C. S. F.; RODRIGUES, J. D.; NAKAGAWA, J.; CAVARIANI, C. Fitorreguladores na germinação de sementes e no vigor de plântulas de milho super doce. *Revista Brasileira de Sementes*, Londrina, PR, v. 23, n. 1, p. 62-67, 2001.

ARAGÃO, C. A.; DANTAS, B. F.; ALVES, E.; CATANEO, A. C.; CAVARIANI, C.; NAKAGAWA, J. Atividade amilolítica e qualidade fisiológica de sementes armazenadas de milho super doce tratadas com ácido giberélico. *Revista Brasileira de Sementes*, Londrina, PR, v. 25, n. 1, p. 43-48, 2003.

ARTECA, R. N. *Plant growth substances*: principles and applications. New York: Champman & Hall, 1995. 332 p.

BASF. *F500*: O fungicida Premium. São Bernardo do Campo: Basf, 2005. 35 p. (Boletim Técnico).

BAYLES R. A.; HILTON, G. J. Variety as a factor in the response of cereals to strobilurins. In: BCPC CONFERENCE, 2000. *Proceedings* ... Brighton, Hampshire, UK, British Crop Production Council, 2000. p. 731-738.

BERTELSEN, J. R.; NEERGAARD, E. De; SMEDEGAARD-PETERSEN, V. Fungicidal effects of azoxystrobin and epoxiconazole on phyllosphere fungi, senescence and yield of winter wheat. *Plant Pathology*, Oxford, v. 50, p. 190-250, 2001.

BRYSON, R. J.; LEANDRO, L.; JONES, D. R. The physiological effects of kresoxim-methyl on wheat leaf greenness and the implication for crop yield. In: BCPC CONFERENCE, 2000. *Proceedings* ...Farnham, British Crop Protection Council, 2000. p. 739-747.

BRACCINI, A. L.; DAN, L. G. M.; PICCINI, G. G.; ALBRECHT, L. P.; BARBOSA, M. C.; ORTIZ A. H. T. Seed inoculation with *Azospirillum brasilense*, associated with the use of bioregulators in maize. *Revista Caatinga*, Mossoró, RN, v. 25, n. 2, p. 58-64, 2012.

BELOW, F. E.; DUNCAN, K. A.; URIBELARREA, M.; RUYLE, T. B. Occurrence and proposed cause of hollow husk in maize. *Agronomy Journal*, v. 101, n. 1, p. 237-242, 2009.

CASÁN, F.; VANDERLEYDEN, J.; SPAEPEN, S. Physiological and Agronomical Aspects of Phytohormone Production by Model Plant-Growth--Promoting Rhizobacteria (PGPR) Belonging to the Genus *Azospirillum*. *Journal of Plant Growth Regulators*, v. 32, n. 3, p. 619-649, 2013.

CASTRO, P. R. C.; VIEIRA, E. L. *Aplicações de reguladores vegetais na agricultura tropical*. Guaíba: Livraria e Editora Agropecuária, 2001. 588 p.

CICCHINO, M. A.; EDREIRA, J. I. R.; OTEGUI, M. E. Maize Physiological Responses to Heat Stress and Hormonal Plant Growth Regulators Related to Ethylene Metabolism. *Crop science*, v. 53, n. 1, p. 2135–2146, 2013.

COHEN, A. C.; TRAVAGLIA, C. N.; BOTTINI, R.; PICCOLI, P. N. Participation of abscisic acid and gibberellins produced by endophytic *Azospirillum* in the alleviation of drought effects in maize. *Botany*, v. 87, n. 1, p. 455-462, 2009.

COSTA, R. V.; COTA, L. V.; SILVA, D. D.; MEIRELLES, W. F.; LANZA, F. E. Viabilidade técnica e econômica da aplicação de estrobilurinas em milho. *Tropical Plant Pathology*, v. 37, n. 4, p. 246-254, 2012.

DOURADO NETO, D.; DARIO, G. J. A.; VIEIRA JÚNIOR, P. A.; MANFRON P. A.; MARTIN, T. N.; CARRÉRE, R. A. G.; CRESPO, P. E. N. Aplicação e influência do fitorregulador no crescimento das plantas de milho. *Revista da FZVA*, v. 11, n. 1, p. 1-9, 2004.

FAGAN, E. B. *A cultura da soja*: modelo de crescimento e aplicação da estrobilurina piraclostrobina. Piracicaba: USP/ESALQ, 2007. 83 p. (Tese de Doutoramento).

GHINI, R.; KIMATI, H. *Resistência de fungos a fungicidas*. 2. ed. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2002. 78 p.

GROSSMANN, K.; RETZLAFF, G. Bioregulatory effects of the fungicidal strobilurin kresoxim methyl in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Pesticide Science*, Oxford, v. 50, p.11-20, 1997.

KÖEHLE, H.; GROSSMANN, K.; RETZLAFF, G.; AKERS, A. Physiologische einflüsse des neuen getreidefungizides juwed auf die ertragsbildung. *Gesunde Pflanzen*, Berlim, v. 49, p. 267-271, 1997.

KÖEHLE, H.; GROSSMANN, K.; JABS, T.; GERHARD, M.; KAISER, W.; GLAAB, J.; CONRATH, U.; SEEHAUS, K.; HERMS, S. Physiological effects of the strobilurin fungicide F 500 on plants. In: DEHNE, H. W.; GISI, U.; KUCK, K. H.; RUSSELL, P. E.; LYR, H. (Ed.). *Modern fungicides and antifungal compounds III*. Andover, 2002. p. 61-74.

OLIVEIRA, R. F. Efeito fisiológico do F500 na planta. *Atualidades Agrícolas BASF S.A.*, p. 9-11, 2005.

SHEKOOFA, A.; EMAM, Y. Plant growth regulator (Ethephon) alters maize (*Zea mays* L.) growth, water use and grain yield under water stress. *Journal of agronomy*, v. 7, n. 1, p. 41-48, 2008.

YAMASAKI, H.; TIEDEMANN, A. V. Physiological effects of azoxystrobin and epoxiconazole on senescence and the oxidative status of wheat. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, San Diego, v. 71, p. 1-10, 2001.

YPEMA, H. L.; GOLD, R. E. Kresoxim-methyl: modifications of a naturally occurring compound to produce a new fungicide. *Plant Disease*, v. 83, p. 4-19, 1999.

ZAGONEL, J.; FERREIRA, C. Doses e épocas de aplicação de regulador de crescimento em híbridos de milho. *Planta Daninha*, Viçosa, MG, v. 31, n. 2, p. 395-402, 2013.

Vantagens

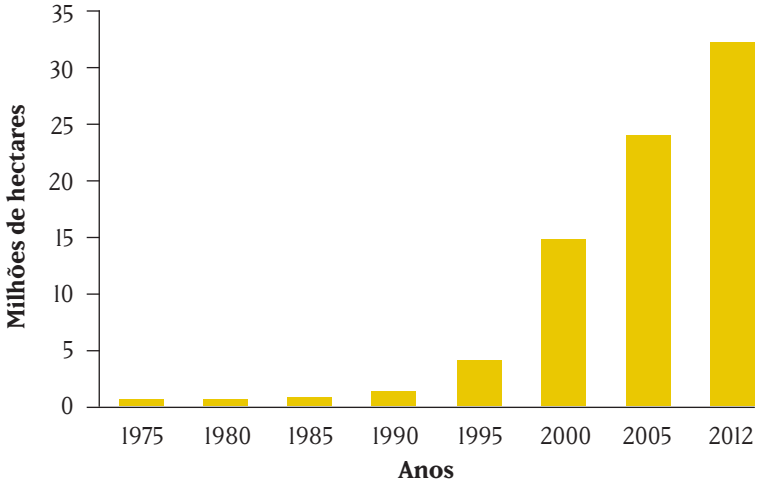
Importância do sistema de plantio direto (SPD) para a cultura do milho

Silas Maciel de Oliveira, Rodrigo Estevam Munhoz de Almeida, Rafaela Alenbrant Migliavacca e José Laércio Favarin*

ACERVO OCEPAR

Sistema de plantio direto (SPD) se expandiu, ajudando a elevar o cultivo de milho a cerca de 30% da área agricultada do Brasil

FIGURA 1. EVOLUÇÃO DA ÁREA CULTIVADA EM SPD; BRASIL, ÚLTIMOS 40 ANOS



Fonte: Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha e Irrigação (Febrapdp), 2014

A cultura do milho ocupa cerca de 30% da área agricultada do país, com produção de 80 milhões de toneladas de grãos, entre safra e safrinha (Conab, 2013). Com a expansão dos últimos 10 anos, o país alcançou a posição de terceiro maior produtor mundial. Entre os fatores que ajudaram a compor este cenário, se destaca o sistema de produção em plantio direto (SPD): sua adoção (Figura 1) se expandiu como em nenhum outro país e, atualmente, é praticamente unanimidade entre os produtores de milho comercial. Mas quais foram as vantagens desse sistema de produção para o produtor rural?

REDUÇÃO DA EROSÃO

Entre as vantagens do SPD, uma das mais significativas foi, certamente, a conservação de solo. A agricultura no Brasil abrange regiões de climas tropical e subtropical, nas quais os solos, de maneira geral, são predominantemente cauliníticos (Figura 2), suscetíveis à erosão provocada pelas chuvas tropicais. Essas chuvas são de grande intensidade e em curto espaço de tempo, propiciando maior ação dos processos erosivos. A erosão é um processo que ocorre, predominantemente, na superfície do solo. Dessa forma, as condições da superfície determinam se ocorrerá ou não erosão e seu grau de intensidade. Com a adoção do SPD, é gerada uma superfície de resíduos vegetais sobre o solo que funciona como barreira física contra os impactos das gotas da chuva e, também, ajuda a manter a estabilidade de agregados, principalmente na camada superficial, onde se inicia o processo erosivo. No SPD a quantidade de agregados do solo aumenta (Arai et al., 2013), o que implica maior resistência do solo ao deflúvio superficial.

A cultura de milho é exigente em relação à fertilidade do solo. A preservação da camada superficial evita que os nutrientes – como nitrogênio, potássio e fósforo – sejam levados junto às águas das enxurradas. Dessa forma, previne-se o empobrecimento do solo e o cultivo em camadas de menor fertilidade, cuja correção demanda investimentos. Em declividade de 0,03 m m^{-1} e pluviosidade anual de 1350 mm, o SPD reduziu a perda de solo em 650 kg ha^{-1} ano^{-1}, se comparado ao sistema convencional (SC) (Hernani et al, 1999). Dessa forma, evitou-se a perda anual de 21 bilhões de quilos de solo, quantidade suficiente para preencher 8.250 vezes o estádio do Maracanã. Em solos com fertilidade média, esta perda corresponderia a 336 mil quilos de fósfo-

FIGURA 2. TRÊS CLASSES DE SOLOS OCUPAM A MAIOR PARTE DO TERRITÓRIO NACIONAL*

**Regime pluvial, grau de intemperismo, mineralogia e relevo das áreas cultivadas apontam para medidas severas de conservação de solos: adotar o sistema de plantio direto (SPD) colabora para o manejo desses tipos de solos.*

Fonte: Embrapa, 2014

ro movidos para cursos d'água. Além do prejuízo ambiental, há o prejuízo econômico. É como se 40% de todo superfosfato simples produzido pelo Brasil, em 2012, fosse perdido, equivalendo a 1,8 bilhão de quilos do fertilizante.

CONTROLE DA TEMPERATURA

A temperatura do solo afeta, direta e indiretamente, o crescimento e o desenvolvimento do milho. Na fase de implantação, após a semeadura, temperaturas abaixo de 5ºC e acima de 40ºC prejudicam a germinação em 20% (Borba et al., 1995). Decréscimos dessa ordem na população de plantas reduziriam a produção de grãos em até duas toneladas por hectare nos híbridos modernos, altamente produtivos. A temperatura do solo interfere indiretamente na nutrição do milho pela ação de viventes no solo, como as bactérias *Nitrosomonas* e *Nitrobacter*, as quais, abaixo de 18ºC ou acima de 35ºC, reduzem sua atividade. Essas bactérias respondem pela nitrificação do N no solo.

O milho aproveita o N na forma nítrica e amoniacal. Em temperaturas extremas, o fornecimento de N nítrico é prejudicado e, caso se dê entre os estádios V4 e V8, fase crítica da nutrição do milho, compromete a produção de grãos. Isso ocorre porque a absorção de nitrato, nestes estádios, ativa genes em raízes e folhas, responsáveis pelas seguintes funções: (1) regulação estomática; (2) formação de cadeias carbônicas para a assimilação de N; (3) absorção e transporte de fósforo; e (4) estimulação do movimento de água nas raízes (Sakakibara et al., 2006).

A manutenção de resíduo sobre o solo reduz a amplitude térmica na superfície. A proteção aos raios solares é feita pela dissipação de calor, o que leva a uma temperatura até 7ºC menor em relação ao solo exposto à radiação (Kenney et al., 2013). Esse efeito é muito importante no milho safrinha, porque a semeadura é feita nos meses de fevereiro e março, que, via de regra, são mais quentes em relação a setembro e outubro, quando se faz a semeadura do milho safra.

TABELA 1. PRODUTIVIDADE DE GRÃOS EM DECORRÊNCIA DE OFERTA DE ÁGUA NO SOLO

FORNECIMENTO ÁGUA (%)	PRODUTIVIDADE GRÃOS t ha^{-1}	PRODUTIVIDADE RELATIVA (%)
100	11,1	100
70	9,0	81
50	6,7	60
30	4,9	44
-	2,7	24

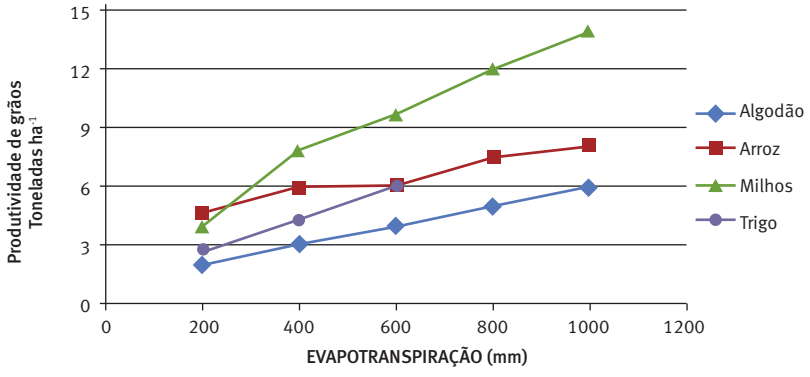
Fonte: Dagdelen et al., 2006.

ÁGUA NO SOLO

Entre as espécies vegetais mais cultivadas no mundo estão: arroz, trigo, soja, batata, algodão, aveia, cevada, mandioca, cana-de-açúcar e milho. Todas são plantas C3, exceto as duas últimas. As plantas C3 consomem, em média, 500 gramas de água para assimilar um grama de CO_2. Já para as plantas C4 – como o milho –, a assimilação da mesma quantidade de carbono consome 250 g de água (Taiz e Zeiger, 2006). O fato de ser uma planta C4 constitui vantagem do milho para a produção de biomassa, comparativamente às culturas C3 (Figura 3). Todavia, é errado pensar que a restrição de água não afeta seu desempenho (Tabela 1). Mesmo em solos em que os atributos químicos e físicos sejam adequados, a redução na oferta de água prejudica a produção de grãos, principalmente quando se dá entre V4 e V8 e no florescimento, estádios críticos para a produção de grãos.

O SPD é importante para se enfrentar os problemas decorrentes da restrição hídrica. O não revolvimento de solo e a proteção dada pelos resíduos vegetais preservam os agregados e os viventes do solo, em quantidade e em qualidade (Arai et al., 2013). A preservação da matéria orgânica do solo (MOS) e as ligações de carbono orgânico com partículas do solo ajudam na formação de agregados. Em pesquisa realizada por Castro Filho, Lourenço, Guimarães e Fonseca (2002), ficou constatado que o SPD aumenta o

FIGURA 3. CONSUMO COMPARATIVO DE ÁGUA DAS CULTURAS DE ALGODÃO, ARROZ, MILHO E TRIGO*



** Milho consome, ao longo de seu ciclo, 6,5 milhões de litros de água por hectare para produzir 10 toneladas de grãos, enquanto o arroz, o algodão e o trigo produzem, com o mesmo consumo, 6 mg de grãos*

Adaptado de: Zwart e Bastiaanssen, 2004

FIGURA 4. NO LATOSSOLO EM SC AUMENTOU-SE O NÚMERO DE AGREGADOS COM TAMANHO INFERIOR A 0,5 MM. EM CONTRAPARTIDA, NO SPD AUMENTARAM-SE OS AGREGADOS COM TAMANHO SUPERIOR A 2,0 mm. ADAPTADO DE: CASTRO FILHO ET AL., 2002.

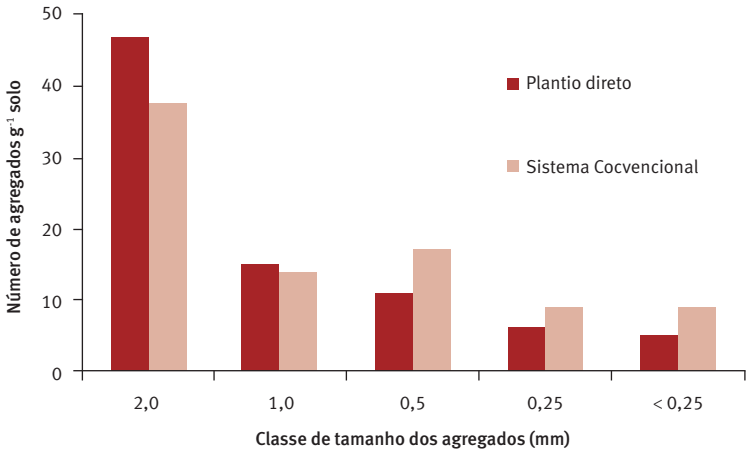
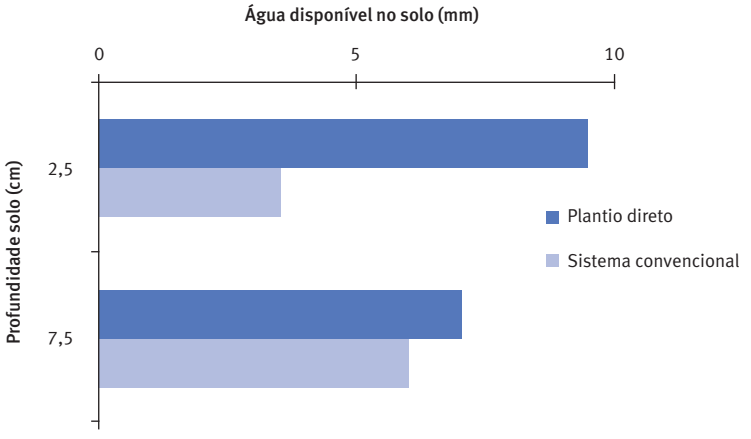


FIGURA 5. ÁGUA DISPONÍVEL ENTRE A CAPACIDADE DE CAMPO E O PONTO DE MURCHA PERMANENTE, PARA SOLO EM SPD E SC, NO CULTIVO DO MILHO



Adaptado de: Dalmago et al., 2009

número de macroagregados do solo (Figura 4), contribuindo para o incremento da distribuição de poros ao longo do perfil. Em SPD, o solo apresenta até 30% mais microporos nos primeiros 0,8 m do perfil (Lipiec et al., 2006).

Os microporos estão relacionados à retenção de água, por meio da força de adesão entre água e coloides do solo. Assim, há um relativo aumento na capacidade de retenção de água, em SPD, como comprovou a pesquisa realizada por Dalmago, Bergamaschi, Bergonci, Krüger, Comiran e Heckler (2009), na cultura de milho. Nos primeiros centímetros, o solo reteve cerca de 50% mais água em SPD (Figura 5). Em meio à atual "enxurrada" de produtos de "alta tecnologia", como aminoácidos, proteínas e outros, com o objetivo de reduzir o estresse hídrico, muitos se esquecem de que manter o SPD é uma ótima forma de reduzir o estresse hídrico da lavoura, inclusive para plantas C4 como o milho, que respondem rapidamente ao fornecimento de água.

NOVO DESAFIO, NOVA RESPOSTA

No Brasil, desde 2011, a produção de milho safrinha é maior que a de milho safra (Conab, 2013). O milho safrinha é semeado nos meses de janeiro e fevereiro, após a soja precoce, quando ainda há chuvas na região Centro-Oeste. Com a possibilidade da segunda safra, é notável a redução da semeadura de espécies para cobertura do solo, importante para a rotação de culturas e manutenção do SPD. A palha proveniente da colheita de milho não oferece boa cobertura ao solo, deixa-o exposto por mais de três meses, até a semeadura da próxima safra. Diante dos benefícios do SPD, já citados, e, por outro lado, também valorizando a importância do milho safrinha para o sistema de produção, e, sobretudo, para a economia do país, o SPD tem um desafio a enfrentar: como a cultura do milho pode produzir a safrinha e, ainda, dispor de cobertura do solo na entressafra? Uma opção ganha cada vez mais adeptos: o

RODRIGO ALMEIDA

Adoção de novas práticas e tecnologias cria dúvidas que são, algumas vezes, mitos, outras vezes verdades

consórcio milho-braquiária. Por meio desta técnica, é possível aproveitar o excedente hídrico do outono/inverno, em que se cultiva o milho safrinha, para, ao mesmo tempo, cultivar a braquiária para formação de resíduos ao SPD. No caso de propriedades sob o sistema integração lavoura-pecuária (ILP), a braquiária serve como planta forrageira, justamente no período de maior escassez nas pastagens.

A adoção de novas práticas ou tecnologias cria, também, uma série de afirmações e dúvidas que são, algumas vezes, mitos, outras vezes verdades. Visando à melhor compreensão do manejo do consórcio milho-braquiária, seguem respostas a algumas dessas questões:

P. O cultivo da braquiária com o milho reduz o potencial produtivo de grãos?

R. Mito. A braquiária, sombreada pelo milho, não reduz a produção de grãos de milho.

P. É preciso aumentar a adubação nitrogenada para instalar o cultivo de milho com braquiária?

R. Mito. Pesquisas realizadas nos últimos anos (Almeida, 2014) comprovaram que a absorção do N, aplicado via fertilizante pela braquiária, varia entre 2% e 5%, insuficientes para prejudicar a produtividade do milho.

P. O consórcio milho-braquiária pode ser indicado para o combate do mofo branco?

R. Verdade. O controle cultural realizado por meio da palha da braquiária é uma forma de inibir os apotécios, que se desenvolvem a partir dos escleródios que habitam o solo. Os resíduos de braquiária diminuem a passagem de luz para o solo e, também, a amplitude térmica. A restrição de luz e calor prejudica o desenvolvimento do apotécio, o que reduz a disseminação de esporos carpogênicos endêmicos que se espalham em um raio de até 100 m.

* ***Silas Maciel de Oliveira*** *é mestre em Fitotecnia pela Universidade de São Paulo – ESALQ (silasmaciel2000@hotmail.com),* ***Rodrigo Estevam Munhoz de Almeida*** *é mestre e doutor em Fitotecnia e pesquisador da Embrapa Pesca e Aquicultura (rodrigo.almeida@embrapa.br),* ***Rafaela Alenbrant Migliavacca*** *é émestre em Fitotecnia pela Universidade de São Paulo – ESALQ (rafaela.migliavacca@yahoo.com.br) e* ***José Laércio Favarin*** *é docente no Departamento de Produção Vegetal da USP/ESALQ (favarin.esalq@usp.br).*

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, R. E. M. *Fertilização nitrogenada no consórcio milho-braquiária em solos de clima tropical úmido no sistema de integração lavoura-pecuária*. Piracicaba: USP/ESALQ, 2014. 149 p. (Tese de Doutorado – Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia).

ARAI, M.; TAYASU, I.; KOMATSUZAKI, M.; UCHIDA, M.; SHIBATA, Y.; KANEKO, N. Changes in soil aggregate carbon dynamics under no-tillage with respect to earthworm biomass revealed by radiocarbon analysis. *Soil & Tillage Research*, v. 126, p. 42-49, 2013.

BORBA, C. S.; ANDRADE, R. V. de; AZEVEDO, J. T. de; ANDREOLI, C.; PURCINO, A. Germinação de sementes de diversos genótipos de milho tropical (*Zea mays* L.) em diferentes temperaturas. *Revista Brasileira de Sementes*, Londrina, PR, vol. 17, p. 141-144, 1995.

CASTRO FILHO, C.; LOURENÇO, A.; GUIMARÃES, M. de F.; FONSECA, I. C. B. Aggregate stability under different soil management systems in a red latosol in the state of Parana, Brazil. *Soil & Tillage Research*, v. 65, n. 1, p. 45-51, 2002.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. *Acompanhamento de safra brasileira*: grãos, décimo primeiro levantamento, set. 2013. Brasília: Conab, 2013. Disponível em: ‹http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13_09_10_16_05_53_boletim_portugues_setembro_2013.pdf›. Acesso em: 22 set. 2015.

DALMAGO, G. A.; BERGAMASCHI, H.; BERGONCI, J. I.; KRÜGER, C. A. M. B.; COMIRAN, F.; HECKLER, B. M. Retenção e disponibilidade de água às plantas, em solo sob plantio direto e preparo convencional. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, PB, v. 13, p. 855-864, 2009.

HERNANI, L. C.; KURIHARA, C. H.; SILVA, W. M. Sistemas de manejo de solo e perdas de nutrientes e matéria orgânica por erosão. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, MG, v. 23, p. 145-154, 1999.

KENNEY, I.; BLANCO-CANQUI, H.; PRESLEY, D. R.; RICE, C. W.; JANSSEN, K.; OLSON, B. Soil and crop response to stover removal from rainfed and irrigated corn. *GCB Bioenergy*, v. 7, n. 2, p. 219-230, 2015.

LIPIEC, J.; KUŚ, J.; SŁOWIŃSKA-JURKIEWICZ, A.; NOSALEWICZ, A. Soil porosity and water infiltration as influenced by tillage methods. *Soil & Tillage Research*, v. 89, n. 2, p. 210-220, 2006.

SAKAKIBARA, H.; TAKEI, K.; HIROSE, N. Interactions between nitrogen and cytokinin in the regulation of metabolism and development. *Trends in Plant Science*, v. 11, n. 9, p. 440-448, 2006.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia vegetal*. Porto Alegre: Artmed, 2006.

Correção

Calcário aplicado em SPD pode amenizar acidez, em camadas profundas do solo

Eduardo Fávero Caires *

Manejo da calagem no sistema de plantio direto (SPD) gera dúvidas porque aplicação de calcário é feita na superfície

A acidez do solo limita a produção agrícola em consideráveis áreas do mundo. A deficiência de cálcio (Ca) e a toxidez causada por alumínio (Al) e manganês (Mn) são os fatores que mais limitam a produtividade de solos ácidos em regiões tropicais e subtropicais. O sistema de plantio direto (SPD) tem se destacado como uma das estratégias mais eficazes para melhorar a sustentabilidade da agricultura, em regiões tropicais e subtropicais, contribuindo para minimizar perdas de solo e de nutrientes por erosão. No Brasil, esse sistema tem apresentado rápido crescimento em área cultivada, ocupando atualmente cerca de 30 milhões de hectares. Os danos ocasionados pela acidez do solo no desenvolvimento da cultura do milho, sob SPD, podem ser visualizados na Figura 1.

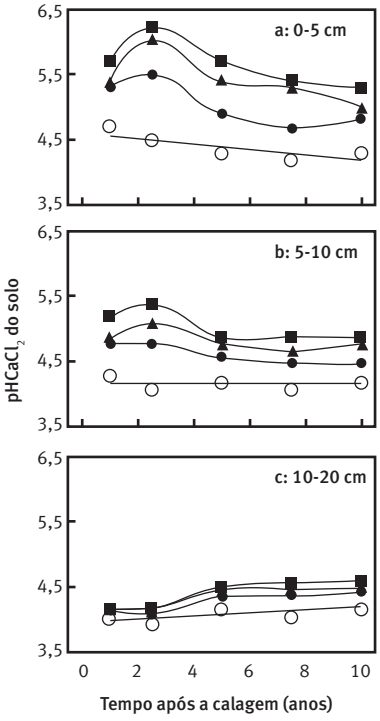
Os problemas da acidez do solo são, normalmente, corrigidos por meio da aplicação de calcário. Muitas dúvidas ainda existem com relação ao manejo da calagem no SPD, porque, neste sistema, a aplicação de calcário é feita na superfície, sem incorporação. Embora a calagem superficial, normalmente, não tenha um efeito rápido na redução da acidez do subsolo, dependendo dos critérios empregados na recomendação, a aplicação superficial de calcário pode, ao longo dos anos, amenizar os efeitos nocivos da acidez em camadas mais profundas do solo. Isso é particularmente importante, porque a acidez nas camadas subsuperficiais, em caso de níveis tóxicos de Al e/ou deficiência de Ca, pode comprometer a penetração de raízes e a nutrição das plantas, deixando as culturas susceptíveis ao estresse hídrico. No Brasil, este assunto adquire grande importância pela ocorrência generalizada de Al^{3+} trocável na maioria dos solos.

CORREÇÃO DA ACIDEZ POR CALAGEM

A aplicação de calcário na superfície, sem incorporação, cria uma frente de correção da acidez do solo em profundidade, proporcional à dose e ao tempo (Figura 2). A amenização da acidez, abaixo da camada de deposição do calcário, somente ocorre quando o pH, na zona de dissolução do calcário, atinge valores da ordem de 5,0 a 5,6. Em estudos que avaliaram camadas mais profundas de solo, abaixo de 20 cm, verificou-se que o calcário aplicado na superfície, em SPD, melhorou as condições de acidez não só em camadas superficiais, como, também, nas do subsolo (Caires et al., 2000; 2008). As alterações no pH e nos teores de Al^{3+}, Ca^{2+} e Mg^{2+} trocáveis do solo, ocorridas com a aplicação superficial de calcário dolomítico, em SPD, na região Centro-Sul do Paraná, são mostradas na Figura 3.

A calagem aumentou o pH e os teores de Ca^{2+} e Mg^{2+}, reduzindo o teor de Al^{3+} trocável em todo o perfil do solo. Os aumentos no pH e nos teores de Ca^{2+} e Mg^{2+} trocáveis e a redução do Al^{3+} trocável, nas camadas de 20 a 80 cm, mostram,

FIGURA 2. EFEITO DO TEMPO APÓS APLICAÇÃO DE CALCÁRIO NA SUPERFÍCIE, EM SPD*



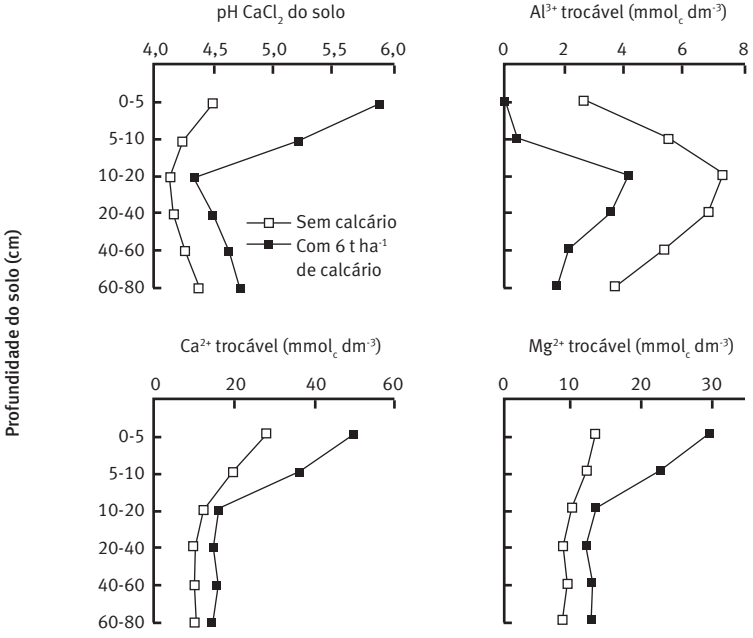
**Calcário aplicado nas doses (○) 0, (●) 2, (▲) 4 e (■) 6 t ha^{-1}, sobre o pH $CaCl_2$, considerando as profundidades de (a) 0–5 cm, (b) 5–10 cm e (c) 10–20 cm*

Adaptado de: Caires et al., 2005

FIGURA 1. DESENVOLVIMENTO DE PLANTAS DE MILHO EM SOLO COM ALTA ACIDEZ, NO SISTEMA DE PLANTIO DIRETO (SPD)

E.F. CAIRES

FIGURA 3. ALTERAÇÕES NO pH $CaCl_2$ E NOS TEORES DE AL^{3+}, Ca^{2+} E Mg^{2+} TROCÁVEIS EM DIFERENTES PROFUNDIDADES DE LATOSSOLO VERMELHO (TEXTURA MÉDIA)



**Considerando a calagem na superfície, em sistema de plantio direto (SPD); calcário dolomítico aplicado em 1993; pontos são médias de cinco amostragens de solo, realizadas no período de 1993 a 1998*

Adaptado de: Caires et al., 2000

claramente, que o calcário aplicado na superfície exerceu efeito positivo na correção da acidez do subsolo. Ao longo do tempo, após a aplicação superficial de calcário em plantio direto, vai ocorrendo melhoria no gradiente de acidez da superfície em direção ao subsolo. A reaplicação superficial de calcário em solo já corrigido com calagem na superfície pode facilitar a movimentação do calcário em direção ao subsolo e proporcionar melhoria ainda mais acentuada na acidez do perfil do solo. Pouca influência da calagem superficial, abaixo de 5 cm, foi observada em até três anos após a aplicação de 3 t ha^{-1} de calcário, em parcelas anteriormente sem calagem (Figura 4).

Na camada de 0 a 5 cm, o efeito da aplicação de 3 t ha^{-1} de calcário, após 3 anos, ou da aplicação de 6 t ha^{-1} de calcário, após 10 anos, foi semelhante. No entanto, após 10 anos da aplicação de 6 t ha^{-1} de calcário, o pH foi maior e os níveis de Al^{3+} trocável e de saturação por Al^{3+} foram mais baixos que o tratamento sem calagem, até a profundidade de 40 ou 60 cm – o que não aconteceu após três anos da aplicação de 3 t ha^{-1} de calcário. Quando se realizou a calagem (3 t ha^{-1}) sobre as parcelas que já haviam recebido calcário (6 t ha^{-1}), a reaplicação do corretivo ocasionou aumento mais acentuado no pH (até a profundidade de 60 cm) do que o tratamento que havia recebido apenas 6 t ha^{-1} de calcário, indicando que houve movimentação do calcário reaplicado na superfície para maiores profundidades do solo, quando a acidez na camada mais superficial era mais baixa. A reaplicação superficial do calcário (3 t ha^{-1}) sobre as parcelas anteriormente com calagem (6 t ha^{-1}) resultou nos mais baixos níveis de Al^{3+} trocável (≤ 2 $mmol_c$ dm^{-3}) e de saturação por Al^{3+} (≤ 5%) em todo o perfil do solo (0 a 60 cm).

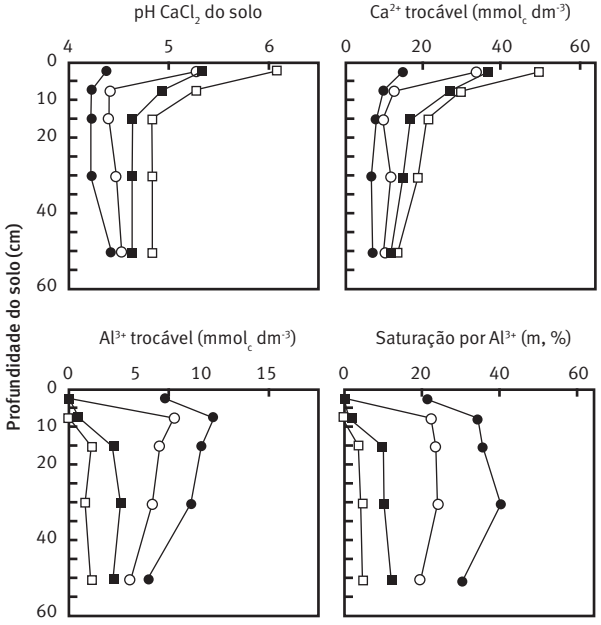
ACIDEZ E CRESCIMENTO DE RAÍZES

As raízes da maioria das plantas cultivadas não se desenvolvem bem em solos ácidos, devido ao excesso de Al e/ou à deficiência de Ca. Em geral, os efeitos prejudiciais do Al se refletem nas raízes, que se tornam mais lentas em alongar. Devido às interferências do Al no processo de divisão celular, elas paralisam seu crescimento e apresentam alterações morfológicas profundas. A toxicidade de Al para plantas cultivadas no SPD tem sido considerada mais baixa que no sistema convencional de preparo do solo. Tais efeitos têm sido relacionados à presença de menor concentração de espécies tóxicas de Al (Al^{3+} e $AlOH^{2+}$) e à maior concentração de Al, complexado com ligantes orgânicos, na solução do solo. A menor atividade do Al na solução do solo, em SPD, tem resultado em implicações importantes na definição de critérios ou índices para tomada de decisão de recomendação de calagem neste sistema. Porém, é preciso certo cuidado com estas informações, porque, em situações desfavoráveis de chuvas ou de umidade do solo, a fitotoxicidade de Al^{3+} ocasionada pela acidez do solo no SPD é intensificada e compromete, seriamente, o crescimento radicular de plantas com pouca tolerância ao Al (Caires et al., 2008; Joris et al., 2013).

CALAGEM NA SUPERFÍCIE, EM SPD

O cálculo da necessidade de calagem com base na análise química do solo e a frequência de aplicação de calcário na superfície, em SPD, são assuntos polêmicos. Estudos recentes e de longo prazo, realizados no estado do Paraná (Caires et al., 2000; 2005; 2006), têm mostrado que o método da elevação da saturação por bases para 70%, em amostra de solo coletada na profundidade de 0 a 20 cm, apresenta estimativa adequada para a recomendação de calcário na superfície em SPD. A dose de calcário calculada por esse método pode ser distribuída sobre a superfície do solo em uma única

FIGURA 4. VALORES DE pH $CaCl_2$, Ca^{2+} TROCÁVEL, Al^{3+} TROCÁVEL E SATURAÇÃO POR Al^{3+} NO PERFIL DO SOLO



** Para os tratamentos sem calcário (●), com 3 t ha^{-1} de calcário na superfície em 2000 (○), com 6 t ha^{-1} de calcário na superfície em 1993 (■) e com 6 t ha^{-1} em 1993 + 3 t ha^{-1} em 2000 (□), em sistema plantio direto. As amostras de solo foram coletadas em 2003*

Adaptado de: Caires et al., 2008

aplicação ou de forma parcelada, durante até três anos. Entretanto, para evitar supercalagem, a aplicação superficial de calcário em SPD deve ser recomendada somente para solo com pH ($CaCl_2$) < 5,6 ou saturação por bases < 65%, na camada de 0 a 5 cm. O monitoramento da acidez na camada superficial do solo (0 a 5 cm) auxilia a avaliação da frequência da aplicação de calcário, uma vez que o tempo de duração da calagem é variável em diferentes solos e sistemas de produção.

Eduardo Fávero Caires *é bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq e professor associado do Departamento de Ciência do Solo e Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG) (efcaires@uepg.br).*

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAIRES E. F.; ALLEONI, L. R. F.; CAMBRI, M. A.; BARTH, G. Surface application of lime for crop grain production under a no-till system. *Agronomy Journal*, Madison, v. 97, p. 791-798, 2005.

CAIRES, E. F.; BANZATTO, D. A.; FONSECA, A. F. da. Calagem na superfície em sistema plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, MG, v. 24, p. 161-169, 2000.

CAIRES, E. F.; BARTH, G.; GARBUIO, F. J. Lime application in the establishment of a no-till system for grain crop production in Southern Brazil. *Soil & Tillage Research*, v. 89, p. 3-12, 2006.

CAIRES, E. F.; GARBUIO, F. J.; CHURKA, S.; BARTH, G.; CORRÊA, J. C. L. Effects of soil acidity amelioration by surface liming on no-till corn, soybean, and wheat root growth and yield. *European Journal of Agronomy*, v. 28, p. 57-64, 2008.

JORIS, H. A. W.; CAIRES, E. F.; BINI, A. R.; SCHARR, D. A.; HALISKI, A. Effects of soil acidity and water stress on corn and soybean performance under a no-till system. *Plant and Soil*, v. 365, p. 409-424, 2013.

Intemperização

Estudos confirmam efeitos favoráveis do gesso agrícola à cultura do milho

Godofredo César Vitti, Eduardo Zavaschi, Thiago Augusto de Moura e Marcos Henrique Feresin Gomes*

RODRIGO ALMEIDA

Gesso agrícola apresenta mobilidade no perfil do solo, diminuindo atividade do alumínio em solução, além de fornecer cálcio e enxofre nas camadas mais profundas do solo

FIGURA 1. GESSO NO PÁTIO

A maior parte do território nacional se encontra em regiões de clima tropical; a elevada temperatura e os altos índices pluviais que caracterizam esse vasto território promovem intensos processos de intemperização (desgastes), que resultam em solos com baixos teores de nutriente, elevada capacidade de adsorção (fixação) de fósforo e intensa acidez. Um dos principais fatores limitantes à produtividade é, justamente, a acidez do subsolo, uma vez que restringe o crescimento radicular em profundidade, diminuindo a capacidade de as plantas absorverem nutrientes e água.

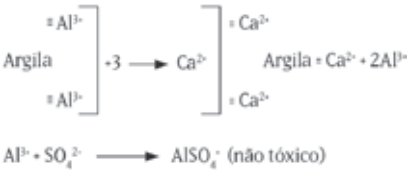
A aplicação de corretivos agrícolas, como o calcário (carbonato de cálcio e magnésio), tem a finalidade de neutralizar o alumínio, corrigir o pH e aumentar a disponibilidade de nutrientes. Entretanto, sua ação ocorre mais na superfície do solo, devido à sua baixa mobilidade. Por sua vez, o gesso agrícola ($CaSO_4.2H_2O$, 18% de Ca e 15% de S), cerca de 200 vezes mais solúvel que o calcário, apresenta maior mobilidade no perfil do solo, diminuindo a atividade do alumínio em solução, além de fornecer cálcio e enxofre nas camadas mais profundas do solo (Figura 1).

COMPORTAMENTO NO SOLO

O gesso agrícola não é um corretivo da acidez do solo, uma vez que não neutraliza os íons H^+ da solução, não alterando o pH do solo como o calcário. Uma das suas principais vantagens é a capacidade de reduzir a toxidez do alumínio, que ocorre associada à acidez do solo. Em solos com pH abaixo de 5,0, o alumínio está na forma de Al^{3+} solúvel, que é tóxico às raízes das plantas, inibindo o desenvolvimento radicular. Além disso, o gesso é fonte eficiente de S e Ca. Ao ser aplicado no solo, o gesso apresenta a seguinte dissociação:

$$CaSO_4.2H_2O \xrightarrow{H_2O} Ca^{2+} + SO_4^{2-} + CaSO_4^0$$

Os íons Ca^{2+} e SO_4^{2-} são liberados ao meio, e o $CaSO_4^0$, devido a sua alta mobilidade, desce para as camadas mais profundas no perfil do solo, formando pares iônicos ($CaSO_4^0$, $MgSO_4^0$ e KSO_4^-), aumentando nelas a concentração de cálcio, magnésio e potássio. O cálcio (Ca^{2+}) substitui os íons alumínio dos sítios de troca do solo, enquanto os íons sulfato (SO_4^{2-}) reagem com este alumínio livre na solução, formando complexos de alumínio-sulfato, que não são tóxicos, conforme esquema simplificado a seguir:



CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

A adição de cátions bivalentes no solo gera influência em seu grau de agregação. Este fato ocorre porque cátions como cálcio, por serem bivalentes e realizarem ligações com duas partículas de argila, servem como meio de adesão entre elas (processo conhecido como floculação), resultando na formação de microagregados estáveis. Por outro lado, altos teores de íons monovalentes, como sódio(Na^+) e potássio (K^+), podem causar dispersão do solo. De uma forma simples, se considerarmos o poder agregante do sódio (Na^+) como 1,0, o do potássio (K^+), magnésio (Mg^{2+}), e cálcio (Ca^{2+}), 43. seria respectivamente de 1,7; 27 e 43.

Há décadas, são conhecidos os efeitos favoráveis do gesso agrícola no aumento do rendimento das culturas (Sousa et al., 1996), que incluem maior absorção de água e nutrientes pelas plantas, principalmente das camadas mais profundas do solo, diminuindo problemas com queda de produtividade em épocas de estiagens ou veranicos. Na cultura do milho, trabalhos recentes têm observado efeitos favoráveis da aplicação de gesso agrícola na produtividade da cultura. De acordo com Caires, Joris e Churka (2011), a aplicação superficial do gesso aumentou entre 7% e 8% a produtividade do milho, mesmo após seis a nove anos da aplicação. Neste trabalho, os autores encontraram relação entre a produtividade do milho e o teor de Ca^{2+} trocável do solo. Em outro trabalho recente, Blum, Caires e Alleoni (2013) observaram efeitos benéficos da aplicação superficial de gesso agrícola na produtividade do milho e do triticale, associando os resultados ao aumento dos teores de Ca^{2+} e SO_4^{2-} no solo. Foram verificados efeitos espetaculares de S no aumento da produtividade das culturas, inclusive milho, com incremento médio de 15% (Vitti et al., 2008). É importante salientar a importância do S na fixação biológica do N_2 do ar, conforme reação a seguir:

$$N_2 + 3H_2 \xrightarrow[\text{Mo e Fe}]{\text{Nitrogenase}} 2NH_3$$

A origem do H_2 se deve ao vapor de água da respiração radicular, pela ação da ferrodoxina contendo enxofre; ou seja, na ausência de S, não ocorre fixação de nitrogênio do ar pelo *Azospirillum*, no caso do milho (Figura 2).

CRITÉRIOS DE RECOMENDAÇÃO

A aplicação de gesso agrícola é recomendada – sempre se levando em conta

FIGURA 2. MILHO COM DEFICIÊNCIA DE ENXOFRE (DIR.) E SEM DEFICIÊNCIA (ESQ.)

a necessidade de análise de solo de subsuperfície (20 a 40 cm) – nas seguintes condições: quando a saturação por bases for menor que 35%; os teores de alumínio maiores que 5 $mmol_c\ dm^{-3}$; teores de Ca menores que 5 $mmol_c\ dm^3$ ou saturação por alumínio (m%) maior que 20. Há diversos critérios para a escolha da dose de gesso a ser aplicada (Figura 3), dependendo da região escolhida. De acordo com Sousa, Lobato e Rein (1996), é recomendada a aplicação de 50 kg de gesso por ponto percentual de argila, para culturas anuais, na região do Cerrado; enquanto Raij, Cantarella, Quaggio e Furlani (1996) recomendam a dosagem de 60 kg de gesso por ponto percentual de argila, para o estado de São Paulo. Outro critério, desenvolvido por Vitti, Luz, Malavolta, Dias e Serrano (2006), recomenda a dose de gesso de acordo com a fórmula:

$$\text{Necessidade de gesso (t ha}^{-1}) = \frac{(50 - V) \times CTC_c}{500}$$

em que V é a saturação por bases e CTC a capacidade de troca de cátions (em $mmol_c\ dm^{-3}$), ambos na camada de 20 a 40 cm. Caso a CTC for expressa em $cmol_c\ dm^{-3}$, dividir por 50. Esta fórmula é válida para CTC máxima de 100 $mmol_c\ dm^{-3}$ ou 10 $cmol_c\ dm^{-3}$. Quando não for necessária a utilização de gesso como condicionador de subsuperfície, é fundamental analisar os teores de S, principalmente na camada de 20 a 40 cm. Caso os teores sejam inferiores a 15 mg dm^{-3} de S, recomenda-se a dose de, aproximadamente, 500 kg por hectare de gesso, visando os aspectos operacionais e a adubação de sistemas.

SISTEMA DE PLANTIO DIRETO

O uso do gesso agrícola tem mostrado resultados favoráveis também no sistema de plantio direto. A maior mobilidade do gesso confere resultados favoráveis, quando utilizado em associação ao calcário, uma vez que neste sistema os corretivos são aplicados na superfície do solo. Em sistema de plantio direto (SPD), assim como na integração lavoura-pecuária (ILP), o uso do gesso tem favorecido o aumento da exploração radicular e, consequentemente, maior ciclagem dos nutrientes, melhorando a eficiência de uso dos mesmos, pelos cultivos sucessivos.

FIGURA 3. APLICAÇÃO DE GESSO

*__Godofredo César Vitti__ *é professor sênior no Departamento de Ciência do Solo da USP/ESALQ (gcvitti@usp.br).* __Eduardo Zavaschi__ *é doutor em Solos e Nutrição de Plantas pela USP/ESALQ e coordernador técnico do Grupo de Apoio à Pesquisa e Extensão (GAPE/ESALQ/USP) (eduzavaschi@yahoo.com.br).* __Thiago Augusto de Moura__ *é doutor em Solos e Nutrição de Plantas pela USP/ESALQ (tamoura01@gmail.com) e* __Marcos Henrique Feresin Gomes__ *é graduando em Engenharia Agronômica na USP/ESALQ (marcos.gomes@usp.br).*

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BLUM, S. C.; CAIRES, E. F.; ALLEONI, L. R. F. Lime and phosphogypsum application and sulfate retention in subtropical soils under no-till system. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, Temuco, v. 13, p. 279-300, 2013.

CAIRES, E. F.; JORIS, H.A.W.; CHURKA, S. Long-term effects of lime and gypsum additions on no-till corn and soybean yield and soil chemical properties in southern Brazil. *Soil Use and Management*, v. 27, p. 45–53, 2011.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Ed.). *Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo*. 2. ed. Campinas: IAC, 1996. 285 p. (IAC. Boletim Técnico, 100).

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E.; REIN, T. A. *Uso do gesso agrícola nos solos dos Cerrados*. Planaltina: Embrapa/CPAC, 1996. 20 p. (Embrapa/CPAC. Circular Técnica, 32).

VITTI, G. C.; LUZ, P. H. C.; MALAVOLTA, E.; DIAS, A. S.; SERRANO, C. G. E. *Uso do gesso em sistemas de produção agrícola*. 1. ed. Piracicaba: GAPE, 2008. 104 p.

Nutrição

Programa racional para fertilizantes deve considerar fatores que afetam cultivo

Antonio Luiz Fancelli e Rodrigo Estevam Munhoz de Almeida *

RODRIGO ALMEIDA

Exigente em nutrientes, milho requer cuidados especiais na elaboração dos programas de manejo químico e físico do solo

O milho, por ser uma espécie exigente em nutrientes, requer cuidados especiais na elaboração dos programas de manejo químico e físico do solo. Para o estabelecimento de um programa eficiente e racional do uso de fertilizantes (adubação) é imprescindível conhecer: a finalidade da produção (milho verde, grãos ou silagem); a produtividade desejada; a necessidade total de nutrientes exigidos pela planta (extração); a necessidade de nutrientes ao longo do ciclo (marcha de absorção); as etapas críticas de desenvolvimento da planta (fenologia); a quantidade de nutrientes retirada pela colheita (exportação); a quantidade de nutrientes disponíveis no solo (análise química do solo); as fontes de nutrientes empregadas (forma química, concentração e eficiência); a época de semeadura da cultura (ocorrência de veranicos, nebulosidade, temperatura máxima e temperatura mínima no período); o sistema de produção adotado (convencional ou plantio direto, irrigado ou de sequeiro); o genótipo escolhido (tipo, responsividade e ciclo); a distribuição e população de plantas.

Ainda neste contexto salienta-se que a variação do balanço de energia e das condições climáticas do local de produção ou da região considerada é determinada, principalmente, pela combinação dos efeitos da latitude e altitude, aliada à dinâmica da atmosfera. Tal combinação confere à recomendação de adubação (semeadura e cobertura), baseada apenas em intervalo de dias transcorridos após a semeadura ou emergência de uma lavoura, caráter eminentemente simplista e impreciso. Tal procedimento poderá contribuir para a redução drástica da eficiência do aproveitamento de nutrientes, por parte da planta, dificultando a manifestação de todo seu potencial produtivo.

ADUBAÇÃO DE SEMEADURA E DE COBERTURA

A adubação da cultura do milho pode, resumidamente, ser representada por algumas recomendações de caráter genérico, tais como: (1) distribuir de 30 a 50 kg.ha^{-1} de nitrogênio no sulco de semeadura, acrescido de 70 a 180 kg.ha^{-1}, por ocasião da emissão da terceira ou quarta folha; (2) utilizar de 60 a 100 kg.ha^{-1} de P_2O_5, preferencialmente no sulco de semeadura; (3) fornecer, no máximo, 50 kg.ha^{-1} de potássio (K_2O), na forma de KCl, na semeadura (e posicionado com distância mínima de 8 cm da semente), e o restante deve-se aplicar em cobertura ou em pré-semeadura; (4) fornecer de 30 a 40 kg.ha^{-1} de enxofre (S), para obtenção de rendimentos maiores que 8000 kg.ha^{-1}; (5) adicionar 3 kg.ha^{-1} de zinco (Zn) quando o teor deste elemento no solo (Zn-EDTA) for inferior a 0,6 mg.dm^{-3}; (6) fornecer de 0,4 a 0,8 kg.ha^{-1} de boro (B) na semeadura, quando o teor deste elemento no solo (B – água quente) for inferior a 0,50 mg.dm^{-3}; e (7) aplicar de 25 a 40 g.ha^{-1} de molibdênio (Mo) por via foliar, entre a emissão da quarta e sexta folha, quando o desenvolvimento inicial ocorrer em condições de temperaturas muito altas (>32ºC), muito baixas (<15ºC), na época da safrinha ou, ainda, quando o período inicial da cultura ocorrer sob precipitações frequentes e intensas.

FÓSFORO (P)

A resposta ao fósforo depende da produtividade esperada, da disponibilidade de água no sistema, da fertilidade atual do solo e da quantidade de N aplicada (ou disponível). A cultura de milho, em áreas com menos de 7 mg.dm^{-3} de P (resina), dificilmente manifestará potencial de produção superior a 8000 kg.ha^{-1} de grãos. Rendimentos superiores somente serão possíveis com o aumento do teor de P no solo, aliado ao fornecimento adequado de N. Saliente-se que, em condições normais, raramente a cultura do milho responde, de forma econômica, a quantidades de P_2O_5 superiores a 120 kg.ha^{-1}, principalmente quando ofertado apenas no sulco de semeadura. As quantidades de fósforo (P) absorvidas no início do ciclo do milho podem ser consideradas pequenas; porém, a concentração do elemento na rizosfera, em seus estádios iniciais (até V6), pode limitar o crescimento de raízes.

O aumento do P no solo pode ser obtido com a técnica da fosfatagem, que pode ser efetivada com fontes solúveis de P; isso para solos arenosos, com baixa CTC (capacidade de troca de cátions) ou com baixos teores de óxido de ferro e alumínio. Em solos argilosos e com alto potencial de fixação, com o emprego do sistema de plantio direto (SPD), poderão ser utilizadas fontes de P com solubilidade gradual, como termofosfatos, multifosfatos magnesianos ou fosfatos naturais reativos. A fosfatagem com os produtos acima mencionados deverá corrigir o P no solo em médio ou em longo prazo. Em hipótese alguma deverá ser dispensado o fornecimento deste elemento, mediante fontes solúveis, no sulco de semeadura, o

TABELA 1. INTERPRETAÇÃO DAS CLASSES DE TEORES DE FÓSFORO NO SOLO PARA A CULTURA DO MILHO*

Textura do solo (argila - %)	Teor de fósforo (mg . dm^{-3})			
	Extrator	baixo	Médio	Alto
Argilosa (36 a 60%)	Mehlich 1	<5	6 a 10	>10
Média (15 a 35%)	Mehlich 1	<10	11 a 20	>20
Arenosa (<15%)	Mehlich 1	<20	21 a 30	>30
Para todas as classes	Resina	<15	16 a 40	>40

** Fósforo extraído pelo método Mehlich 1 e por resina sintética*

Fonte: Coelho e França, 1995

TABELA 2. RECOMENDAÇÃO DE ADUBAÇÃO FOSFATADA NA SEMEADURA

Rendimento almejado (t/ha)	P-resina (mg . dm^{-3})			
	< 6	7 a 15	16 a 40	> 41
	P_2O_5 (kg/ha)			
2 a 4	60	40	30	20
4 a 6	80	60	40	30
6 a 8	90	70	50	30
8 a 10	-	90	60	40
10 a 12	-	100	70	50

Fonte: Raij et al., 1996

TABELA 3. INCREMENTO LÍQUIDO NA PRODUÇÃO DE GRÃOS DE MILHO, EM FUNÇÃO DE DOSES E MODOS DE ADUBAÇÃO FOSFATADA

Dose de P_2O_5	Modo de aplicação			
	Lanço	Sulco simples	Sulco duplo	Média
(kg . ha^{-1})	(t . ha^{-1})			
45	0,73[(1)]	1,05	0,81	0,86
67,5	0,80	1,92	2,14	1,62
90	0,84	2,66	3,42	2,31
112,5	0,88	3,36	4,23	2,82
135	1,17	3,64	5,00	3,27
Média	0,88 c[(2)]	2,53 b	3,11 a	

[(1)] Obtido pela diferença entre a produção total do tratamento em estudo, em t . ha^{-1}, e o custo total de produção, exceto o custo do P, calculado em t . ha^{-1}

[(2)] Valores com letras iguais na linha não se diferenciam pelo teste de Tukey (P < 0,05)

Fonte: Prado e Fernandes, 2001

qual deverá ser utilizado em quantidades e doses adequadas para o rendimento almejado (Tabela l).

Na Tabela 2, Raij, et al., (1996) apresentam sugestões para a determinação da adubação fosfatada de semeadura na cultura de milho em função das produtividades esperadas. O uso de adubação fosfatada, a lanço e em áreas com baixos conteúdos de fósforo, aliados a situações intermitentes de disponibilidade insatisfatória de água (veranico), podem favorecer a perda de potencial produtivo da planta. Em pesquisa desenvolvida por Prado e Fernandes (200l), ficou evidenciada a superioridade do fornecimento de fósforo no sulco de semeadura em relação à aplicação a lanço, quanto aos incrementos de produção em milho. Ressalte-se que o referido experimento foi conduzido em solos com baixos teores de P em região de Cerrado. Os maiores incrementos líquidos na produção de grãos de milho foram obtidos com a distribuição de fósforo em sulco duplo (Tabela 3).

A distribuição do P em profundidade pode ser obtida com a manutenção do potencial biótico do solo, permitindo a proliferação e a diversificação da micro e da mesofauna (principalmente anelídeos), e com o emprego de plantas com sistemas radiculares mais agressivos, bem distribuídos no perfil, que apresentem associações frequentes com fungos micorrízicos. Dentre as espécies micorrízicas, merece especial destaque o guandu, além das braquiárias, o centeio, o nabo forrageiro e as crotalárias.

POTÁSSIO (K)

Quanto à adubação potássica, recomenda-se cuidado na definição da quantidade a ser aplicada no sulco de semeadura, pois a fonte mais usada é o cloreto de potássio (KCl), que apresenta índice salino elevado. A salinidade próxima às sementes prejudica o desempenho inicial da planta, uma vez que afeta a germinação das sementes, reduz a população de plantas na área, altera a arquitetura e a taxa de crescimento do sistema radicular e, consequentemente, reduz o potencial produtivo do milho. Na Tabela 4, estão descritas as doses recomendadas de K na semeadura, para o estado de São Paulo, em função do teor atual no solo.

Portanto, recomenda-se o fornecimento de quantidades inferiores a 50 kg.ha^{-1} de K_2O, na forma de KCl, na semeadura, bem como garantir distância de no mínimo 8 cm do adubo em relação às sementes. Se a quantidade total exigida ou recomendada exceder a 50 kg.ha^{-1}, o restante deve ser aplicado em pré-semeadura ou em cobertura, conforme sugestões apresentadas na Tabela 5. Todavia, cumpre salientar que o emprego de espaçamentos mais reduzidos (<60 cm entrelinhas) possibilita o uso de até 60 kg.ha^{-1}de K_2O na linha de semeadura, na forma de KCl.

NITROGÊNIO (N)

A recomendação atual de adubação nitrogenada, para o milho, refere-se ao fornecimento de 30 a 50 kg.ha^{-1} na semeadura (ou em pré-semeadura). Conforme citado por Fancelli e Dourado-Neto (2000), a demanda inicial por N e a atividade das raízes se intensificam com o aumento da temperatura; por essa razão, o melhor desempenho inicial, em regiões e épocas quentes, tem sido obtido com o uso de 40 a 50 kg.ha^{-1} de N na semeadura.

TABELA 4. ADUBAÇÃO POTÁSSICA NA SEMEADURA

Rendimento almejado (t . ha)	K trocável ($mmol_c, dm^{-3}$)			
	< 0,7	0,7 a 1,5	1,5 a 3,0	> 3,0
	K_2O (kg . ha)			
2 a 4	50	40	30	0
4 a 6	50	50	40	20
6 a 8	50	50	50	30
8 a 10	50	50	50	40
10 a 12	50	50	50	50

Fonte: Raij et al., 1996

Contudo, convém salientar que o uso de doses elevadas (superiores a 60 kg $N.ha^{-1}$) no sulco de semeadura pode favorecer a salinização e (ou) a alcalinização da rizosfera, em função da fonte empregada, afetando o desenvolvimento das raízes, a absorção de nutrientes (Mn e Zn) e a atividade dos microrganismos da rizosfera.

A adubação de N, em cobertura no milho, deve ser iniciada quando as plantas apresentarem de três a quatro folhas plenamente expandidas e finalizada, impreterivelmente, por ocasião da emissão da sétima ou oitava folha. O parcelamento do N em cobertura, normalmente, não é necessário; notadamente, se a quantidade aplicada for menor que 150 kg $.ha^{-1}$ de N e o solo possuir teor de argila superior a 35%. As condições para recomendar o parcelamento em cobertura podem ser evidenciadas na Tabela 6.

Trabalhos desenvolvidos na Universidade de Illinois, EUA, demonstraram que o emprego de formas amoniacais de N (nitrato e/ou sulfato de amônio), comparado com o uso exclusivo de ureia, proporciona aumento de produtividade do milho, principalmente por contribuir para o incremento da taxa de fertilização, na formação da espiga, culminando em maior número de grãos por espiga. Todavia, por razões edafoclimáticas, estes resultados podem ser bem mais evidentes nos Estados Unidos do que no Brasil; sobretudo quando, em nossas condições, a temperatura do solo for superior a 28oC e o pH atingir valores superiores a 5,7.

A explicação para tal diferença se relaciona ao gasto energético de assimilação e metabolismo do N em plantas de milho em seu estágio inicial de desenvolvimento. Para o milho, o amônio é fonte preferencial do N necessário para sustentar a divisão celular, no meristema radicular, pois os tecidos são limitados pela disponibilidade de carboidratos e a assimilação de amônio consome menos energia que a de nitrato (Epstein e Bloom, 2006). Todavia, como o alongamento celular depende da absorção e do acúmulo de K, Cl e NO_3^-, elementos esses que determinam o aumento da pressão osmótica dentro da célula, conclui-se que a disponibilidade adequada de N (incluindo leguminosas), no início da vida das plantas, associada ao equilíbrio entre as formas de N, amoniacal e nítrica, constituem requisitos básicos para o crescimento e funcionamento do sistema radicular.

Em condições tropicais e subtropicais, a disponibilidade satisfatória de molibdênio (nitrato-redutase), manganês (nitrito-redutase) e cobre (glutamato-sintetase e cadeia de elétrons), além do fósforo (ADP – ATP), é fundamental para o incremento da eficiência do aproveitamento e assimilação do N pelas plantas. Atualmente, é discutida a possibilidade da aplicação antecipada do N, em pré-semeadura, objetivando garantir maior eficiência no uso do N pela planta e maior economicidade e flexibilidade da atividade. Contudo, o sucesso de tal modalidade deve respeitar alguns requisitos básicos, como: (1) proceder a aplicação incorporada de N no máximo 12 dias antes da semeadura, em solo seco; (2) dar preferência a formas amoniacais; (3) utilizar, antecipadamente, entre 60% e 80% do N recomendado; (4) não dispensar, dentro do possível, o uso de N na semeadura e (5) repor cerca de 40% a 60% do N antecipado, se ocorrerem chuvas superiores a 400 mm, até a emissão da quarta folha do milho.

Para reduzir as perdas de N em sistemas de produção e, consequentemente, ampliar a eficiência de seu aproveitamento, outras estratégias devem ser consideradas: (1) adequar a quantidade de N às necessidades da planta e à épo-

TABELA 5. RECOMENDAÇÃO DE ADUBAÇÃO POTÁSSICA EM PRÉ-SEMEADURA, SEMEADURA E COBERTURA

CONDIÇÃO	ÉPOCA DE APLICAÇÃO
Solos corrigidos e com mais de 30% de argila, com CTC de pelo menos 5 $cmol_c . dm^{-3}$ (ou 50 $mmol_c . dm^{-3}$)	pré-semeadura (1 a 6 semanas antes da semeadura)
Aplicar no máximo 50 kg . ha^{-1} de K_2O	semeadura
(I) a lanço, antes das plantas emergirem ou (II) na superfície, em faixa, até a quinta folha, ou (III) incorporado, até a oitava folha.	cobertura(1)

A quantidade total a ser aplicada em cobertura depende do teor de K no solo, da profundidade efetiva do sistema radicular, da produtividade almejada e do teor de K presente na parte exportável da planta

Fonte: Fancelli, 2008

TABELA 6. RECOMENDAÇÃO DE ADUBAÇÃO NITROGENADA DE COBERTURA

CONDIÇÃO EDAFOCLIMÁTICA	PARCELAMENTO (NO)		ÉPOCA DE APLICAÇÃO
Solo argiloso e período de baixa pluviosidade (frequência e intensidade)	1	--	3ª - 4ª folha
Solos arenosos e/ou condição favorável à lixiviação de N	2	1ª	3ª - 4ª folha
		2ª	6ª - 8ª folha
Solos corrigidos, intensivamente cultivados e com sistemas de produção sob irrigação (principalmente pivô central)	3	1ª	3ª - 4ª folha
		2ª	6ª - 8ª folha
		3ª	10ª - 12ª folha

Fonte: Fancelli, 2008

ca de demanda; (2) evitar a aplicação de fertilizantes nitrogenados a lanço; (3) proceder a incorporação do N ao solo (3 a 5 cm); (4) utilizar fertilizantes de liberação lenta ou controlada e/ou substâncias inibidoras de processos, que favoreçam perdas (inibidores de urease e nitrificação). No Brasil, evidências de campo têm demonstrado que a inoculação de sementes com bactérias do gênero *Azospirillum* podem incrementar a produtividade do milho, nas mais distintas condições, pela contribuição do aporte de 30 a 55 $kg.ha^{-1}$ de N, além de promover o estímulo significativo no enraizamento e o aumento da viabilidade técnica e econômica em plantios na época de safrinha (segunda safra).

CÁLCIO (CA) E MAGNÉSIO (MG)

Normalmente, o fornecimento de Ca e Mg como nutrientes, para a maioria dos cereais, é assegurado pela prática da calagem. Os corretivos de acidez do solo usados, comumente, nas atividades agrícolas são: óxidos de cálcio, hidróxidos de cálcio, escórias de siderurgia e calcários comuns (ou tradicionais). A cultura de milho depende da correção da acidez do solo e de quantidades significativas de cálcio e magnésio para manifestar seu potencial produtivo, nas mais diversas condições. A escolha do tipo de calcário deve ser fundamentada no valor da relação Ca:Mg e do teor de Mg presente no solo. Assim, se a referida relação for maior que 2:1, opta-se pelo uso de calcário dolomítico; caso contrário, a preferência deve ser dada para o emprego de calcário calcítico. Porém, se o teor de magnésio no solo for inferior ao nível crítico relativo à referida cultura – ou seja, 0,7 $cmol_c . dm^{-3}$ (ou 7 $mmol_c . dm^{-3}$) –, também deve ser utilizado o calcário dolomítico, para atender à exigência de magnésio.

ENXOFRE (S)

A importância do uso do enxofre na cultura do milho tem aumentado devido a algumas razões: (1) melhoramento genético para alta produtividade, (2) emprego de fertilizantes mais concentrados, (3) uso indiscriminado de MAP e DAP, (4) redução do uso de sulfato de amônio em cobertura e (5) redução do teor de matéria orgânica nos solos. O milho exige em torno de 3 a 3,5 $kg.ha^{-1}$ de enxofre, por tonelada de grão produzido. A relação adequada de N e S corresponde a 8-10:1. Situações fora deste padrão têm acarretado menor produtividade, maior incidência de doenças (raízes e colmo), além de menor valor biológico de proteínas. O teor de enxofre no solo, na forma de sulfato, é utilizado para a avaliação da necessidade desse nutriente em programas de adubação. Neste contexto, solos com teores de enxofre inferiores a 10 $mg.dm^{-3}$, usando como extrator o fosfato de cálcio, são considerados deficientes desse elemento.

MICRONUTRIENTES

A classificação dos nutrientes de acordo com seus papéis fisiológicos e bioquímicos – segundo Mengel e Kirkby (1987), citados por Vitti e Favarin (1997) – seria mais adequada, pois a denominação dos macro e micronutrientes indica somente a concentração relativa no tecido vegetal, sem qualquer significado ou relevância biológica, visto que todos são essenciais à vida vegetal. Ainda que, vale mencionar, muitas vantagens advindas do fornecimento dos micronutrientes não sejam observadas, às vezes, pelo simples aumento linear da produtividade, mas pela qualidade do produto colhido, pelo vigor das plantas e pelo aumento da tolerância a doenças e pragas (Fancelli, 2008). A necessidade de micronutrientes, na cultura do milho, deve ser fundamentada nos resultados de análises foliares, no histórico da área e na produtividade estimada, sendo desaconselhável a aplicação de micronutrientes de forma indiscriminada. Tal procedimento pode resultar na redução do rendimento da cultura, por provocar o desequilíbrio dos nutrientes na planta (interferência no metabolismo), bem como por configurar situações de fitotoxicidade e anomalias fisiológicas.

O micronutriente mais exigido pelo milho é o zinco (2 a 6 kg . ha^{-1}), principalmente se a referida cultura estiver plantada em áreas de cerrado, em solos arenosos, pobres em matérias orgânicas ou que foram submetidos a quantidades elevadas de calcário (>4 t . ha^{-1}). Todavia, em função do uso deste elemento, juntamente com a adubação de semeadura, em grande parte das situações, o zinco pode se apresentar no solo, ao longo do tempo, em níveis satisfatórios, dispensando o uso frequente. O zinco também pode ser aplicado via foliar, entre a emissão da quarta e sexta folha, e em mistura com defensivos, desde que a fonte do citado micronutriente seja quelatizada. A dose recomendada varia entre 100 a 400 g . ha^{-1}. O excesso de zinco (Zn) pode afetar o aproveitamento de outros nutrientes metálicos; principalmente o cobre (Cu), o que pode predispor a planta a doenças. Outros micronutrientes que têm

merecido especial atenção, na cultura do milho, são: o boro (B), o manganês (Mn), o cobre (Cu) e, mais recentemente, o molibdênio (Mo).

O boro (B), por apresentar baixa mobilidade na planta, deve ser aplicado via solo, preferencialmente na semeadura. As quantidades exigidas pelo milho, para altos rendimentos, variam entre 3 e 10 kg . ha^{-1} de B, como adubação corretiva (a lanço), e 0,2 a 0,8 $kg.ha^{-1}$ de B, na semeadura, valendo-se de fontes de solubilidade média a baixa (ulexita e seus derivados). Em trabalhos recentes, Fancelli (2008) obteve resultados satisfatórios com a aplicação foliar de B, por ocasião do florescimento do milho (ou no início da emissão do pendão), no que diz respeito à redução da incidência de pulgões e aumento do peso dos grãos. Tais benefícios podem ser viabilizados mediante a aplicação conjunta do referido nutriente com fungicidas, na época de pré-pendoamento do milho.

O manganês (Mn), em decorrência da baixa capacidade da planta em extraí-lo do solo na taxa requerida para altos rendimentos de grãos (produtividades superiores a 8.000 kg . ha^{-1}), pode ser fornecido via foliar em quantidades variáveis entre 100 e 300 g . ha^{-1}, por ocasião da emissão da quarta e da oitava folha. A carência de Mn pode ocorrer como "fome oculta", reduzindo, significativamente, o potencial produtivo do milho, devido à sua efetiva participação no fotossistema II da fotosssíntese (fotólise da água), e contribuindo, também, para a maior incidência de pragas e doenças, em função da redução dos mecanismos de defesa da planta (rota do ácido chiquímico), provocada por sua carência.

Quanto ao molibdênio (Mo), a aplicação foliar (de 20 a 30 $g.ha^{-1}$), entre a emissão da quarta e sexta folha, tem sido realizada com sucesso, incrementando a atividade da nitrato-redutase, influenciada por temperaturas extremas (elevadas ou baixas), e/ou por excesso de chuva na fase inicial de desenvolvimento do milho (Fancelli, 2008). Finalmente, cumpre ressaltar que, em áreas sob sistema plantio direto (SPD), por mais de cinco anos e com elevados teores de matéria orgânica e/ou de zinco no solo, o cuidado com a falta de cobre (Cu) deve ser redobrado. A carência de cobre tem contribuído para o aumento da predisposição do milho à cercosporiose e ao complexo da mancha branca.

***Antonio Luiz Fancelli** é engenheiro agrônomo, mestre, doutor e docente do Departamento de Produção Vegetal da USP/ESALQ (lfancelli@usp.br) e **Rodrigo Estevam Munhoz de Almeida** é engenheiro agrônomo, mestre e doutor em fitotecnia e pesquisador da Embrapa Pesca e Aquicultura (rodrigo.almeida@embrapa.br).*

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

COELHO, A. M.; FRANÇA, G. E. Seja o doutor do seu milho: nutrição e adubação. *Arquivo do Agrônomo*, Piracicaba, n. 2, p. 1-9, set. 1995. (Encarte).

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. *Nutrição mineral de plantas*: princípios e perspectivas. Londrina: Editora Planta, 2006. 403 p.

FANCELLI, A. L. *Milho*: Nutrição e Adubação. Piracicaba: FEALQ, 2008. 212 p.

_____; DOURADO-NETO, D. *Produção de Milho*. Guaíba: Editora Agropecuária, 2000. 360 p.

PRADO, R. M.; FERNANDES, F. M. Aspectos econômicos da adubação fosfatada para cultura do milho. Scientia Agricola, v. 58, n. 3, p. 617-621, 2001.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Ed.). *Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo*. 2. ed. Campinas: IAC, 1996. 285 p. (IAC. Boletim Técnico, 100).

VITTI, G. C.; FAVARIN, J. Nutrição e manejo químico do solo para a cultura do milho. In: FANCELLI, A. L.; DOURADO-NETO, D. (Ed.). *Tecnologia da produção de milho*. Piracicaba: USP/ESALQ, 1997.

Aspectos básicos

Visão sistêmica e estratégias de manejo são imperiosos para garantir cultura sustentável

Antonio Luiz Fancelli *

Conhecer fisiologia da planta, respeitar suas exigências edafoclimáticas, ter visão sistêmica da atividade e estratégias de manejo racionais são fatores imperiosos ao bom rendimento no cultivo do milho

O milho (*Zea mays* L.) possui elevado potencial e acentuada habilidade fisiológica na conversão de carbono mineral em compostos orgânicos, os quais são translocados das folhas e de outros tecidos fotossinteticamente ativos (fonte) para locais onde serão estocados ou metabolizados (dreno). As relações entre fonte e dreno podem ser alteradas sobremaneira pelas condições do solo, do clima, do estádio fisiológico e do nível de estresse da planta (Taiz e Zeiger, 2012).

O rendimento dos grãos de uma cultura de milho, segundo Andrade, Uhart e Arguissain (1991), pode ser expresso pela seguinte expressão, modificada por Fancelli:

y = Ri.eI.eC.p ,

em que Ri refere-se à Radiação incidente; eI, à eficiência da interceptação da radiação incidente; eC, à eficiência de conversão da radiação interceptada pela biomassa vegetal; e p, à partição de fotoassimilados em partes de interesse comercial.

Assim, a radiação incidente se dá em função da localização geográfica da área de produção (latitude, longitude e altitude), bem como da época de semeadura, ao longo do ano. A eficiência de interceptação depende da idade da planta, da arquitetura foliar, do arranjo espacial de plantas e da população empregada, ao passo que a eficiência de conversão, dentre outros fatores, depende, principalmente, da temperatura do ar, do estado nutricional e do equilíbrio hídrico das plantas. A partição dos fotoassimilados, sobretudo, se dá em função do genótipo, do nível de estresse e das relações entre fonte e dreno estabelecidas.

O rendimento em grãos de uma cultura pode ser definido como o resultado do rendimento biológico e do índice de colheita (IC). O rendimento biológico é comumente determinado pelo peso total de matéria seca da planta, perfazendo uma medida integrada dos efeitos combinados da fotossíntese e da respiração durante a fase de crescimento. A fotossíntese, por sua vez, depende da extensão da área foliar e da permanência das folhas em plena atividade. O índice de colheita, que constitui a fração dos grãos produzidos, em relação à matéria seca total da planta, pode ser empregado em programas de melhoramento genético e de avaliação de desempenho de genótipos, submetidos a diferentes condições climáticas (Donald e Hamblin, 1976, apud. Fancelli, 2013). O índice de colheita poderá, por sua vez, identificar a habilidade de um genótipo de combinar elevada capacidade de produção total com destinação de matéria seca acumulada a componentes de interesse econômico.

O IC máximo, para a cultura do milho, encontra-se próximo de 0,60, obtido em regiões de clima temperado e de latitude elevada. Em contrapartida, os menores índices de colheita, mencionados na literatura, referem-se àqueles oriundos de alguns países da África, como o Quênia (IC = 0,15) e Gana (IC = 0,27).

Para Durães, Magalhães, Oliveira, Fancelli e Costa (1993), as características morfofisiológicas, associadas a elevado rendimento em grãos, variam para diferentes tipos de genótipos. Contudo, a precocidade foi um fator que conferiu, a materiais testados, os maiores índices de partição. Porém, conforme relatado por Fancelli (2013), a maior habilidade de partição, relacionada a genótipos superprecoces e precoces, somente poderá se manifestar quando forem satisfeitas as exigências climáticas e nutricionais relativas aos materiais genéticos considerados. Portanto, o IC obtido em um determinado local não deverá ser extrapolado em outras regiões, pois tal parâmetro está intimamente relacionado à interação genótipo-ambiente. Atualmente, estas características têm sido submetidas a exaustivos estudos, por parte do melhoramento genético e da fisiologia da produção, objetivando a melhoria do desempenho da planta, quanto à adaptação a diferentes regiões, ao efetivo aproveitamento de fatores de produção e à melhoria no processo de partição dos fotoassimilados.

O incremento diário de matéria seca nos grãos pode variar, também, de acordo com o genótipo; ou seja, linhagens de grãos dentados apresentam maiores taxas de acúmulo, quando comparadas a materiais genéticos portadores de grãos duros ou *flint*. O número de grãos, por planta e por unidade de área, constitui um dos mais importantes componentes determinantes do rendimento da cultura, influenciado por eventos ocorridos entre a emissão da 4ª e da 12ª folha, além daqueles evidenciados no florescimento (fecundação). Em áreas tropicais, este é o parâmetro que, normalmente, concorre para as maiores oscilações de rendimento da cultura. A obtenção do maior número de grãos possível decorre em função da população e do número de espigas encontradas por planta (prolificidade) e por unidade de área. Erroneamente, valoriza-se em demasia o tamanho da espiga, conferindo a este componente acentuado valor na definição do potencial produtivo. Reconhece-se, todavia, que o tamanho da espiga na planta de milho, por não possuir capacidade compensatória efetiva, pouco contribui para a definição da produção, quando o número de espigas presentes na área for pequeno. Conclui-se, portanto, que, em primeira instância, o número de espigas é mais importante que o seu tamanho.

O rendimento de grãos (e o número de grãos) aumenta, significativamente, com os incrementos do índice de área foliar (IAF), variando de quatro a seis, segundo resultados obtidos no *Corn Belt* norte-americano – região a nordeste e centro dos EUA voltada ao cultivo do milho.

A maximização da produção depende da população empregada, que se dá em função: (1) da capacidade de suporte do meio, (2) do sistema de produção adotado, (3) do índice e da duração da área foliar fotossinteticamente ativa, (4) da época de semeadura, visando a satisfazer a cinética de desenvolvimento

TABELA 1. ESPAÇAMENTOS DE ENTRELINHA RECOMENDADOS PARA A CULTURA DO MILHO

ESPAÇAMENTO (CM)	CONSIDERAÇÕES RELEVANTES (*)
90 – 85	Menor eficiência no aproveitamento dos fatores de produção
80 – 70	Sem nenhum tipo de restrição a região, época e híbrido
60 – 50	Melhor aproveitamento dos fatores de produção e obtenção de maiores produtividades
50 – 45	Recomendado para situações e genótipos específicos

(*) Exigência de distribuição adequada de plantas

Fonte: Fancelli, 2013

e crescimento e (5) da adequada distribuição espacial de plantas na área, em conformidade com as suas características genotípicas.

No Brasil, rendimentos elevados têm sido alcançados com o uso de 60.000 a 85.000 plantas/ha, adotando-se espaçamentos variáveis entre 45 e 90 cm (ideal: 55 a 60 cm), apresentando 2,5 a 4,5 plantas por metro linear, devidamente arranjadas, de forma a minimizar as relações de competição por fatores de produção (Tabela 1). Cumpre ressaltar que tais recomendações se referem, normalmente, a sistemas de produção irrigados (ou sem restrição hídrica), mantidos sob contínua vigilância e orientação técnica.

A mudança de espaçamento entrelinhas de 90 cm para 70 cm pode contribuir para ganhos de produtividade médios de 8% a 12%. Todavia, ganhos mais restritos de produtividade (de 3% a 5%) podem ser alcançados com a utilização de espaçamentos entre 50 e 60 cm. O uso de espaçamentos mais reduzidos exige maior controle de qualidade da operação de semeadura, de forma a garantir a melhor distribuição espacial possível de plantas, bem como maior atenção na etapa de colheita.

Como norma geral, Fancelli (2013) afirma que, na ausência de restrição de fatores de produção, o ganho de produtividade se dá em função do aumento da população de plantas, que, por sua vez, depende da qualidade do colmo, do vigor das sementes e da escolha criteriosa do genótipo. Por outro lado, em meio a restrições dos fatores de produção, os ganhos de produtividade serão dependentes da distribuição espacial de plantas que, por sua vez, pode ser influenciada, principalmente, pela qualidade da operação da semeadura. Atualmente, em decorrência dos genótipos disponíveis no mercado (arquitetura foliar e qualidade de colmo) e das limitações do ambiente de produção (altitude e latitude), a faixa de espaçamento responsável pelos maiores índices de produtividade corresponde a 55 e 70 cm de entrelinha.

O uso de populações superiores a 70.000 plantas/ha, no momento da colheita (estande final), conforme relatado por Fancelli (2013), pode implicar nas seguintes manifestações:

a) maior grau de estiolamento de plantas, maior taxa de competição intraespecífica e menor taxa de deposição de lignina e celulose no colmo (implicando maior quantidade de N e K, cuja relação N:K, não deverá ultrapassar o valor 1,5);
b) maior necessidade e disponibilidade de fósforo, enxofre e cobre, ao longo do ciclo, visando ao maior aproveitamento efetivo de nitrogênio, redução da incidência de doenças e manutenção do valor nutritivo dos grãos;
c) redução da atividade da nitrato redutase (implicando maior necessidade do fornecimento de Mo) e da nitrito redutase (implicando maior necessidade de Mn);
d) aumento da esterilidade feminina e alteração do sincronismo pendão-espiga (implicando maior necessidade de B e Ca);menor eficiência na partição de fotoassimilados (implicando balanço adequado entre auxina, giberelina e citocinina).

A espécie *Zea mays* é considerada como uma das mais bem dotadas, sob a ótica fisiológica, bem como de elevada capacidade produtiva. Todavia, a manifestação destes atributos depende das condições presentes no ambiente de produção. Por esta razão, o conhecimento da fisiologia da planta, o respeito às exigências edafoclimáticas da espécie, a visão sistêmica da atividade, aliados ao estabelecimento de estratégias de manejo racionais e eficientes, assumem caráter imperioso na garantia de rendimentos lucrativos e sustentáveis.

***Antonio Luiz Fancelli** é engenheiro agrônomo, mestre, doutor e docente do Departamento de Produção Vegetal da USP/ESALQ (fancelli@usp.br).*

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, F. H.; UHART, S.; ARGUISSAIN, G. *Rendimento potencial de maiz en Balcarce: analisis de los fatores que lo determinan*. Balcarce: Instituto Nacional de Tecnologia Agropecuária, 1991. 11 p. (Instituto Nacional de Tecnologia Agropecuária. Boletín Técnico, 101).

DURÃES, F. O. M.; MAGALHÃES, P. C.; OLIVEIRA, A. C.; FANCELLI, A. L.; COSTA, J. D. Partição de fitomassa e limitações de rendimento de milho (*Zea mays* L.) relacionados com a fonte-dreno. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FISIOLOGIA VEGETAL, 4., 1993, Fortaleza. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, São Carlos, v. 5, n. 1, p. 1-120, 1993.

FANCELLI, A. L. *Milho*: Estratégias de manejo. Piracicaba: USP/ESALQ/LPV, 2013. 180 p.TAIZ, L.; ZEIGER E. *Fisiologia Vegetal*. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2012. 738 p.

Vantagens

Maior interação com ambiente eleva uso de cultivar transgênico no Brasil

Pedro Patric Pinho Morais e Aluízio Borém*

FREEIMAGES / ALISTAIR WILLIAMSON

Adoção cultivares transgênicas, no Brasil, alcançou, em 2012/13, taxa de 77,7% (12,4 milhões de hectares), com crescimento de 3,7% em 2013/14

Desde 2007, ano no qual foi aprovado o primeiro "evento" de milho transgênico no Brasil, o uso de cultivares com incorporação desta tecnologia vem aumentando significativamente. A adoção de cultivares transgênicas, no Brasil, era de apenas 1,2% (170 mil hectares) da área total plantada, na safra de 2008/09; em 2012/13, esta taxa foi de 77,7% (12,4 milhões de hectares), com crescimento de 3,7% em 2013/14 (Céleres, 2013). Esta rápida adoção está fundamentada em certas vantagens, sendo as econômicas as principais.

Com as cultivares transgênicas, o aumento dos custos com sementes são compensados com reduções nos custos com aplicação dos insumos (herbicidas e

inseticidas). E quando há possibilidade de redução de perdas causadas por pragas, os retornos financeiros ainda são maiores, reforçando a viabilidade econômica do uso da tecnologia (Duarte et al., 2009). Dessa forma, é importante enfatizar que o uso de cultivares transgênicas de milho não aumenta a produtividade (elas possuem potencial genético igual ao de um mesmo híbrido sem o transgene); o que muda é sua interação com o ambiente, evitando perdas causadas por efeitos bióticos a campo e, mais recentemente, abióticos.

TOLERÂNCIA A HERBICIDAS

Há, no mercado brasileiro, três opções de cultivares tolerantes a herbicidas: (1) cultivares oriundas de eventos tolerantes a glufosinato de amônio; (2) cultivares oriundas de eventos tolerantes a glifosato; (3) cultivares oriundas da combinação de eventos tolerantes a glufosinato de amônio e glifosato. Estas três opções estão listadas na Tabela 1. O uso destes cultivares tende a trazer vantagens aos produtores que os adotam, quais sejam: (1) baixa ou ausência de fitotoxicidade aos herbicidas (Figura 1); (2) facilidade para superar problemas de manejo de plantas daninhas; (3) facilidade para a adoção de técnicas de manejo integrado ou para continuidade do manejo, quando o controle cultural ou mecânico não são eficientes; (4) aumento nas opções de manejo de plantas daninhas; (5) economia para os produtores, visto que as culturas tolerantes diminuem os prejuízos causados pela deriva de herbicidas e pelos herbicidas persistentes no solo, quando há rotação de culturas, além da possibilidade de controle das plantas daninhas botanicamente relacionadas à cultura; (6) maior segurança ao ambiente, devido ao menor número de herbicidas usados em campo (Figura 1).

PLANTAS DANINHAS RESISTENTES

Antes que as falhas de controle apareçam no campo, algumas práticas de manejo podem ser implantadas, com a intenção de minimizar os riscos de surgimento de plantas resistentes, objetivando a diminuição da pressão de seleção e o controle dos indivíduos resistentes antes que possam se multiplicar. São elas: (1) rotação no uso de herbicidas com diferentes mecanismos de ação; (2) aplicações sequenciais de herbicidas com diferentes mecanismos de ação; (3) mistura de herbicidas com diferentes mecanismos de ação e de detoxificação; (4) limitação das aplicações de um mesmo herbicida; (5) uso de herbicidas com menor pres-

TABELA 1. DESCRIÇÃO DAS CULTIVARES TRANSGÊNICOS DE MILHO APROVADOS PELA CTNBIO, PARA COMERCIALIZAÇÃO NO BRASIL, ENTRE 2007 E 2015.

NOME COMERCIAL	EVENTO/ANO	CARACTERÍSTICA	NOME COMERCIAL	EVENTO/ANO	CARACTERÍSTICA
Milho Liberty Link (Bayer)	T25/2007	TG*	Agrisure Viptera 3 (Syngenta)	BT11 x MIR162 x GA21/2010	RI, TG, TGA
YieldGard (Monsanto)	MON 810/2007	RI*	MON 88017 (Monsanto)	MON 88017/2010	RC, TG
Agrisure TL (Syngenta)	BT 11/2007	RI, TGA*	Power Core PW/Dow (Monsanto / Dow Agro.)	MON 89034 × TC1507 × NK603/2010	RI, TG, TGA
RR2 (Monsanto)	NK603/2008	G	TC1507 x MON 8010 x NK603 (Du Pont)	TC1507 x MON 8010 x NK603/2011	RI, TG, TGA
TG (Syngenta)	GA21/2008	TG	TC1507 x MON810 (Du Pont)	TC1507 x MON810/2011	RI, TGA
Herculex (Du Pont / Dow Agro.)	TC1507/2008	RI, TGA	YieldGard VT PRO 3 (Monsanto)	MON 89034 x MON 88017/2011	RI, RC, TG
Agrisure Viptera (Syngenta)	MIR162/2009	RI	Herculex XTRA Maize (Du Pont)	TC1507 x DAS-59122-7/2013	RI, RC, TG
YieldGard/RR2 (Monsanto)	MON 810 x NK 603/2009	RI, TG	Agrisure Viptera 4 (Syngenta)	Bt11 x MIR162 x MIR604 x GA21/2014	RI, RC, TG, TGA
Agrisure TL/TG (Syngenta)	BT11 x GA21/ 2009	RI, TG	Agrisure RW (Syngenta)	MIR604/2014	RC
YieldGard VT PRO (Monsanto)	MON 89034/2009	RI	Enlist Maize (DowAgro.)	DAS40278/2015	TD*
Herculex/RR2 (Du Pont)	TC 1507 x NK 603/2009	RI, TG, TGA	SN* (Monsanto)	NK603x T25/2015	TG, TGA
YieldGard VT PRO 2 (Monsanto)	MON 89034 x NK 603/2010	RI, TG	SN (Du Pont)	TC1507 x MON810 x MIR162 x NK603/2015	RI, TG, TGA

**Resistência a insetos-praga (Lepdópteros): RI; resistência a insetos-praga (Coleópteros): RC; tolerante ao glifosato: TG; tolerante ao glufosinato de amônio: TGA; tolerante ao 2,4-D: TD; SN: nome comercial não disponível. Fonte: Adaptado de Morais e Borém, 2015*

FIGURA 1. CULTIVARES DE MILHO RR E CONVENCIONAL, APÓS 15 DIAS DE APLICAÇÃO DE HERBICIDA À BASE DE GLIFOSATO

Fonte: Laboratório de Melhoramento de Plantas Alógamas USP/ESALQ, 2014

são de seleção; (6) rotação do plantio de culturas; (7) rotação dos métodos de controle de plantas daninhas; (8) uso de sementes certificadas; (9) controle de plantas em áreas adjacentes (terraços, pós-colheita).

Concomitantemente a essas práticas, o uso de cultivares com eventos piramidados (*stacking*) (CP4-EPSPS + PAT), que expressam duas proteínas distintas para tolerância a herbicidas, viabilizará o emprego de produtos com diferentes mecanismos de ação, resultando em um controle eficiente e por maior número de anos do que se estas mesmas iniciativas fossem tomadas isoladamente – já que a probabilidade de uma planta daninha se tornar resistente a ambos os mecanismos, simultaneamente, é menor.

RESISTÊNCIA A INSETOS-PRAGAS

No Brasil, o primeiro evento aprovado para o desenvolvimento de cultivares de milho resistentes a insetos-praga deu-se em 2007 – evento MON 810, da Monsanto (YieldGard). Além deste, outros 14 eventos foram aprovados, posteriormente, até o ano de 2013 (Tabela 1). As cultivares oriundas destes eventos expressam proteínas Bt e/ou proteínas VIPs, importantes para o controle de pragas como a lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*) (Figura 2), a lagarta-da-espiga (*Helicoverpa zea*), a broca-da-cana (*Diatraea saccharalis*) e alguns coleópteros, como a vaquinha (*Diabrotica speciosa*) e o *western corn rootworm* (*Diabrotica virgifera*).

Outra praga que vem preocupando os agricultores e pesquisadores é a *Helicoverpa armigera*, que possui grande mobilidade, polifagia e alta taxa de reprodução. O uso da cultivar Bt pode trazer bons resultados, principalmente se for com dois ou mais eventos piramidados, pois já foi verificado que as proteínas Cry1Ab, Cry1Ac, Cry2Aa e Cry2Ab controlam *H. armigera* em ínstares iniciais (Liao et al., 2002). Além disso, o emprego de outros métodos integrados de controle é primordial, a exemplo do uso do controle biológico e/ou químico, por meio de inseticidas recomendados ou adotados de forma emergencial, como é o caso dos produtos à base de benzoato de emamectina (em áreas com cultivar não Bt).

MANEJO DE INSETOS-PRAGA RESISTENTES

Monitoramento – Conforme estabelecido pela CTNBio, qualquer organismo geneticamente modificado requer um monitoramento pós-liberação comercial. No caso das plantas transgênicas, o monitoramento deve estar focado na "quebra" da resistência e, se possível, na frequência dos alelos de resistência nas populações de insetos-praga. Sendo essa uma das chaves do sucesso no uso de cultivares transgênicos com ação inseticida – e uma das tarefas mais difíceis para os pesquisadores.

Alta dose – Entenda-se como portadora de "alta dose" a planta que expressa a proteína inseticida em concentração de, pelo menos, 25 vezes necessária para matar 99% de uma população suscetível de referência. A alta expressão da proteína inseticida torna ineficaz qualquer mecanismo que confere, ao inseto, níveis de resistência baixos ou moderados. Esta característica é da cultivar, determinada pelo seu obtentor.

Refúgio – Compreende a área onde determinada parcela da população (de inseto-praga) não é exposta à pressão de seleção. No Brasil, a recomendação técnica da área de refúgio, para milho Bt, varia de 5% a 20% da área total (Figura 3). Esta recomendação é influenciada, especialmente, pela eficácia da proteína utilizada, sobretudo se a cultivar possuir eventos piramidados. As empresas estão adotando a alternativa do "refúgio no saco", que já traz adicionada na embalagem a proporção necessária de sementes não transgênicas, facilitando o manejo e maximizando o tempo necessário para a operação de plantio. Outros detalhes importantes a serem vistos são: (1) a área de refúgio não deve estar a mais de 800 m de distância das cultivares transgênicas (distância máxima verificada pela dispersão dos adultos de *S. frugiperda*); (2) *não se recomenda*, nestas áreas, a aplicação de inseticidas à base de Bt, ou mesmo de iscas tóxicas, para controle de mariposas, o que implica na seleção de insetos

RODRIGO ALMEIDA

Cultivares transgênicas aumentam custos com sementes, mas reduzem custos com aplicação dos insumos (herbicidas e inseticidas)

resistentes e com menor efetividade da tecnologia ao longo de tempo; (3) o milho convencional usado pode ser a mesma cultivar sem o transgene ou, então, uma cultivar com características agronômicas similares ao transgênico usado.

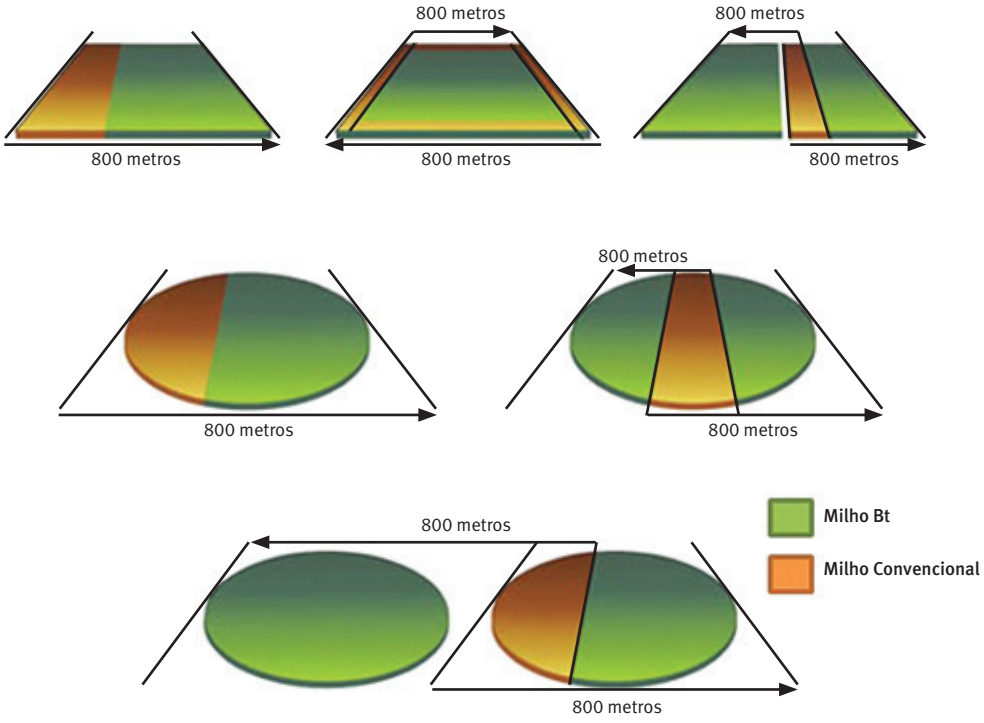
Piramidação de genes Bt (*stacking*) – A primeira geração de cultivares Bt foi composta por plantas que expressavam uma única proteína. Já a segunda geração consistiu de cultivares que expressavam duas ou mais proteínas com ações inseticidas. Esta piramidação (ou *stacking*) dos genes é particularmente importante, porque permite a expressão de distintos mecanismos de resistência contra os insetos-praga, resultando em resistência mais eficaz e duradoura.

Baixa dose/MIP (controle biológico) – Estratégia que pode ser usada quando existe baixa dose da proteína Bt,

FIGURA 2. CULTIVARES DE MILHO BT E CONVENCIONAL (COM ATAQUE DE *SPODOPTERA FRUGIPERDA*)

** Estádio fenológico de seis folhas completamente expandidas (V6).*
Fonte: Laboratório de Melhoramento de Plantas Alógamas USP/ESALQ, 2014

FIGURA 3. DISPOSIÇÃO ESQUEMÁTICA DE ÁREAS DE REFÚGIO, EM LAVOURAS TRADICIONAIS E EM PIVÔ CENTRAL



Fonte: Agroceres, 2013

como ocorre nos casos das cultivares de milho que expressam a proteína Cry1Ab, para o controle de *S. frugiperda*. Adicionando a isto, usa-se o manejo integrado de pragas (MIP), podendo-se empregar o controle biológico, bem como uma maior área de refúgio em relação a uma cultivar que expresse a proteína em alta dose para o inseto-praga.

Rotação de culturas – Deve ser feita com culturas que expressam diferentes proteínas Bt; ou, então, com culturas não Bt, podendo ser da mesma espécie ou de espécies diferentes; ou seja, com espécies hospedeiras ou não hospedeiras dos insetos-praga.

Coexistência – Em áreas vizinhas do milho transgênico e convencional, é exigida por lei a adoção de normas de coexistência (Resolução Normativa nº 4 da CTNBio).

***Pedro Patric Pinho Morais** é engenheiro agrônomo, mestre, doutorando na Universidade Federal de Viçosa (UFV) e integrante do corpo de pesquisa do Laboratório de Melhoramento de Plantas Alógamas ESALQ/USP (pedro.morais@ufv.br). **Aluízio Borém** é engenheiro agrônomo, mestre, doutor e professor da Universidade Federal de Viçosa (UFV) (borem@ufv.br).*

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BORÉM, A.; ALMEIDA, G. *Plantas Geneticamente Modificadas*: desafios e oportunidades para regiões tropicais. Visconde do Rio Branco: Suprema, 2011. 390 p.

CÉLERES. Primeiro acompanhamento de adoção da biotecnologia agrícola no Brasil, safra 2013/14. Uberlândia, MG, ago. 2013. (1º Informativo biotecnologia).

DUARTE, J. O.; GARCIA, J. C.; CRUZ, J. C. *Aspectos econômicos da produção de milho transgênico*. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2009. 15 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular técnica 127).

LIAO, C. Y., HECKEL, D. G., AKHURST, R. Toxicity of *Bacillus thuringiensis* insecticidal proteins for *Helicoverpa armigera* and *Helicoverpa punctigera* (Lepidoptera: Noctuidae), major pests of cotton. *Journal of Invertebrate Pathology*, v. 80, n. 1, p. 55–63, maio 2002.

MORAIS, P.P.P.; BORÉM, A. 2015. Cultivares transgênicos. In: Borém, A., Galvão, J.C.C. e Pimentel, M.A. (eds). Milho: do Plantio à Colheita. Viçosa: Editora UFV. pp. 154-177.

Monitoramento

Irrigação deve maximizar eficiência no uso da água para garantir produtividade

Durval Dourado Neto, Quirijn de Jong van Lier,
Klaus Reichardt e Marco Antonio Tavares Rodrigues*

RODRIGO ALMEIDA

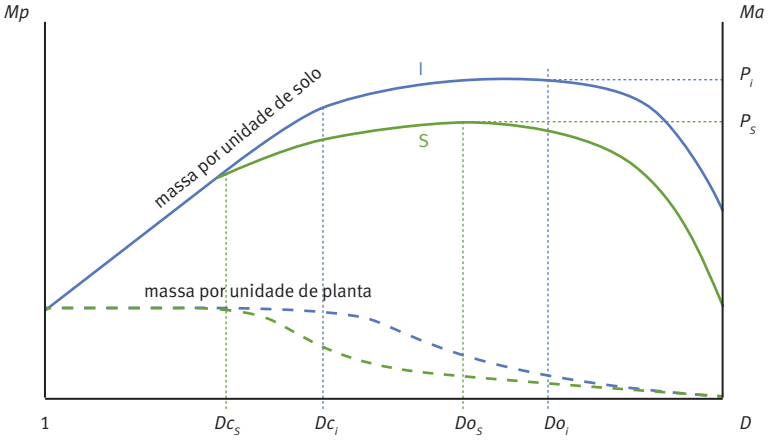
Independentemente do ambiente de produção e tecnologia utilizada, manejo da água é fundamental para otimização dos recursos naturais e absorção de nutrientes

A cultura de milho é explorada nos mais diversos ambientes– são cerca de 170 milhões de ha, no mundo –, estando cerca de 95% da sua produção nos seguintes países: Estados Unidos (principal produtor), China (principal consumidor), Brasil (terceiro produtor), Argentina, Índia, Indonésia, Ucrânia, México (país de origem do milho), França, África do Sul, Nigéria, Etiópia, Canadá, Tanzânia, Filipinas, Paquistão, Quênia, Malavi, Romênia e Zâmbia, segundo a Food and Agriculture Organization (FAO/ONU) (Allen, Pereira, Raes e Smith, 1998). Estima-se que a área irrigada internacional pode ter atingido 270 milhões de ha (cerca de 2% no Brasil) e que a irrigável é de aproximadamente 295 milhões de ha (cerca de 10% no Brasil) (Allen, Pereira, Raes e Smith, 1998). E, ainda, que a área semeada de milho no Brasil, nas safras de inverno (5%) (agricultura irrigada), verão (primeira safra) (38%) e outono (segunda safra) (57%) tenha sido de quase 16 milhões de ha na safra 2013/14 (Allen, Pereira, Raes e Smith, 1998).

A produtividade do milho depende de uma série de fatores: em primeiro lugar, a adequação do genótipo, sendo que o híbrido simples apresenta o melhor desempenho. Em segundo lugar, menciona-se o ambiente físico de produção, incluindo os fatores que, juntamente com o genótipo, definem a taxa de assimilação de CO_2 e a produtividade potencial, quais sejam: a disponibilidade de radiação fotossinteticamente ativa, fotoperíodo, temperatura e teor de dióxido de carbono na atmosfera. A produtividade real, na prática, é menor do que a potencial, devido a fatores como: indisponibilidade de nutrientes e água, definição da densidade de população das plantas (Figura 1), e a presença de fatores bióticos deplecionadores de produtividade (plantas daninhas, doenças e pragas).

Independentemente do ambiente de produção e da tecnologia utilizada, o manejo da água é fundamental tanto para a otimização dos recursos naturais (a absorção de todos nutrientes está relacionada à água), quanto dos insumos, nos quais o carbono, o oxigênio e o hidrogênio representam cerca de 96% da massa de matéria seca e mais de 99% da massa da matéria fresca da planta de milho. Carbono, oxigênio e hidrogênio são oriundos da água (do solo) e do dióxido de carbono (da atmosfera), pelo processo da fotossíntese.

FIGURA 1. MASSA POR UNIDADE DE PLANTA (M_P, KG PLANTA^{-1}) E POR UNIDADE DE ÁREA (M_A, KG HA^{-1}), EM FUNÇÃO DA DENSIDADE DE POPULAÇÃO (D, PLANTAS HA^{-1})



** Mostra a definição da densidade crítica e ótima para agricultura de sequeiro (S) (Dc_s e Do_s) e para agricultura irrigada (I) (Dc_i e Do_i), e a densidade ótima corresponde à produtividade máxima (P_i e P_s)*

Fonte: Dourado Neto et al, 2015

FENOLOGIA

O conhecimento dos estádios fenológicos da cultura de milho é de fundamental importância para seu manejo, especialmente no que diz respeito ao uso consuntivo de água, que afeta o manejo da irrigação. A fase mais sensível ao estresse (abiótico – falta ou excesso de água e/ou alta ou baixa temperatura – ou biótico) ocorre durante o pré-florescimento e o pós-florescimento, porque coincide a máxima evapotranspiração (quando ocorre o máximo índice de área foliar) com a máxima sensibilidade à falta de água, devido à inversão do dreno fisiológico de forma abrupta (na partição de carbono, os órgãos raiz, folha e colmo deixam de ser fortes drenos fisiológicos no final da fase vegetativa; já os órgãos reprodutivos passam a ser fortes drenos fisiológicos no início da fase reprodutiva).

CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-HÍDRICA

Alguns parâmetros físico-hídricos do solo são importantes para o entendimento do manejo da irrigação. Tem-se o conteúdo de água do solo (também denominado umidade ou teor de água), que pode ser expresso à base de massa (u, kg kg^{-1}) e, neste caso, é dado pela massa de água (m_w, kg), dividida pela massa do solo seco (m_s, kg). Alternativamente, o conteúdo de água no solo pode ser expresso à base de volume (θ, m^3 m^{-3}), sendo, nesse caso, o volume de água do solo (V_w, m^3) normalmente determinado por meio de sua massa, dividido pelo volume de solo (V, m^3), tomado como o volume do anel coletor quando se trata de uma determinação direta, por amos-

FREEIMAGES / LOTUS HEAD

Manejo da irrigação pode ser feito com base na observação do estado hídrico do solo, ou, alternativamente, pela estimativa da evapotranspiração potencial da cultura

TABELA 1. EQUAÇÕES PARA CÁLCULO DO COEFICIENTE DE CULTURA (*Kc*), NAS DIFERENTES FASES FENOLÓGICAS DA CULTURA DO MILHO*

FASE	TEMPO APÓS SEMEADURA (d)	COEFICIENTE DE CULTURA (*Kc*)
A	$0 \le t < 15$	$Kc_i = Kc_A$
A/B	$15 \le t < 45$	$Kc_i = Kc_B - \frac{(Kc_B - Kc_A)}{30}(45 - t)$
B	$45 \le t < 60$	$Kc_i - Kc_B$
B/C	$60 \le t < 90$	$Kc_i = Kc_C - \frac{(Kc_C - Kc_B)}{30}(90 - t)$
C	$90 \le t \le 120$	$Kc_i = Kc_C$
A	Período de estabelecimento da cultura de milho, que inicia na semeadura	
B	Período de florescimento da cultura de milho (máxima evapotranspiração potencial da cultura – ETc – e máxima sensibilidade à deficiência hídrica – DH)	
C	Período de secagem do grão no campo, que se inicia no ponto de maturidade fisiológica e termina na colheita	

** Fases A, A/B, B, B/C e C, fases fenológicas entre os instantes t_0 e t_1, t_1 e t_2, t_2 e t_3, t_3 e t_4, t_4 e t_5 – tempo após a semeadura, respectivamente*

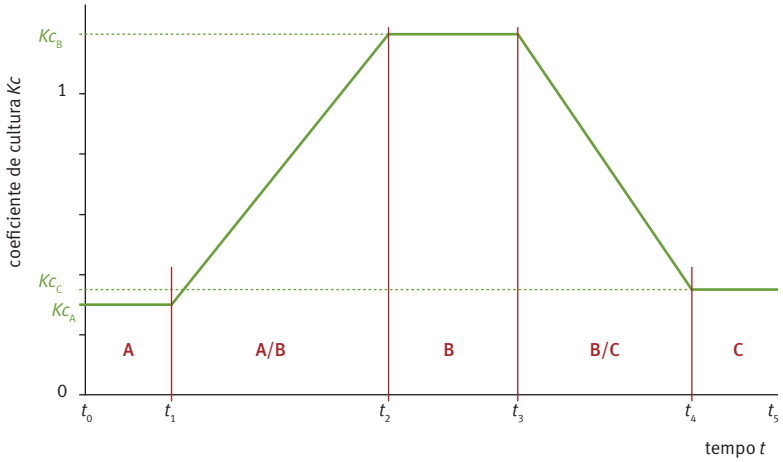
Fonte: Allen, Pereira, Raes e Smith, 1998

tragem. O volume total de poros no solo V_p é igual à soma do volume de água V_w e o volume de ar V_a. A relação entre esses volumes é de importância, na irrigação, uma vez que promove um aumento de V_w e, consequentemente, diminuição do volume de ar V_a.

A porosidade total do solo (P, $m^3\ m^{-3}$) pode ser calculada em função da massa específica do solo (ρ, $kg\ m^{-3}$) e dos sólidos do solo (ρ_s, $kg\ m^{-3}$) pela expressão $P = (1 - \rho / \rho_s)$. P equivale ao conteúdo de água no solo na saturação θ_s ($m^3\ m^{-3}$) quando todos os poros estão cheios de água. Para o manejo da irrigação, os conceitos de capacidade de campo CC (θ_{cc}, $m^3\ m^{-3}$) e ponto de murcha permanente PMP (θ_{pmp}, $m^3\ m^{-3}$) são fundamentais. Representam, respectivamente, os limites superior e inferior da água disponível às plantas, definindo a capacidade de água disponível (CAD, $m^3\ m^{-3}$).

$$CAD = 10\ (\theta_{cc} - \theta_{pmp})\ Z_e\ , \qquad \textbf{(1)}$$

FIGURA 2. FUNÇÃO LINEAR EM TRECHO UTILIZADO PARA DESCREVER O COEFICIENTE DE CULTURA (*Kc*), NAS DIFERENTES FASES FENOLÓGICAS DA CULTURA DE MILHO*



** A, A/B, B, B/C e C – fases fenológicas definidas em função dos tempos t0 (0 dias = semeadura), t_1 (15 dias), t_2 (45 dias), t_3 (60 dias), t_4 (90 dias) e t_5 (120 dias)*

Fonte: Allen, Pereira, Raes e Smith, 1998

em que Z_e é a profundidade (cm) efetiva do sistema radicular; o fator 10 representa a conversão entre as unidades mm e cm. Z_e é definida como a profundidade do solo que, considerando todas as raízes presentes entre a superfície e Z_e, contribui com 90% da evapotranspiração potencial da cultura durante o período após o florescimento, em que coincide a máxima demanda por água com a máxima sensibilidade à deficiência hídrica. A determinação pode ser feita medindo a evapotranspiração do milho, no estádio citado e em condições ótimas de água no solo.

Presume-se que a água entre θ_s e θ_{cc} é perdida por drenagem e que valores de θ menores que θ_{pmp} representam a água não extraível pelas plantas. Na prática da agricultura irrigada, é comum considerar a CC correspondente a um determinado potencial matricial, e valores de potencial de –1/3 atm (–330 cm ou –33,3 kPa), 0,1 atm (–100 cm ou –10 kPa) e –0,06 atm (–60 cm ou –6 kPa) são os mais comuns; e, para o PMP, um único valor de –15 atm (–15000 cm, ou –1500 kPa) é geralmente adotado.

POTENCIAL MATRICIAL DE ÁGUA

O potencial matricial de água no solo (*h*; atm, m ou kPa) representa a diferença de energia da água entre os estados-padrão (o solo saturado com água, todos seus poros preenchidos com água, cujo valor é tomado igual a zero) e o estado considerado (o solo num determinado conteúdo de água, não saturado, poros preenchidos com ar e com água, com valores negativos de *h*). A relação entre *h* (geralmente tomado em módulo) e θ (mas também podendo ser *u*) é denominada de curva de retenção de água no solo; às vezes, é chamada também de curva característica. A construção experimental da curva de retenção de água no solo é feita em laboratório (utilizando amostras deformadas no caso de θ ou indeformadas de solo no caso de *u*).

EVAPOTRANSPIRAÇÃO

Convencionou-se designar "transpiração" o processo de vaporização da água presente em seres vivos (plantas ou animais), e "evaporação" os demais processos de vaporização inanimada, como os da superfície dos solos ou de uma superfície de corpo hídrico para a atmosfera. Evapotranspiração é o termo utilizado para designar as vaporizações conjuntas, evaporação e transpiração, no sistema solo-planta-atmosfera. A evapotranspiração potencial de referência (ETo, mm d^{-1}) refere-se às perdas de água quando se trata da grama batatais (*Paspalum notatum*) sem falta de água, que pode ser estimada por diferentes métodos – sendo o proposto por Penman-Monteith o mais recomendado. Outras equações alternativas, especialmente interessantes quando não se dispõe de todos os dados necessários à equação 3, são as de Thornthwaite, Priestley e Taylor e Hargreaves (Pereira, Villa Nova e Sediyama, 1997).

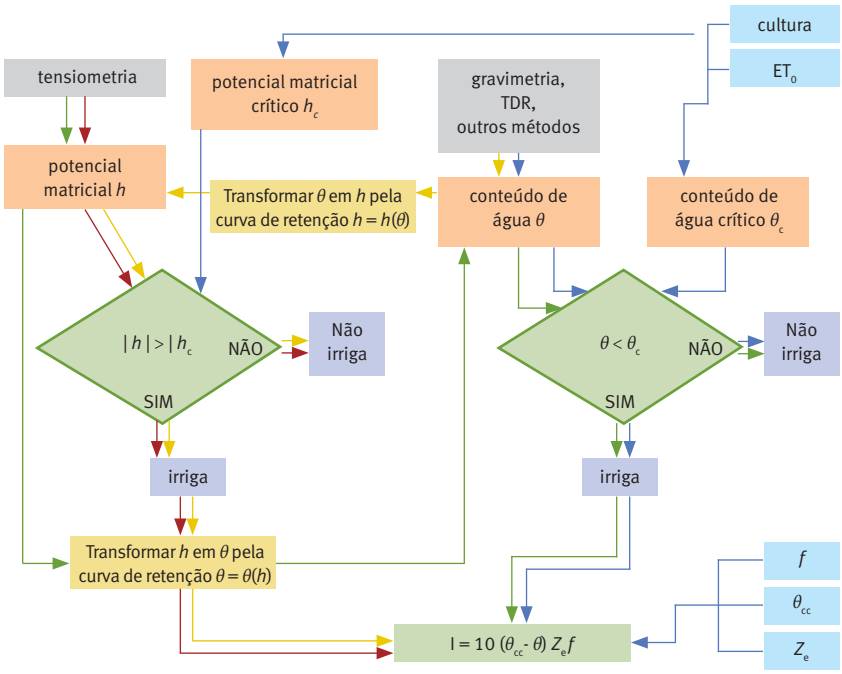
A evapotranspiração potencial de uma cultura (ETc, mm d^{-1}) é análoga à evapotranspiração potencial de referência, porém, em lugar da grama, tem-se a cultura de interesse – no caso, o milho – estimada por:

$$ETc = Kc\ ETo \qquad (2)$$

Nesta equação, o fator de proporcionalidade *Kc* é chamado de coeficiente de cultura. *Kc* varia em função do tempo referente ao ciclo da cultura de milho e, conforme proposta da FAO (Allen, Pereira, Raes e Smith, 1998), pode ser calculado com as equações lineares apresentadas na Tabela 1. Para a cultura de milho, adotam-se os valores $Kc_A = 0,3$; $Kc_B = 1,2$ e $Kc_C = 0,35$ (para milho em grão colhido a 18% de umidade) ou $Kc_C = 0,60$ (para grão colhido com alta umidade). A Figura 2 representa, graficamente, o *Kc* para milho colhido, a 18% de umidade, ao longo do ciclo.

A evapotranspiração real (ETr, mm d^{-1}) da cultura de milho pode ser igual à ETc em condições ótimas ($\theta_c < \theta \leq \theta_{cc}$). Em condições hídricas adversas ($\theta_{pmp} \leq \theta \leq \theta_c$), a ETr é reduzida. Ocorrendo falta de água no solo próximo às raízes, a resistência estomática da planta é aumentada pelo fechamento de estômatos, reduzindo a

FIGURA 3. FLUXOGRAMA DO MANEJO NA CULTURA DO MILHO



** Com base na tensiometria por potencial (setas vermelhas); por conteúdo de água crítico (setas verdes); com base na determinação do conteúdo de água no solo por potencial (setas amarelas); com base no conteúdo de água crítico (setas azuis). θ_{cc} é a capacidade de campo, Z_e é a profundidade efetiva do sistema radicular, f é o fator de déficit sem deficiência hídrica, h é o potencial matricial, θ é a umidade atual, θ_c e h_c são os conteúdos de água e potencial matricial críticos, respectivamente, e I é a lâmina líquida de irrigação*

Fonte: Dourado Neto et al, 2015

transpiração. Em consequência, aumenta também a resistência ao fluxo de gás carbônico, bem como a absorção de água e nutrientes pelas raízes. Nestas condições, as taxas fotossintéticas e respiratórias não se realizam em valores máximos e a quantidade de água disponível à planta torna-se fator limitante ao seu crescimento.

Definem-se valores críticos θ_c e h_c como valores limítrofes entre a fase de taxa de transpiração máxima (na qual ETr = ETc e $\theta_c\ \theta \leq \theta\theta \leq \theta_{cc}$ ou $h \geq h_c$) e a fase de transpiração decrescente (quando ETr < ETc, porque $\theta < \theta_c$ ou $h < h_c$) por falta de água no solo. Valores críticos de θ_c podem ser encontrados, por exemplo, utilizando a metodologia proposta por Doorenbos e Kassam, em 1986 (Allen, Pereira, Raes e Smith, 1998), conforme:

$$\theta_c = \theta_{pmp} + (\theta_{cc} - \theta_{pmp})\ (1\text{-}p) \qquad (3)$$

Nesta equação, o parâmetro p é chamado de fator de depleção, representando a fração da capacidade de água disponível que pode ser consumida pela cultura sem haver redução da transpiração por estresse hídrico. O valor de p é tabelado em função da sensibilidade da cultura à seca. Considera-se que a cultura de milho pertence ao grupo de culturas de alta resistência à seca, para qual o valor de p é calculado conforme:

$$p = 0{,}875 - 0{,}075\ (ETc_{;;} - 2),\ \text{se } \mathcal{E}Tc \text{ está entre 1 e 3 mm d}^{-1}$$

$$p = 0{,}8 - 0{,}1\ (ETc_{;;} - 3),\ \text{se } \mathcal{E}Tc \text{ está entre 3 e 5 mm d}^{-1} \qquad (4)$$

$$p = 0{,}6 - 0{,}05\ (ETc_{;;} - 5),\ \text{se } \mathcal{E}Tc \text{ está entre 5 e 8 mm d}^{-1}$$

$$p = 0{,}45 - 0{,}025\ (ETc_{;;} - 8),\ \text{se } \mathcal{E}Tc \text{ está entre 8 e 10 mm d}^{-1}$$

Alternativamente, valores do potencial crítico (h_c) foram tabelados para diversas culturas. Para a cultura de milho, recomenda-se o valor de h_c = –500 cm, durante o período vegetativo, e hc = –8000 cm (sob alta demanda atmosférica, ETc = 5 mm d^{-1}) e h_c = –12000 cm (sob baixa demanda atmosférica, ETc = 1 mm d^{-1}), durante a fase de maturação fisiológica.

MANEJO DA IRRIGAÇÃO

O manejo da irrigação pode ser feito com base na observação do estado hídrico do solo, ou, alternativamente, pela estimativa da evapotranspiração potencial da cultura ($\mathcal{E}Tc$). No primeiro caso, mede-se θ ou u (ou, ainda, h) comparando-os com o valor crítico, estimado pelas equações 3 e 4. A medição deve ser feita com frequência diária, com um mínimo de três repetições e na profundidade efetiva da cultura de milho, que deve ser medida no campo. Um conteúdo de água inferior ou próximo ao θ_c (ou um potencial matricial mais negativo que o h_c) indica a necessidade de irrigar. Diversos tipos de sensores podem ser utilizados para monitorar θ ou h. Os instrumentos mais comuns são os tensiômetros (medem o potencial matricial da água, podendo ser utilizado diretamente ou ser convertido para conteúdo de água, por meio da curva de retenção) e os sensores de capacitância (medem propriedades elétricas do meio, com boa correlação ao conteúdo de água).

A Figura 3 mostra um fluxograma do manejo da irrigação, com base na ten-

siometria, para determinar o conteúdo de água no solo, utilizando o conteúdo de água crítico ou o potencial matricial crítico como critérios para a irrigação. No manejo da irrigação com base na *ETc* (Figura 4), utilizam-se os valores estimados de evapotranspiração. Inicialmente, a estimativa de *ETo* pode ser feita pelas equações mencionadas ou através de evaporímetros, como o tanque Classe A, dentre outros (Pereira, Villa Nova e Sediyama, 1997). A partir da *ETo*, obtém-se a evapotranspiração potencial da cultura (*ETc*), como indicado. A partir do conteúdo de água do solo no dia anterior (θ_p) e da *ETc*, estima-se θ pela equação:

$$\theta = \theta_p + \frac{I - ET_c}{10.Z_e}, \qquad (5)$$

Da mesma forma que no item anterior, um θ inferior a θ_c indica a necessidade de irrigar.

LÂMINA LÍQUIDA DE IRRIGAÇÃO

Para o cálculo da lâmina líquida de irrigação (I, mm), utiliza-se a equação 6, com dois fatores de correção:

TABELA 2. CENÁRIOS DAS CONDIÇÕES DE IRRIGAÇÃO POR LÂMINA LÍQUIDA

CENÁRIO	CONDIÇÃO	LÂMINA LÍQUIDA DE IRRIGAÇÃO	CONSEQUÊNCIA
1	f = 0	I = 0	Não irriga
2	0 < f < 1	$I = 10.(\theta_{cc} - \theta_a) . Z_e . f$	Irriga com lâmina reduzida pelo fator f
3	f = 1	$I = 10.(\theta_{cc} - \theta_a) . Z_e$	Irriga para chegar na CC

Fonte: Dourado Neto et al, 2015

$$I = 10 . (\theta_{cc} - \theta_a) . Z_e . f . (1 + L_R), \qquad (6)$$

em que θ_a se refere à equação 5, f a uma fração da lâmina necessária para atingir a CC, e L_R ao fator de incremento da lâmina calculada com f = 1 para lixiviação de sais. No caso de f = 1, a lâmina de irrigação aplicada elevará o conteúdo de água do solo até seu valor de capacidade de campo. O fator f define a fração da lâmina líquida de irrigação a ser reposta, para não se correr o risco de, na prática, ultrapassar a capacidade de campo e perder água por drenagem quando se irriga, com f = 1, e logo após chove. No caso hipotético de f = 0, a lâmina de irrigação seria igual a zero (quando há grande probabilidade de chover). Sendo assim, ter-se-iam os cenários apresentados na Tabela 2. O cenário 2 propicia a obtenção de maior eficiência do uso de água, pelo fato de otimizar a aeração (maior disponibilidade de oxigênio em profundidade), maximizando a profundidade efetiva do sistema radicular. Além disso, maximiza também a eficiência do uso de nutrientes, por propiciar maior volume de solo por planta, minimizando os efeitos de estresse por competição intra e interespecífica (por água e nutrientes) nas plantas. Nestes casos, sugere-se utilizar f = 0,5.

Em áreas propensas à salinização é necessário irrigar em excesso. Assim, tem-se f = 1 e calcula-se a lâmina para lixiviação de sais L_R conforme:

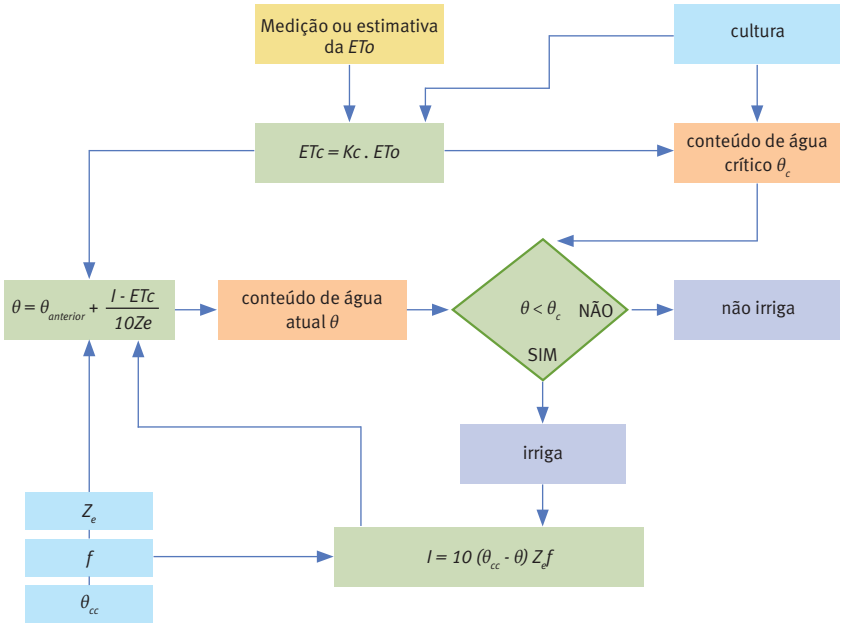
$$L_R = \frac{CEw}{CEd}, \qquad (7)$$

em que CE_w é a condutividade elétrica da água de irrigação (dS m^{-1}) e CEd, a condutividade elétrica (dS m^{-1}) da solução do solo, quando na capacidade de campo, correspondente à produtividade relativa nula (Figura 5). Através da inclinação da reta B, pode-se observar que CEd é dado por:

$$CEd = \frac{200 + 2 . F_A . F_B}{F_B}, \qquad (8)$$

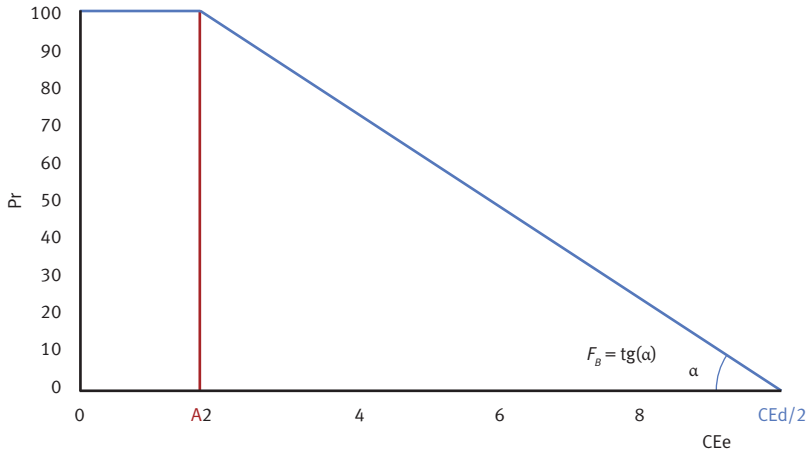
em que F_A é a condutividade elétrica limítrofe (1,7 dS m^{-1}), acima da qual inicia redução da produtividade relativa, e F_B é a taxa de perda de produtividade relativa de milho, por unidade de condutividade elétrica que excede ao valor A (12% [dS m^{-1}]$^{-1}$).

FIGURA 4. FLUXOGRAMA DO MANEJO DO MILHO, COM BASE NA EVAPOTRANSPIRAÇÃO POTENCIAL DA CULTURA



Dourado Neto et al, 2015

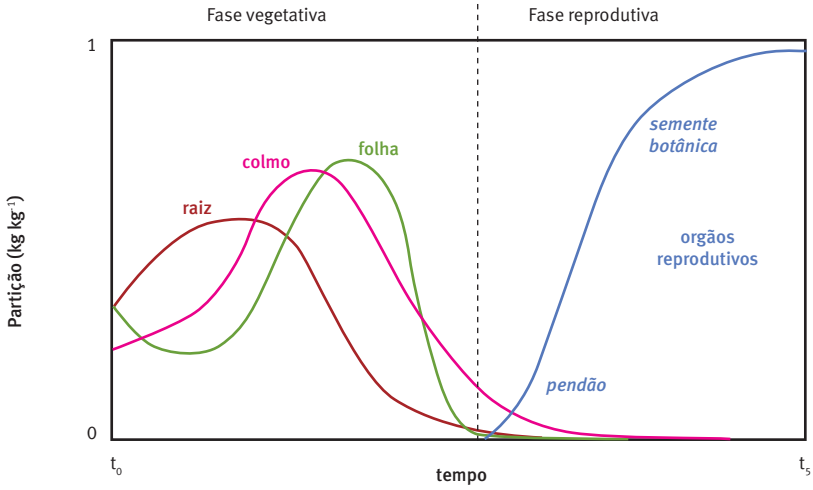
FIGURA 5. PRODUTIVIDADE RELATIVA DE MILHO EM FUNÇÃO DA CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DO EXTRATO DE SATURAÇÃO DO SOLO*



** Produtividade relativa (Pr, %) do milho (FA = 1,7 dS m^{-1}, F_B = 12% [dS m^{-1}]$^{-1}$ e CEd = 20,07 dS m^{-1} para θ_s/θ_{cc} = 2); função da condutividade elétrica do extrato de saturação do solo (CEe, dS m^{-1})*

Fonte: Bernardo, Soares e Mantovani, 2006

FIGURA 6. PARTIÇÃO DE CARBOIDRATOS DURANTE AS FASES VEGETATIVA E REPRODUTIVA DA CULTURA DE MILHO*



** kg CH_2O alocado por kg CH_2O da fotossíntese líquida*

Fonte: Dourado Neto et al, 2015

A base para se entender como manejar a água, para maximizar a profundidade efetiva do sistema radicular, é a partição dos carboidratos (Figura 6). A irrigação deve propiciar oxigenação do sistema radicular nos 2/3 iniciais da fase vegetativa. Um dos principais fatores de aumento de produtividade, na cultura de milho sob irrigação, é a utilização de alta densidade de população de plantas, próxima à máxima teórica, que depende do balanço de carboidrato na planta, índice de área foliar e interceptação de radiação. Estima-se uma densidade teórica máxima da ordem de 150.000 plantas ha^{-1}, com índice de área foliar da ordem de 4 m^2 m^{-2} e interceptação relativa de radiação de 95%. Em ambientes de produção favoráveis ao cultivo de milho, ocorrem densidades desde 85.000 (Argentina) até 125.000 (Estados Unidos) plantas por hectare, com consequentes altas produtividades.

A profundidade efetiva do sistema radicular é fundamental para o manejo da irrigação, para a construção e manutenção (adubação, calagem e gessagem), assim como para o monitoramento (histórico e amostragem) da fertilidade química do solo (a extração de 90% de toda água transpirada e incorporada na matéria seca representa mais que 90% da extração de nutrientes). O manejo da irrigação tem o objetivo de maximizar a eficiência de uso de água e de nutrientes, mantendo o conteúdo de água sempre atual, na zona de suficiência hídrica. A produtividade máxima econômica define a tecnologia a ser utilizada.

** **Durval Dourado Neto** é professor do Departamento de Produção Vegetal da USP/ESALQ (ddourado@usp.br), **Quirijn de Jong van Lier** é professor do Laboratório de Física do Solo da USP/Cena (qdjvlier@usp.br), **Klaus Reichardt** é professor sênior do Laboratório de Física do Solo da USP/Cena (klaus@cena.usp.br) e **Marco Antonio Tavares Rodrigues** é pesquisador da Basf (marco-antonio.tavares-rodrigues@basf.com).*

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. *Crop Evapotranspiration*: Guidelines for computing crop water requirements. Roma: FAO, 1998 (2013). cap. 6. (FAO Irrigation and Drainage Paper, 56). Disponível em: ‹http://www.fao.org/docrep/x0490e/x0490e0b.htm#crop coefficients›. Acesso em: 26 set. 2015.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. *Manual de irrigação*. 8. ed. Viçosa: UFV, 2006. 625 p.

PEREIRA, A. R.; VILLA NOVA, N. A.; SEDIYAMA, G. C. *Evapotranspiração*. Piracicaba: FEALQ, 1997. 183 p.

Relação entre consumo de água e produção na cultura de milho

Durval Dourado Neto, Klaus Reichardt, Quirijn de Jong van Lier, Luiz Gustavo Nussio e Ricardo Ferraz de Oliveira*

A previsão de áreas cultivadas, no Brasil, para a safra 2014/2015, são as que seguem, de acordo com os cultivos: algodão, 1.017.100 ha; amendoim, 108.900 ha; arroz, 2.295.000 ha; aveia, 189.900 ha; café arábica em produção, 1.497.293 ha, e em formação, 276.833 ha; café conilon em produção, 432.852 ha, e em formação, 39.718 ha; cana-de-açúcar, 9.057.200 ha; canola, 42.800 ha; centeio, 1.800 ha; cevada, 103.000 ha; eucalipto, 4.800.000 ha (Bracelpa, 2015); feijão, 3.034.400 ha; girassol, 109.400 ha; mamona, 82.100 ha; milho, 15.743.700 ha; soja, 32.093.100 ha; sorgo, 722.600 ha; trigo, 2.470.600 ha; e triticale, 21.600 ha. Todas essas culturas totalizam uma área de 74.139.896 ha, e a área ocupada por pastagem, de 158.753.866 ha (Conab, 2012). Em termos de previsão para a produção de milho, espera-se algo em torno de 84,73 milhões de toneladas (produtividade média de grãos úmidos de 5.382 kg ha^{-1}), sendo o Brasil o terceiro maior produtor e o segundo-maior exportador mundial (Conab, 2015).

ÁGUA CONSUMIDA E PRODUÇÃO

O índice referente ao "uso de água" (W_i), expresso como sendo o inverso da "produtividade de água", é um importante parâmetro para a quantificação de água consumida, para se obter uma unidade de produção de milho expressa pela equação 1:

$$W_i\left(\frac{L}{kg}\right) = \frac{\text{Quantidade de água consumida por unidade de área } \left(\frac{L}{ha}\right)}{\text{Quantidade de milho produzido por unidade de área } \left(\frac{kg}{ha}\right)} \quad (1)$$

Dependendo da forma como se quantifica a água consumida e a unidade do produto, diversos índices podem ser obtidos. Alguns deles estão apresentados na Tabela 1: $W_{1\,a\,6}$ baseados na massa de grãos secos, $W_{7\,a\,12}$, na massa de grãos úmidos, $W_{13\,a\,18}$, na massa de matéria seca total, e $W_{19\,a\,24}$, na massa de matéria fresca total. A escolha de um destes índices depende dos dados disponíveis e da finalidade de seu emprego.

No cálculo dos índices W_i, o numerador é a quantidade de água consumida, por unidade de área, durante o ciclo da cultura (entre a semeadura e a colheita) para a produção de milho, sendo utilizadas as seguintes referências de uso: uso consuntivo (*UC*, L ha^{-1}), evapotranspiração real (*ETr*, L ha^{-1}), absorção de água (*A*, L ha^{-1}), transpiração real (*Tr*, L ha^{-1}), água incorporada na massa de matéria seca (β, L ha^{-1}) e água exportada por intermédio dos grãos úmidos de milho (θ, L ha^{-1}) (Tabela 1). Sendo assim, tem-se as equações de 2 a 10:

$$UC = A + E = ETr + \beta \quad (2)$$

$$ETr = E + Tr = 10^4 \,.\, DC \,.\, \overline{ET} \quad (3)$$

$$A = Tr + \beta \quad (4)$$

$$Tr = f_T \,.\, ETr \quad (5)$$

$$\beta = \frac{f_H \,.\, Md}{f_w} \quad (6)$$

$$\theta = \frac{f_H \,.\, Pd}{f_w} + u_s \,.\, Pw \quad (7)$$

$$Ps = Pw \,.\, (1 - u_s) \quad (8)$$

$$Md = \frac{Ps}{IC} \quad (9)$$

$$Mw = \frac{Md}{(1 - u_p)} \quad (10),$$

TABELA 1. USO DE ÁGUA (W_i, L kg^{-1} OU mL kg^{-1})*

QAC (L HA^{-1})	REFERÊNCIA DE PRODUTIVIDADE (KG HA^{-1})				UNIDADE
	PD	Pw	Md	Mw	
UC	$W_1 = \frac{UC}{Pd}$	$W_7 = \frac{UC}{Pw}$	$W_{13} = \frac{UC}{Md}$	$W_{19} = \frac{UC}{Mw}$	L kg^{-1}
ETr	$W_2 = \frac{ETr}{Pd}$	$W_8 = \frac{ETr}{Pw}$	$W_{14} = \frac{ETr}{Md}$	$W_{20} = \frac{ETr}{Mw}$	L kg^{-1}
A	$W_3 = \frac{A}{Pd}$	$W_9 = \frac{A}{Pw}$	$W_{15} = \frac{A}{Md}$	$W_{21} = \frac{A}{Mw}$	L kg^{-1}
Tr	$W_4 = \frac{Tr}{Pd}$	$W_{10} = \frac{Tr}{Pw}$	$W_{16} = \frac{Tr}{Md}$	$W_{22} = \frac{Tr}{Mw}$	L kg^{-1}
β	$W_5 = \frac{10^3\beta}{Pd}$	$W_{11} = \frac{10^3\beta}{Pw}$	$W_{17} = \frac{10^3\beta}{Md}$	$W_{23} = \frac{10^3\beta}{Mw}$	mL kg^{-1}
θ	$W_6 = \frac{10^3\theta}{Pd}$	$W_{12} = \frac{10^3\theta}{Pw}$	$W_{18} = \frac{10^3\theta}{Md}$	$W_{24} = \frac{10^3\theta}{Mw}$	mL kg^{-1}

** Com base nas referências de quantidade de água consumida (QAC, L ha^{-1}) [uso consuntivo (UC), evapotranspiração real (ETr), absorção de água pela planta (A), transpiração real (Tr), água incorporada na massa de matéria seca (β) e água exportada (θ) durante o ciclo] e de quantidade de milho produzido (kg ha^{-1}) [produtividade de grãos secos (Pd) e úmidos (Pw) e de massa de matéria seca (Md) e fresca (Mw)]*

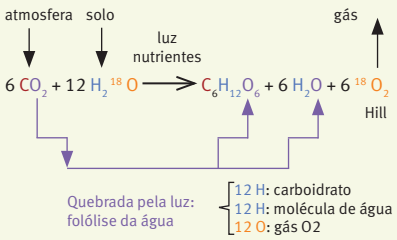
Fonte: Os autores

em que: $\mathcal{E}$ refere-se à perda de água por evaporação pela área superficial do solo (L ha^{-1}); u_s ao teor de água no grão (kg kg^{-1}); *IC* ao índice de colheita (kg kg^{-1}); u_p ao teor de água na planta (kg kg^{-1}); *DC* à duração do ciclo (d); $\overline{ET}$ à evapotranspiração real diária média (mm d^{-1}) durante o ciclo; f_w à fração (2/18) da massa de água que é hidrogênio,fator de conversão de hidrogênio em água f_T à fração (mm mm-1) da $\mathcal{E}Tr$, que é *Tr*; e f_H ao teor de hidrogênio (kg kg^{-1}) na *Md* e na *Pd*.

Ainda, no cálculo do índice W_i, o denominador é a quantidade produzida de milho por unidade de área, podendo ser utilizadas as seguintes referências de produtividade: produtividade de grãos secos (*Pd*, kg ha^{-1}) ou úmidos (*Pw*, kg ha^{-1}), ou massa de matéria seca (*Md*, kg ha^{-1}) ou fresca total, dada pela soma da massa de raiz e de parte aérea (*Mw*, kg ha^{-1}) (Tabela 1).

HIPÓTESES BÁSICAS

No processo fotossintético: (i) os átomos de carbono (C) e de oxigênio (O) da molécula produzida de carboidrato (CH_2O) são oriundos da molécula de dióxido de carbono (CO_2) da atmosfera, (ii) os átomos de hidrogênio (H) da molécula produzida de carboidrato são oriundos da molécula de água (H_2O) extraída do solo, e (iii) os átomos de oxigênio da molécula de oxigênio (O_2) que volta como gás para a atmosfera são oriundos da molécula de água (Taiz & Zeiger, 2006):



Esta reação é endotérmica, requerendo energia que, na fotossíntese, é fornecida pela radiação solar, onde (i) seis átomos de carbono e seis átomos de oxigênio da molécula de carboidrato produzida são oriundos da quebra enzimática do dióxido de carbono da atmosfera pela Rubisco (ribulose 1,5-bifosfato carboxilase/oxigenase); (ii) doze átomos de hidrogênio da molécula de carboidrato produzida são oriundos da molécula de água extraída do solo e "quebrada" pela incidência da luz na superfície foliar, processo conhecido como fotólise da água; (iii) os outros doze átomos de hidrogênio com seis átomos de oxigênio vão compor 6 moléculas de água; e (iv) os doze átomos de oxigênio da molécula de oxigênio (O_2), que voltam como gás para a atmosfera, são oriundos da molécula de água: reação provada por Robin Hill nos anos 60 utilizando oxigênio marcado (^{18}O).

Foram utilizados os seguintes teores médios referentes à composição da massa de matéria seca da planta de milho: carbono (C – 0,45 kg kg^{-1}), oxigênio (O – 0,45 kg kg^{-1}), hidrogênio (H – 0,06 kg kg^{-1}), nitrogênio (N – 0,015 kg kg^{-1}), potássio (K – 0,01 kg kg^{-1}), cálcio (Ca – 0,005 kg kg^{-1}), fósforo (P – 0,002 kg kg^{-1}), magnésio (Mg – 0,002 kg kg^{-1}), enxofre (S – 0,001 kg kg^{-1}), cloro (Cl – 100 mg kg^{-1}), ferro (Fe – 100 mg kg^{-1}), boro (B – 20 mg kg^{-1}), manganês (Mn – 50 mg kg^{-1}), zinco (Zn – 20 mg kg^{-1}), cobre (Cu – 6 mg kg^{-1}), níquel (Ni – 0,1 mg kg^{-1}), molibdênio (Mo – 0,1 mg kg^{-1}) e outros (não essenciais, como silício – Si, sódio – Na, e cobalto – Co) (4,7 g kg^{-1}) (Epstein, 1965).

EXEMPLO ILUSTRATIVO

Para uma cultura hipotética de milho, a evapotranspiração real diária média foi de 5 mm dia^{-1}, resultando numa $\mathcal{E}Tr$ de 6.000.000 L ha^{-1} (600 mm), ao longo do ciclo de 120 dias. A produtividade de grãos úmidos foi de 1.000 kg ha^{-1} (Figura 1a), 5.000 kg ha^{-1} (Tabela 2, Figura 1b), 10.000 kg ha^{-1} (Figura 1c) e 20.000 kg ha^{-1} (Figura 1d).

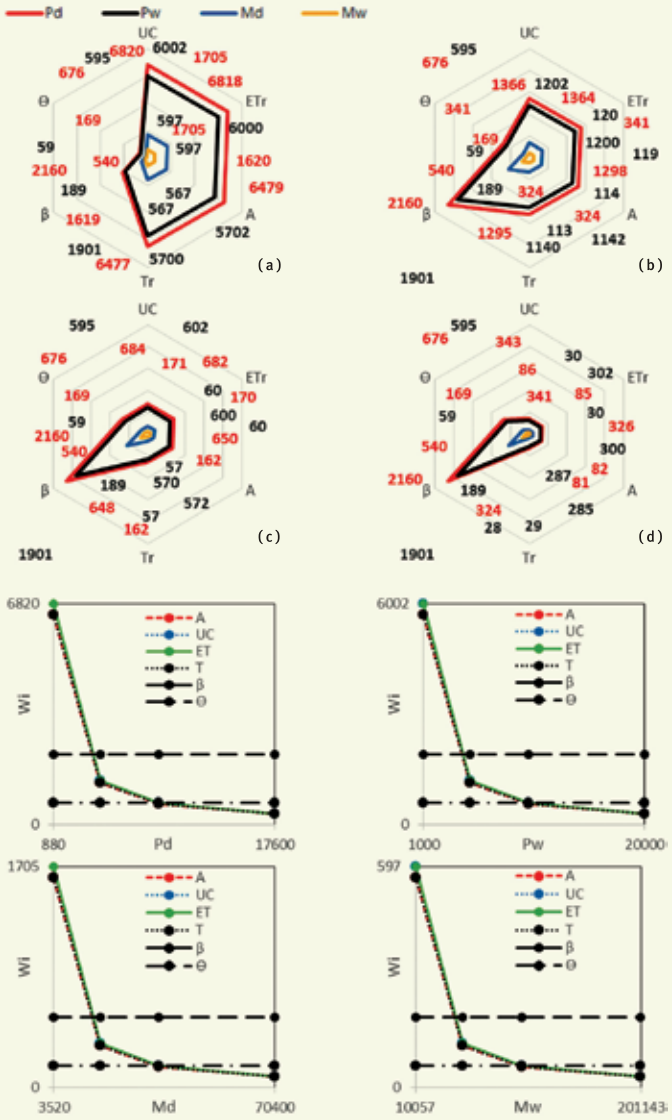
Nos quatro cenários simulados (Figura 1), verifica-se que a ordem de grandeza

RODRIGO ALMEIDA

dos valores do índice de uso de água foi a mesma de quando foram utilizadas as seguintes referências de uso: *UC*, *ETr*, *A* e *Tr*. Portanto, sugere-se a adoção da *ETr* como base de cálculo, em virtude da maior facilidade da obtenção e disponibilidade de dados. Esse índice tem a finalidade de avaliar a eficiência do uso da água em agricultura irrigada, em função da outorga, do sistema de produção, dos critérios de manejo da irrigação, da disponibilidade da água à sociedade e, principalmente, da demanda climática do ambiente de produção.

A linha pontilhada separa os índices (*UC*, *ETr*, *A* e *Tr*) da ordem de L kg^{-1} dos

FIGURA 1. USO DE ÁGUA (W_i) (L kg^{-1} OU mL kg^{-1})*



Com base nas referências de quantidade de água consumida (L ha^{-1}) [uso consuntivo (UC), evapotranspiração real (ETr), absorção (A), transpiração real (Tr), água incorporada na matéria seca (β) e água exportada (θ) durante o ciclo] e de quantidade de milho produzido (kg ha^{-1}) [produtividade de grãos secos (Pd) e úmidos (Pw) e de massa de matéria seca (Md) e fresca (Mw)] de uma cultura de milho com produtividade de grãos úmidos de 1.000 (a), 5.000 (b), 10.000 (c) e 20.000 (d) kg ha^{-1} (Pw)

Fonte: Os autores

TABELA 2. USO DE ÁGUA (W_i) (L KG^{-1} OU ML KG^{-1})*

QAC (L ha^{-1})	REFERÊNCIA DE PRODUTIVIDADE (kg ha^{-1})			
	Pd = 880	Pw = 1.000	Md = 3.520	Mw = 10.057
UC = 6.001.901	6.820 L kg^{-1}	6.002 L kg^{-1}	1.705 L kg^{-1}	597 L kg^{-1}
ETr = 6.000.000	6.818 L kg^{-1}	6.000 L kg^{-1}	1.705 L kg^{-1}	597 L kg^{-1}
A = 5.701.901	6.479 L kg^{-1}	5.702 L kg^{-1}	1.620 L kg^{-1}	567 L kg^{-1}
Tr = 5.700.000	6.477 L kg^{-1}	5.700 L kg^{-1}	1.619 L kg^{-1}	567 L kg^{-1}
β = 1.901	2.160 mL kg^{-1}	1.901 mL kg^{-1}	540 mL kg^{-1}	189 mL kg^{-1}
θ = 595	676 mL kg^{-1}	595 mL kg^{-1}	169 mL kg^{-1}	59 mL kg^{-1}
QAC (L ha^{-1})	Pd = 4.400	Pw = 5.000	Md = 17.600	Mw = 50.286
UC = 6.009.504	1.366 L kg^{-1}	1.202 L kg^{-1}	341 L kg^{-1}	120 L kg^{-1}
ETr = 6.000.000	1.364 L kg^{-1}	1.200 L kg^{-1}	341 L kg^{-1}	119 L kg^{-1}
A = 5.709.504	1.298 L kg^{-1}	1.142 L kg^{-1}	324 L kg^{-1}	114 L kg^{-1}
Tr = 5.700.000	1.295 L kg^{-1}	1.140 L kg^{-1}	324 L kg^{-1}	113 L kg^{-1}
β = 9.504	2.160 mL kg^{-1}	1.901 mL kg^{-1}	540 mL kg^{-1}	189 mL kg^{-1}
θ = 2.976	676 mL kg^{-1}	595 mL kg^{-1}	169 mL kg^{-1}	59 mL kg^{-1}
QAC (L ha^{-1})	Pd = 8.800	Pw = 10.000	Md = 35.200	Mw = 100.571
UC = 6.019.008	684 L kg^{-1}	602 L kg^{-1}	171 L kg^{-1}	60 L kg^{-1}
ETr = 6.000.000	682 L kg^{-1}	600 L kg^{-1}	170 L kg^{-1}	60 L kg^{-1}
A = 5.719.008	650 L kg^{-1}	572 L kg^{-1}	162 L kg^{-1}	57 L kg^{-1}
Tr = 5.700.000	648 L kg^{-1}	570 L kg^{-1}	162 L kg^{-1}	57 L kg^{-1}
β = 19.008	2.160 mL kg^{-1}	1.901 mL kg^{-1}	540 mL kg^{-1}	189 mL kg^{-1}
θ = 5.952	676 mL kg^{-1}	595 mL kg^{-1}	169 mL kg^{-1}	59 mL kg^{-1}
QAC (L ha^{-1})	Pd=17.600	Pw=20.000	Md=70.400	Mw=201.143
UC = 6.038.016	343 L kg^{-1}	302 L kg^{-1}	86 L kg^{-1}	30 L kg^{-1}
ETr = 6.000.000	341 L kg^{-1}	300 L kg^{-1}	85 L kg^{-1}	30 L kg^{-1}
A = 5.738.016	326 L kg^{-1}	287 L kg^{-1}	82 L kg^{-1}	29 L kg^{-1}
Tr = 5.700.000	324 L kg^{-1}	285 L kg^{-1}	81 L kg^{-1}	28 L kg^{-1}
β = 38.016	2.160 mL kg^{-1}	1.901 mL kg^{-1}	540 mL kg^{-1}	189 mL kg^{-1}
θ = 11.904	676 mL kg^{-1}	595 mL kg^{-1}	169 mL kg^{-1}	59 mL kg^{-1}

* u_s = 0,12 kg kg^{-1}; u_p = 0,65 kg kg^{-1}; IC = 0,25 kg kg^{-1}; ϕ_T = 0,05 mm.mm^{-1}; ϕ_H = 0,06 kg kg^{-1}; DC = 120 d; ε_T = 5 mm.d^{-1}

Obs.: Com base nas referências de quantidade de água consumida (QAC, L ha^{-1}) [uso consuntivo (UC), evapotranspiração real (ETr), absorção (A), transpiração real (Tr), água incorporada na matéria seca (β) e água exportada (θ) durante o ciclo] e de quantidade de milho produzido (kg ha^{-1}) [produtividade de grãos secos (Pd) e úmidos (Pw) e de massa de matéria seca (Md) e fresca (Mw)] para produtividades de grãos úmidos (Pw) de 1.000, 5.000, 10.000 e 20.000 kg ha^{-1}

Fonte: Os autores

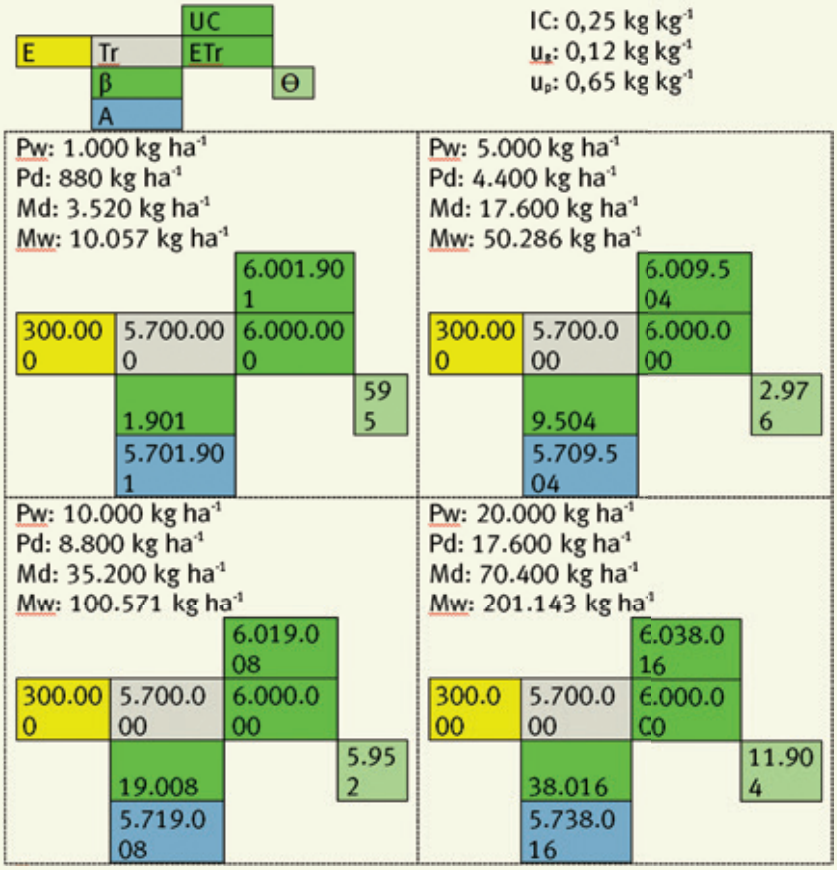
índices (β e θ) da ordem de mL kg^{-1}. A água incorporada na matéria seca (β) e a água exportada (θ) durante o ciclo independem da produtividade (*Pd*, *Pw*, *Md* ou *Mw*) (Figura 1). Esse índice tem a finalidade de avaliar a eficiência do uso da água pela espécie *Zea mays* L.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os valores do uso de água diminuem à medida que ocorre o aumento das referências de produtividade [produtividade de grãos secos (*Pd*) e úmidos (*Pw*) e de massa de matéria seca (*Md*) e fresca (*Mw*) (Figura 1)], quando se utiliza uso consuntivo (*UC*), evapotranspiração real (*ETr*), absorção (*A*) e transpiração real (*Tr*) como referências de uso. Os valores do uso de água permanecem constantes com o aumento da *Pd*, *Pw*, *Md* e *Mw* (Figura 1), quando se utiliza água incorporada na massa de matéria seca (β) e na água exportada (θt) como referência de uso. Observa-se que a ampla variação entre o menor valor (59 mL kg^{-1}, W_{24}) e o maior valor (6.820 L kg^{-1}, W_1) do uso de água (Tabela 2) foi resultado da faixa de produtividade adotada e dos parâmetros considerados. A grande diferença evidencia a importância de se mencionar como o uso de água é calculado, bem como definir com que propósito é apresentado.

* ***Durval Dourado Neto*** *é professor do Departamento de Produção Vegetal da USP/ESALQ (ddourado@usp.br),* ***Klaus Reichardt*** *é professor sênior do Laboratório de Física do Solo da USP/Cena (klaus@cena.usp.br),* ***Quirijn de Jong van Lier*** *é professor do Laboratório de Física do Solo da USP/Cena (qdjvlier@usp.br),* ***Luiz Gustavo Nussio*** *é professor do Departamento de Zootecnia da USP/ESALQ (nussio@usp.br) e* ***Ricardo Ferraz de Oliveira*** *é professor do Departamento de Ciências Biológicas da USP/ESALQ (rfo@usp.br).*

FIGURA 2. RESUMO GERAL REFERENTE AO EXEMPLO NUMÉRICO ILUSTRATIVO*



**Uso consuntivo (UC, L ha^{-1}), evapotranspiração real (ETr, L ha^{-1}), absorção (A, L ha^{-1}), transpiração real (Tr, L ha^{-1}), água incorporada na matéria seca (β, L ha^{-1}) e água exportada (θ, L ha^{-1}) durante o ciclo correspondentes às produtividades de grãos úmidos (Pw) de milho de 1.000, 5.000, 10.000 e 20.000 kg ha^{-1} (u_s e u_p: teor de água no grão e na planta; Pd: produtividade de grãos secos; Md e Mw: massa de matéria seca e fresca; IC: índice de colheita)*

Fonte: Os autores

FREEIMAGES / PAOLO ZANNONNI

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CELULOSE E PAPEL. *Eucalipto*. São Paulo: Bracelpa, 2015. Disponível em: ‹http://bracelpa.org.br/bra2/?q=node/136›. Acesso em: 11 nov. 2015.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. *Acompanhamento de safra brasileira*: primeiro levantamento, Safra 2013/2014. Brasília: Conab, 2012. Disponível em: ‹http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1253&t›. Acesso em: 11 nov. 2015.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. *Séries históricas de área plantada, produtividade e produção*. Brasília: Conab, 2015. Disponível em: ‹http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1252&t=›. Acesso em: 11 nov. 2015.

EPSTEIN, E. Mineral metabolism. In: BONNER, J.; VARBER, J. E. (Ed.). *Plant biochemistry*. London: Academic Press, 1965. p. 438-466.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia vegetal*. Porto Alegre: Artmed, 2006.

Evolução

Milho safrinha se consagra e caracteriza um sistema peculiar de produção

Aildson Pereira Duarte *

FREEIMAGES / ANDREAS KRAPPWEIS

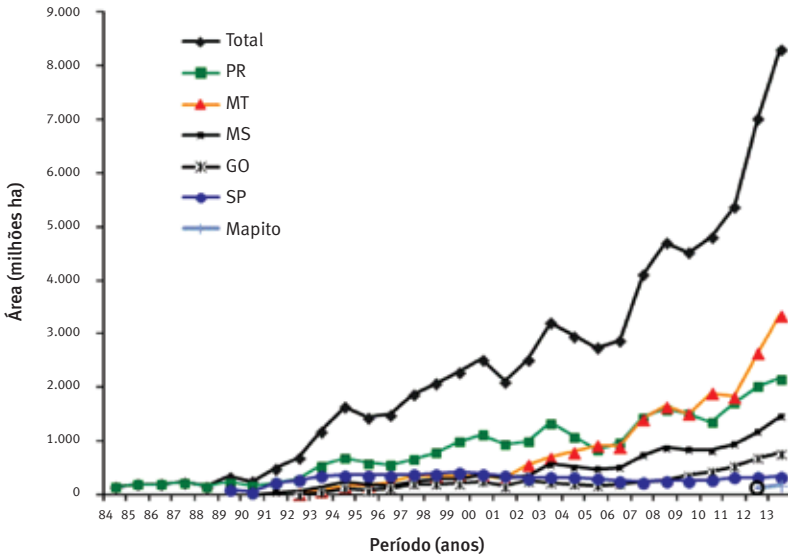
Brasil cultiva, atualmente, cerca de, 8,3 milhões de hectares de milho safrinha (2ª safra) em PR, SP e MS, além de GO (chapadões), MT e, recentemente, MA, PI e TO (Mapito)

O milho safrinha é o de sequeiro, cultivado de janeiro a março, em sucessão à cultura de verão – quase sempre a soja. Por ser cultivado sob condições ambientais peculiares, especialmente baixas temperaturas e pouca disponibilidade de água no solo, requer técnicas específicas de manejo que diferem daquelas recomendadas para as lavouras de milho verão. O termo "safrinha" tem origem nas produtividades muito baixas dos primeiros cultivos do cereal neste período específico, no estado do Paraná, na década de 1970. Embora sendo pejorativo e não correspondendo ao bom nível atual de produtividade de parte das lavouras e à sua importância no cenário nacional, o milho safrinha está consagrado por caracterizar um sistema de produção peculiar. Vale ressaltar que nem sempre o termo "milho segunda safra" é sinônimo de milho safrinha, por ser irrigado, como é o caso de Minas Gerais, ou por constituir a única safra de grãos, por exemplo, nos estados de Sergipe e Bahia.

Os anos de 2012 e 2013 foram os primeiros nos quais a produção nacional de milho foi maior na segunda safra (38,7 e 46,2 milhões de toneladas, respectivamente), em comparação com a safra de verão (33,9 e 34,3 milhões de toneladas, respectivamente). Atualmente, são cultivados, aproximadamente, 8,3 milhões de hectares de milho safrinha, área maior que a do milho verão, se concentrando em regiões onde o clima e o solo são propícios ao seu desenvolvimento, particularmente os estados de Paraná, São Paulo e Mato Grosso do Sul, os mais tradicionais na cultura, e nos chapadões de Goiás, Mato Grosso e, mais recentemente, Maranhão, Piauí e Tocantins (Mapito) (Figura 1).

O desenvolvimento de tecnologias apropriadas ao cultivo do milho safrinha, aliado ao trabalho dos produtores rurais, proporcionou grande aumento da produtividade média brasileira de grãos, que dobrou, nos últimos 20 anos, para cerca de 5 t ha^{-1}. Mas a variação da produtividade ainda é muito grande entre

FIGURA 1. EVOLUÇÃO DA ÁREA DE MILHO SAFRINHA NO BRASIL (TOTAL) E NOS ESTADOS DE PARANÁ (PR), MATO GROSSO (MT), MATO GROSSO DO SUL (MS), GOIÁS (GO), SÃO PAULO (SP) E CHAPADÕES DO MARANHÃO, PIAUÍ E TOCANTINS (MAPITO); 1984 A 2013



Fonte: Conab, 2014

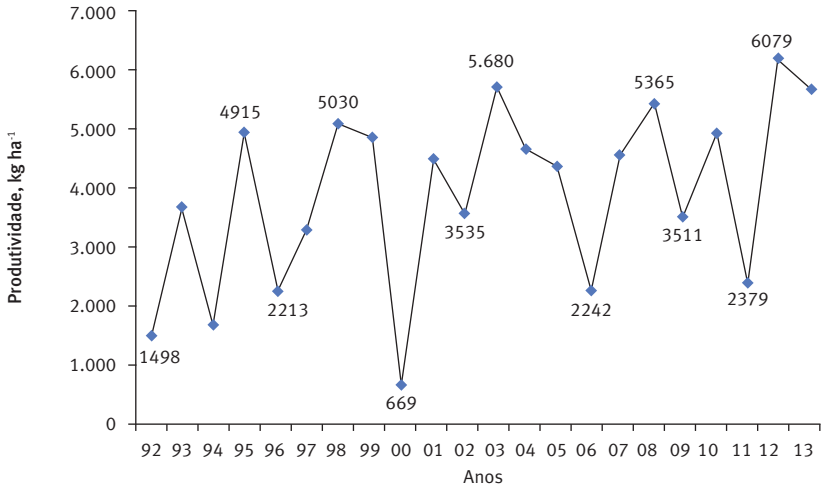
os anos e o maior desafio é a estabilidade produtiva do milho safrinha (Figura 2). Embora predomine médio investimento em tecnologia, é crescente o emprego de insumos e práticas culturais típicos de sistemas de alta tecnologia. Destaca-se a melhoria dos híbridos utilizados, com adaptação produtiva no outono-inverno e resistência às doenças, antecipação da época de semeadura e manejo adequado da adubação.

ÉPOCA DE SEMEADURA

O sucesso do milho safrinha depende, principalmente, da antecipação da época de semeadura. Geralmente, quanto mais tarde for semeado, menor será o potencial produtivo, devido à redução da disponibilidade de água, às baixas temperaturas, à radiação solar no inverno e ao maior o risco de perdas por geadas e/ou seca. Como é semeado no sistema de plantio imediatamente (SPD) após a colheita da soja, o planejamento do milho safrinha começa na cultura de verão, visando a liberar a área, o mais cedo possível, para a segunda safra. Variedades de soja para semeadura no cedo e/ou de ciclo superprecoce, além de escaparem da alta severidade da ferrugem asiática, facilitam a implantação da cultura do milho safrinha.

A época de semeadura é influenciada, principalmente, pela latitude e altitude da região, bem como pelo tipo de solo e ciclo da cultivar. Na maioria das regiões, a semeadura deve ser feita até o mês de fevereiro. A latitude 22 divide os efeitos da altitude no Brasil: (a) ao Sul, a deficiência hídrica não é o principal fator limitante, sendo necessário antecipar a semeadura nas áreas mais altas para escapar da maioria das geadas; (b) ao Norte, a disponibilidade de água reduz drasticamente com a chegada do inverno, mas é possível semear até fevereiro, nas áreas mais altas. Por apresentarem temperaturas mais amenas e, consequentemente, menores perdas de água por evapotranspiração, a época de semeadura mais tardia, no Brasil, até o segundo decêndio de março, é praticada na região de baixa altitude,

FIGURA 2. PRODUTIVIDADE MÉDIA DOS EXPERIMENTOS DE AVALIAÇÃO DE CULTIVARES DE MILHO SAFRINHA IAC/APTA/CATI/EMPRESAS NA REGIÃO PAULISTA DO MÉDIO PARANAPANEMA; 1992 A 2013



Fonte: o autor

entre os paralelos 22 e 23 (Sudoeste de São Paulo, Norte do Paraná e Sul do Mato Grosso do Sul), por apresentar clima de transição entre inverno seco e inverno úmido.

Devido a menor disponibilidade de calor, o ciclo é mais longo no milho safrinha, em comparação ao milho verão, principalmente nas semeaduras tardias. A maior parte é colhida próxima de 150 dias após a semeadura e com baixo teor de umidade (próximo de 15%), não necessitando de secagem, especialmente no Centro-Oeste brasileiro. Nos estados do Paraná e de São Paulo, uma parte significativa do milho safrinha é colhida com teores de umidade superiores a 20%.

CULTIVARES

Devido à grande variabilidade da época de semeadura do milho safrinha, juntamente com a irregularidade climática do período, tem-se dado especial atenção à estabilidade na produção de grãos das cultivares recomendadas. Geralmente, à medida que a semeadura é atrasada, menor será o potencial produtivo e maior o risco de perdas. Visando a escapar das condições adversas do meio do inverno, recomendam-se cultivares de ciclos precoces e superprecoces na safrinha. As cultivares superprecoces são preferidas nas regiões com elevada probabilidade de geada, como o Sul do Paraná, e onde as chuvas são escassas, a partir de maio, especialmente no Centro-Oeste brasileiro. Porém, em regiões onde há transição climática entre inverno seco e úmido, a probabilidade de ocorrência de geadas é relativamente baixa e as deficiências hídricas são mais frequentes, durante o período vegetativo, no segundo decêndio de abril e no mês de maio, com atendimento hídrico satisfatório no mês de junho, na maioria dos anos, fazendo com que as cultivares de ciclo precoce se sobressaiam em relação às superprecoces.

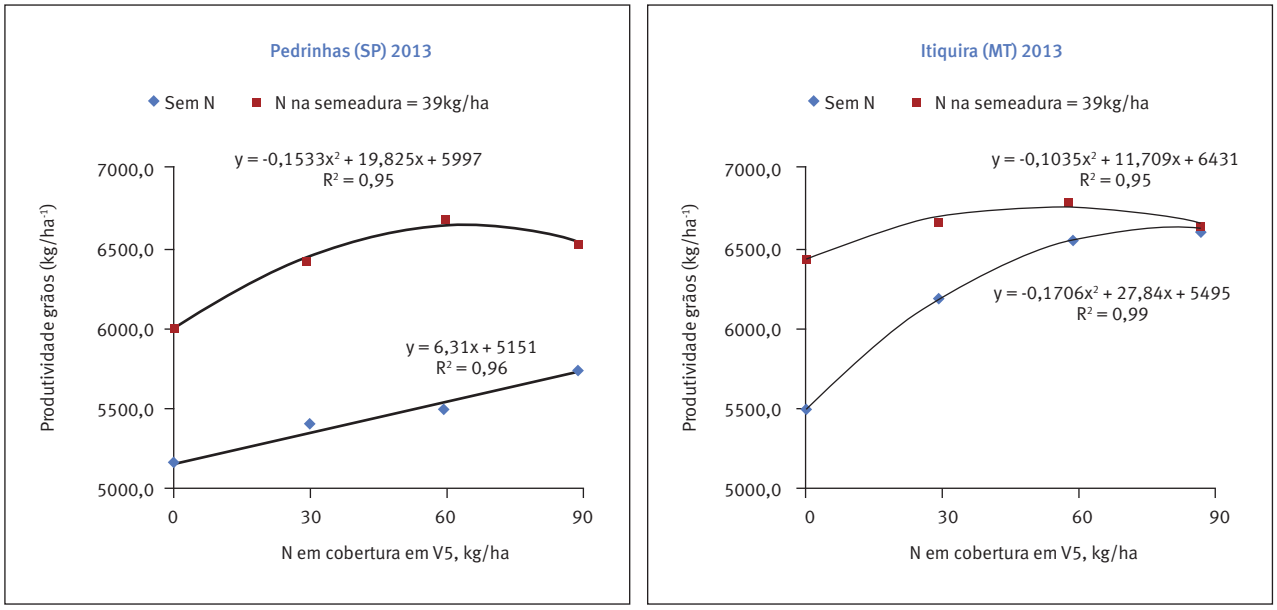
Destaca-se, ainda, a resistência da cultivar a doenças, ao acamamento e quebramento de plantas. Embora exista uma associação estreita entre a resistência do colmo ao quebramento e a resistência da planta às doenças foliares, o controle das doenças foliares pelos fungicidas não reduz o quebramento de maneira pronunciada. O tombamento das plantas por problemas no sistema radicular (ataque de pragas, suscetibilidade a compactação do solo etc.) tem ocorrido com grande intensidade, em determinadas regiões e anos, demandando cultivares com boa resistência ao acamamento.

A grande evolução do potencial produtivo das cultivares, na safrinha, se deve, em parte, à substituição dos híbridos duplos pelos híbridos triplos e simples, culminando com a predominância dos híbridos simples no mercado. Além disso, os híbridos transgênicos Bt são empregados em, aproximadamente, 90% da área de milho safrinha, dispensando, na maioria das vezes, o uso de inseticidas para o controle da lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*). O uso de híbridos transgênicos Bt com resistência conjunta aos herbicidas glifosato e/ou glufosinato de amônio é crescente, embora existam dúvidas sobre as vantagens do emprego da tecnologia *Roundup Ready*, tanto na soja quanto no milho safrinha, em sistema de sucessão contínua. Recomenda-se consultar *folders* e *sites* das empresas fornecedoras, bem como o site ‹www.zeamays.com.br› (acesso em: 24 set. 2015), do Programa Milho IAC/Apta, para obtenção de informações sobre as cultivares de milho, incluindo resistência a doenças de ocorrência natural.

POPULAÇÃO E ARRANJO DE PLANTAS

A população de plantas do milho safrinha deve ser menor que a do milho cultivado no verão. De maneira geral, recomenda-se de 55 a 60 mil plantas por hectare em lavouras de milho safrinha implantadas na época preferencial. Na maioria das regiões e épocas praticadas, as condições ambientais não permitem alcançar produtividades muito elevadas e, por conseguinte, empregar as mesmas populações de plantas do milho verão. Além disso, populações excessivas oneram os custos do item sementes e podem au-

FIGURA 3. RESPOSTA DO MILHO SAFRINHA 2B587HX AO NITROGÊNIO EM COBERTURA NO MOMENTO DA SEMEADURA, EM PEDRINHAS PAULISTA, SP, E ITIQUIRA, MT; 2013



Fonte: Adaptado de: Duarte e Kapes, 2013

mentar o acamamento e quebramento de plantas. A época de semeadura, o porte e a arquitetura foliar da cultivar, além da adubação, são os fatores principais que interferem na definição da população de plantas. As semeaduras antecipadas e os melhores níveis de adubação favorecem o estabelecimento de populações de plantas mais elevadas. Geralmente, os genótipos com porte baixo, folhas eretas e maior tolerância ao acamamento e quebramento de plantas são mais produtivos em populações mais densas que nas demais.

Resultados promissores em termos de ganhos de produtividade, com redução do espaçamento entrelinhas obtidos no milho verão, não têm sido confirmados em todas as regiões produtoras de milho safrinha. O grande interesse na utilização do espaçamento de 45 ou 50 cm entrelinhas é o melhor aproveitamento das máquinas adubadoras/semeadoras, utilizadas para o milho e para a soja com o mesmo espaçamento. Os efeitos benéficos da redução do espaçamento, na lucratividade da lavoura, têm sido mais evidentes nos estados de Mato Grosso e Goiás, nos quais as áreas médias das lavouras são maiores, possibilitando retornos mais rápidos dos investimentos na compra da plataforma para colheita em espaçamentos reduzidos. Nos outros estados, existe a tendência de redução do espaçamento, pela preferência por plataformas com espaçamentos reduzidos, nas aquisições de novas colhedoras automotrizes.

ADUBAÇÃO

A adubação é um pouco menor, no milho safrinha, em comparação à do milho verão, porque a cultura tem menor potencial produtivo e aproveita os nutrientes da palha da soja, especialmente o nitrogênio, fixado simbioticamente pela soja. O fósforo deve ser aplicado, preferencialmente, no sulco de semeadura, podendo-se optar pela aplicação a lanço nos solos de alta fertilidade, visando à reposição dos nutrientes exportados nas colheitas. Em solos com baixas disponibilidades de fósforo, o cultivo do milho safrinha é quase sempre antieconômico, pela necessidade de se aplicar altas doses de fertilizantes fosfatados.

As quantidades recomendadas de potássio são menores que as do milho verão, reduzindo os riscos de injúrias do sistema radicular, devido ao efeito salino do potássio e nitrogênio, aplicados no sulco de semeadura. Como o potássio é o nutriente acumulado em maior quantidade, nos estádios iniciais de desenvolvimento das plantas de milho, sua aplicação a lanço, de maneira isolada ou em fórmulas NPK como 20-00-20, deve ser feita imediatamente após a semeadura. Como no milho safrinha, frequentemente, não há umidade adequada no solo, após a implantação da cultura, o efeito do potássio aplicado "em cobertura" pode ser pouco expressivo ou nulo. No caso do enxofre (S), deve-se fazer sua suplementação quando o teor de $S\text{-}SO_4^{2-}$ for inferior a 5 mg dm^{-3}, em doses de 20 a 40 kg ha^{-1}. Sugere-se coletar amostras de solo também da camada subsuperficial

(20 a 40 cm e 40 a 60 cm), pois as análises realizadas com amostras de solo da camada de 0 a 20 cm tendem a subestimar a disponibilidade de S. Com relação aos micronutrientes, teores baixos no solo e/ou históricos de deficiências nutricionais indicam a necessidade da sua inclusão na adubação do solo e/ou via foliar.

O nitrogênio presente nos restos culturais da soja é aproveitado pelo milho safrinha. Estima-se que, para o milho cultivado em sucessão, são aproveitados cerca de 15 kg de N para cada tonelada de grãos de soja, o que não é suficiente para suprir a exportação deste nutriente, na maioria das lavouras de milho safrinha. Porém, existem variações na eficiência do processo simbiótico e na proporção de grãos na massa total da parte aérea da soja, bem como nas condições para a mineralização da matéria orgânica e liberação do N no solo. Os primeiros trabalhos de pesquisa do Instituto Agronômico de Campinas (IAC) sobre milho safrinha, na década de 1990, evidenciaram benefícios da aplicação de fórmulas concentradas em nitrogênio, no sulco de semeadura, para assegurar crescimento inicial vigoroso às plantas. A aplicação de 30 kg ha^{-1} de N, na semeadura, juntamente com o fósforo e o potássio (por exemplo: fórmulas NPK 16-16-16, 10-15-15 e 12-15-15) passou a ser amplamente adotada, nas regiões tradicionais de milho safrinha, para evitar incertezas acerca da suficiência de umidade no solo, para o aproveitamento dos fertilizantes em cobertura.

Com o aumento da produtividade e a ampliação da área de cultivo do milho safrinha, verificou-se que, para produzir acima de 6 t ha^{-1}, é fundamental complementar a adubação de semeadura com N em cobertura, em doses compatíveis com a produtividade esperada, conforme a tabela atualizada do Boletim 100 do IAC. Porém, ao aplicar aproximadamente 27 kg ha^{-1} de N no sulco de semeadura, em sucessão à soja e em solos argilosos, a frequência de resposta ao N em cobertura é muito baixa, em lavouras com produtividades abaixo de 6 t ha^{-1}. Um dos pontos críticos da adubação de cobertura é o modo de aplicação e o tipo de fertilizante nitrogenado. Com a adoção do espaçamento reduzido, é frequente a aplicação do nitrogênio a lanço, na superfície do solo, sob sistema de plantio direto. Nestas condições, a ureia pode ter grandes perdas de N por volatilização. Assim, há necessidade de aumento na dose ou o uso de mistura com inibidor de uréase, para minimizar as perdas. Embora a ureia seja preferida, devido à sua maior disponibilidade, ao menor preço e à facilidade de aplicação, o nitrato de amônio também tem sido utilizado, por não apresentar perdas de N quando aplicado na superfície.

Em algumas regiões, visando a melhorar a eficiência das operações agrícolas, tem sido priorizada a aplicação de todo o fósforo e potássio da soja e do milho safrinha, de forma antecipada e a lanço, apenas na soja, em vez de fazê-la no sulco de semeadura das duas culturas. Para complementar a distribuição de todo o fertilizante a lanço, tem sido feita a adubação de cobertura com nitrogênio e potássio, no milho safrinha, e pouco ou nenhum fertilizante nitrogenado é aplicado imediatamente após a semeadura. Nessas condições, pode haver deficiência de nitrogênio nos estádios iniciais, e a eficiência do uso do fertilizante de cobertura é reduzida, pois a aplicação do fertilizante nitrogenado, por ocasião da semeadura, é imprescindível (Figura 3).

Para aumentar a eficiência de uso dos nutrientes aplicados no milho safrinha, na nutrição das culturas em sucessão, pode-se utilizar a consorciação com plantas forrageiras. A *Brachiaria ruziziensis* permite a reciclagem do potássio, liberado para a soja a partir do momento da dessecação química, e, também, fornece matéria orgânica do solo ao sistema. Considerando as concentrações médias de nutrientes nas plantas forrageiras, em solos de alta fertilidade (N=1,7%; P_2O_5= 0,4% e K_2O= 3,5%), e que o consórcio produz pelo menos 1,3 t ha^{-1}, são reciclados aproximadamente 22, 5 e 45 kg ha^{-1} de N, P_2O_5 e K_2O, respectivamente.

***Aildson Pereira Duarte** é pesquisador científico do Instituto Agronômico de Campinas (IAC) (aildson@apta.sp.gov.br).*

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BATISTA, K.; DUARTE, A. P.; CECCON, G.; DE MARIA, I. C.; CANTARELLA, H. Acúmulo de matéria seca e de nutrientes em forrageiras consorciadas com milho safrinha em função da adubação nitrogenada. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, v. 46, n. 10, p. 1154-1160, out. 2011.

CANTARELLA, H.; DUARTE, A. P. Adubação do milho "safrinha". In: SEMINÁRIO SOBRE A CULTURA DO MILHO "SAFRINHA", 3., 1995, Assis. *Resumos*... Campinas: Instituto Agronômico, 1995. p. 21-27.

CRUZ, J. C.; SILVA, G. H.; PEREIRA FILHO, I. A.; GONTIJO NETO, M. M. S.; MAGALHÃES, P. C. Caracterização do cultivo de milho safrinha de alta produtividade em 2008 e 2009. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, Sete Lagoas, v. 9, n. 2, p. 177-188, 2010.

DUARTE, A. P. Milho safrinha: Características e sistemas de produção. In: GALVÃO, J. C. C.; MIRANDA, G. V. (Ed.). *Tecnologias de produção de milho*. Viçosa: UFV, 2004. p. 109-138.

_____; KURIHARA, C. H.; CANTARELLA, H. Adubação do milho safrinha em consórcio com braquiária. In: CECCON, G.; VASCONCELOS, E. de L. (Ed.) *Consórcio Milho-Braquiária*. Brasília: Embrapa, 2013. p. 111-139.

DUARTE, A. P.; KAPPES, C. *Adubação de sistemas produtivos de milho safrinha e soja*. Campinas: IAC, 2013. 10 p.

FREEIMAGES / IAN DUN

Com demanda ascendente no mundo, milho desponta como cereal do futuro

Guinada expressiva se deu quando a produção nacional de milho saltou de 57.406 milhões de t., na safra 2010/11, para 72.979 milhões na safra 2011/12

O agronegócio do milho atravessa, no Brasil, uma fase diferenciada: a despeito da crise econômica que se vem se aprofundando, a produção do cereal permanece em curva ascendente, estimulada pela demanda internacional e alicerçada no crescimento da segunda safra (semeada de janeiro a março) – posicionando o país como terceiro do mundo em produção – com 84,7 milhões de t. –, atrás apenas dos EUA (361 milhões de t.) e da China (215,6 milhões de t.) – na safra 2014/15.

TABELA 1. RESUMO DE OFERTA E DEMANDA DE MILHO NO BRASIL, EM MIL TONELADAS

ANO-SAFRA	ESTOQUE INICIAL	PRODUÇÃO	IMPORTAÇÃO	DISPONIBILIDADE INTERNA	CONSUMO DOMÉSTICO	EXPORTAÇÃO	ESTOQUE FINAL
2000/01	3.535,5	42.289,3	624,0	46.448,8	36.135,5	5.917,8	4.395,5
2001/02	4.395,5	35.280,7	345,0	40.021,2	36.410,0	2.509,0	1.102,2
2002/03	1.102,2	47.410,9	800,6	49.313,7	37.300,0	4.050,3	7.963,4
2003/04	7.963,4	42.128,5	330,5	50.422,4	38.180,0	4.688,4	7.554,0
2004/05	7.554,0	35.006,7	597,0	43.157,7	39.200,0	883,3	3.074,5
2005/06	3.074,5	42.514,9	956,0	46.545,4	39.829,5	4.340,3	2.375,6
2006/07	2.375,6	51.369,9	1.095,5	54.841,0	41.885,0	10.862,7	2.093,3
2007/08	2.093,3	58.652,3	652,0	61.397,6	46.353,3	7.368,9	7.675,5
2008/09	7.675,5	51.003,8	1.181,6	59.860,9	45.414,1	7.333,9	7.112,9
2009/10	7.112,9	56.018,1	391,9	63.522,9	46.967,6	10.966,0	5.589,2
2010/11	5.589,2	57.406,9	764,4	63.760,5	49.029,3	9.311,9	5.419,3
2011/12	5.419,3	72.979,5	774,0	79.172,8	52.425,2	22.313,7	4.433,9
2012/13	4.433,9	81.505,7	911,4	86.851,0	54.113,1	26.174,1	6.563,8
2013/14	6.563,8	80.051,7	790,7	87.406,2	54.645,1	20.924,8	11.836,3
2014/15	11.836,3	84.672,4	350,0	96.858,7	55.959,5	29.689,0	11.210,2
2015/16*	11.210,2	81.909,9	500,0	93.620,1	58.197,9	28.000,0	7.422,2

*Fonte: Companhia Nacional de Abastecimento (Conab). * Estimativa*

"Nosso avanço foi fantástico, basta ver que a produtividade média brasileira foi de 5,3 t. por hectare, na safra 2014/15. No Paraná, a produtividade média é de 6,5 t. por hectare. Há 20 anos, a produtividade média no país era de 2,6 t. por hectare[1]. Isso mostra que a produtividade tem aumentado significativamente, mas ainda estamos distantes dos Estados Unidos, que colhem, em média, 10 t. por hectare. Certamente, continuaremos a ampliar a nossa produtividade, pois o milho é uma excelente alternativa de renda à atividade para o agricultor", avalia o engenheiro agrônomo João Paulo Koslovski, presidente da Organização das Cooperativas do Estado do Paraná (Ocepar).

A guinada mais expressiva se deu recentemente, quando a produção nacional de milho saltou de 57.406 milhões de t., na safra 2010/11, para 72.979 milhões de t., na safra 2011/12, já devido ao avanço do milho de segunda safra, que a partir de então superou em volume a primeira safra, ou safra verão: "O Brasil se tornou um grande produtor de milho da segunda safra. Da produção brasileira de 84,7 milhões de t., em 2014/15, 30,2 milhões de t. foram colhidas na safra de verão e 54,5 milhões de t. na segunda safra; ou seja, 64% da produção veio do milho safrinha. Há 20 anos, a produção nesse segundo período era praticamente zero. Com a alteração da prática, o Brasil se tornou um produtor de soja na primavera/verão e de milho da segunda safra, no outono/inverno. O Mato Grosso, pela viabilização do milho safrinha, tornou-se o maior produtor nacional do cereal, seguido pelo Paraná, com produções de 20,8 milhões e 15,9 milhões de t., respectivamente", acrescenta Koslovski. Vale lembrar que, na safra 2005/06, o Mato Grosso ainda se posicionva como quinto produtor nacional; hoje, seu volume é 30% maior que o do Paraná, segundo produtor, estado que, por condições agroclimáticas, não está habilitado a produzir milho no inverno, assim como toda a região Sul do país.

A crise econômica está, contudo, impactando negativamente a cultura do milho, segundo Koslovski "principalmente pela elevação dos custos de produção que, já nesta safra de verão (2015/16), aumentaram, em média, 20%, o que se traduz em custo de produção superior a R$ 20 por saca de 60 quilos; também preocupam o aumento do desemprego e a queda na renda média da população, que podem contribuir para a redução da demanda por carnes, um dos principais destinos do milho". Refletindo esta reversão de tendência, o primeiro levantamento da safra de milho 2015/16[2] estima que, no melhor cenário, a área plantada na safra verão deverá ser reduzida em 4,2% e, no

TABELA 2. EVOLUÇÃO DA PRODUÇÃO TOTAL DE MILHO NO BRASIL, EM MIL TONELADAS

ESTADO / ANO-SAFRA	2006/07	2007/08	2008/09	2009/10	2010/11	2011/12	2012/13	2013/14	2014/15
NORTE	**1.243,0**	**1.372,8**	**1.247,5**	**1.286,5**	**1.415,5**	**1.652,4**	**1.672,3**	**1.821,2**	**2.560,2**
RR	24,4	12,8	12,8	12,8	13,0	13,0	13,0	5,7	15,4
RO	302,4	383,9	327,4	374,2	350,9	453,7	501,6	455,5	651,3
AC	56,2	42,0	44,2	57,8	83,7	100,3	111,6	108,8	96,3
AM	44,3	35,2	30,0	31,9	35,0	36,0	30,8	28,9	38,6
AP	1,8	2,4	3,0	3,3	2,9	2,1	1,9	2,0	1,6
PA	532,3	622,8	565,2	540,6	544,7	599,7	565,6	536,8	706,8
TO	281,6	273,7	264,9	265,9	385,3	447,6	447,8	683,5	1.050,2
NORDESTE	**3.106,2**	**4.396,0**	**4.642,4**	**4.273,6**	**6.128,0**	**4.364,0**	**4.859,8**	**7.574,5**	**6.393,7**
MA	447,1	490,4	504,1	562,1	879,7	731,6	1.309,4	1.725,9	1.469,2
PI	179,0	322,9	495,4	353,6	705,1	787,2	542,8	1.029,4	1.064,3
CE	335,6	752,5	554,9	175,1	949,3	73,9	98,1	401,3	151,4
RN	37,9	53,8	43,0	9,2	49,4	2,6	4,7	20,5	8,4
PB	70,8	128,5	166,3	6,3	97,0	4,2	26,3	35,4	20,3
PE	95,6	185,6	212,1	125,6	190,9	24,1	15,8	94,0	73,2
AL	46,0	44,4	46,6	41,8	51,1	22,4	21,9	27,5	30,3
SE	197,5	451,3	614,8	722,8	928,1	543,7	941,5	1.058,2	745,9
BA	1.696,7	1.966,6	2.005,2	2.277,1	2.277,4	2.174,3	1.899,3	3.182,3	2.830,7
CENTRO-OESTE	**12.994,0**	**16.686,2**	**15.564,1**	**16.906,8**	**17.315,6**	**31.116,3**	**35.910,6**	**35.053,8**	**39.491,4**
MT	5.864,9	7.806,8	8.081,7	8.118,1	7.619,7	15.610,4	19.893,0	18.049,4	20.763,4
MS	2.951,4	3.524,3	2.311,9	3.737,3	3.423,2	6.576,4	7.820,7	8.179,6	9.056,8
GO	3.887,5	5.031,1	4.898,9	4.796,0	6.009,8	8.575,9	7.696,1	7.999,1	8.993,9
DF	290,2	324,0	271,6	255,4	262,9	353,6	500,8	825,7	677,3
SUDESTE	**10.353,2**	**11.417,6**	**10.935,0**	**10.715,6**	**10.952,3**	**12.800,0**	**12.677,7**	**10.728,4**	**11.058,9**
MG	6.256,8	6.629,1	6.543,5	6.083,6	6.526,7	7.807,4	7.452,2	6.943,0	6.864,5
ES	90,7	95,3	96,9	74,2	81,7	76,5	61,4	60,5	24,3
RJ	23,5	19,8	20,4	17,5	16,9	14,9	13,3	10,3	3,9
SP	3.982,2	4.673,4	4.274,2	4.540,3	4.327,0	4.901,2	5.150,8	3.714,6	4.166,2
SUL	23.673,3	24.779,7	18.614,8	22.835,6	21.595,5	23.046,8	26.385,3	24.873,8	25.225,0
PR	13.851,3	15.368,3	11.100,8	13.443,3	12.247,7	16.757,1	17.642,4	15.671,8	15.862,9
SC	3.863,5	4.089,4	3.265,2	3.798,4	3.571,5	2.947,0	3.359,4	3.485,0	3.189,1
RS	5.958,5	5.322,0	4.248,8	5.593,9	5.776,3	3.342,7	5.383,5	5.717,0	6.173,0
NORTE/NORDESTE	**4.349,2**	**5.768,8**	**5.889,9**	**5.560,1**	**7.543,5**	**6.016,4**	**6.532,1**	**9.395,7**	**8.953,9**
CENTRO-SUL	**47.020,7**	**52.883,5**	**45.113,9**	**50.458,0**	**49.863,4**	**66.963,1**	**74.973,6**	**70.656,0**	**75.775,3**
BRAZIL	**51.369,9**	**58.652,3**	**51.003,8**	**56.018,1**	**57.406,9**	**72.979,5**	**81.505,7**	**80.051,7**	**84.729,2**

*Fonte: Companhia Nacional de Abastecimento (Conab). * Estimativa*

TABELA 3. EVOLUÇÃO DA ÁREA PLANTADA DE MILHO; REGIÕES, BR

REGIÃO / ANO-SAFRA	2005/06	2006/07	2007/08	2008/09	2009/10	2010/11	2011/12	2012/13	2013/14	2014/15	2015/16*	2015/16**
Total												
NORTE	556,6	564,5	572,3	521,4	514,0	521,7	569,5	528,3	551,2	667,0	642,2	648,2
NORDESTE	2.850,9	2.961,6	2.981,6	3.030,0	2.648,7	3.147,7	2.421,5	2.325,5	2.899,7	2.715,8	2.635,8	2.663,8
CENTRO-OESTE	2.372,5	3.259,7	3.774,7	3.528,1	3.723,3	3.857,5	5.291,8	6.202,9	6.202,2	6.491,8	6.419,0	6.432,7
SUDESTE	2.472,0	2.404,6	2.350,9	2.253,7	2.113,3	2.146,0	2.242,3	2.203,0	2.106,5	2.059,8	1.852,3	1.943,7
SUL	4.711,9	4.864,5	5.086,2	4.838,6	3.994,6	4.133,2	4.653,0	4.569,6	4.069,3	3.809,3	3.572,4	3.707,8
NORTE/ NORDESTE	3.407,5	3.526,1	3.553,9	3.551,4	3.162,7	3.669,4	2.991,0	2.853,8	3.450,9	3.382,8	3.278,0	3.312,0
CENTRO-SUL	9.556,4	10.528,8	11.211,8	10.620,4	9.831,2	10.136,7	12.187,1	12.975,5	12.378,0	12.360,9	11.843,7	12.084,2
BRASIL	12.963,9	14.054,9	14.765,7	14.171,8	12.993,9	13.806,1	15.178,1	15.829,3	15.828,9	15.743,7	15.121,7	15.396,2

*Fonte: Companhia Nacional de Abastecimento (Conab). * Estimativa máxima; ** Estimativa mínima*

pior cenário, em 6,7%: "Considerando que a produtividade média das lavouras de milho da região Centro-Sul do país, em 2014/15, foi a maior da nossa história, acho improvável que a produtividade aumente para compensar a queda da área. Então, a princípio, podemos esperar nova redução da produção do milho no verão. Em relação à segunda safra, vai depender muito dos preços do grão na virada do ano. Os grandes estoques de passagem da safra 2014/15, perto de 14,5 milhões de t., podem segurar os preços, mas precisamos esperar o desenrolar da conjuntura mundial", avalia Rubens Augusto de Miranda, pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo.

A recessão econômica deve atingir mais diretamente a produção do que o consumo de alimentos, acredita Miranda: "Os efeitos da crise são mais adversos no consumo dos setores de bens de consumo industriais. (...) Em relação ao câmbio, a depreciação é favorável às exportações, pois torna os nossos produtos mais baratos lá fora. Apesar de não existirem informações agregadas do consumo total em tempo real, ao final do ano (de 2015) é mais provável que o consumo interno de milho aumente do que diminua". O produtor gaúcho e presidente do Conselho Administrativo Associação Brasileira de Sementes e Mudas (Abrasem), Narciso Barison Neto, ressalta que a alta do dólar traz, também,

consequências danosas ao produtor, aumentando os custos, norteados em boa parte pelo câmbio: "São produtos importados, como fertilizantes e defensivos. E há, ainda, o aumento acentuado nos combustíveis. Então, há uma tendência de o agricultor diminuir a utilização de tecnologia e, consequentemente, reduzir lá na frente a produtividade e sua renda".

Entusiasta do cereal, Alysson Paolinelli, ex-ministro da Agricultura (1974 a 1979) e atual presidente executivo Associação Brasileira dos Produtores de Milho (Abramilho), acredita que o potencial da cultura é maior do que as mazelas conjunturais: "Alguns estavam nos criticando por estar forçando uma produção maior, achando que o preço cairia. Eu digo que mercado é mercado, e o mundo está mostrando que há demanda para o milho. Se tem demanda, por que o preço vai cair? A tendência é de o preço subir, e está subindo... A dobradinha que estamos fazendo entre primeira e segunda safra é uma benção de Deus para o clima tropical, uma compensação para os muitos anos que tivemos de sofrimento. O Brasil sofreu sete planos econômicos, de um modo geral, violentos contra o setor agroprodutivo, que é desorganizado e não tem capacidade de colocar preço em seu produto. Agora, o que está havendo é uma demanda indiscutível em relação ao milho, por duas razões principais. A primeira é o crescimento da população, do qual ninguém duvida; estimativas internacionais indicam que chegaremos, a partir de 2050, a algo entre 9 bilhões ou 9,7 bilhões[3] de habitantes no mundo. Mas, para o mercado, acho que o mais importante é a ampliação da renda familiar. Toda vez que temos um aumento de 20% na renda familiar, dobra-se o consumo de proteínas nobres. Vivemos por duas décadas seguidas fenômenos em que os grandes países populosos estão crescendo mais, como Brasil, China, Índia; até Bangladesh está crescendo; a África é um caso à parte, porque não importa milho para produzir ração, mas para alimentação humana. O milho é parte da alimentação básica na África, que tem um bilhão de habitantes, e parece que ninguém está reparando nisso. Então, a demanda pelo milho só tende a crescer".

MILHO COM ASAS

O crescimento do consumo de milho no Brasil decorre, principalmente, de seu emprego como ração na suinocultura e avicultura, segmentos que devem crescer mais de 30%, nos próximos dez anos: "Somos os maiores exportadores de carne de aves do mundo (3º produtor mundial e líder em exportação); é nosso milho com asas. E temos também o milho com rabinho, a carne suína (4º lugar no *ranking* de produção e exportação mundial). Somos extremamente competentes na indústria de transformação. A integração dos produtores de milho com os aviários, nas grandes empresas, é um modelo brasileiro espetacular", avalia Barison, da Abrasem, referindo-se especialmente aos aviários do Sul do país.

Mas o fato de grande parte da produção de milho estar, atualmente, concentrada na região Centro-Oeste (Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Goiás) cria dificuldades logísticas, devido à distância dessa região em relação aos principais centros consumidores: "Nossos principais problemas estão relacionados à questão logística da distribuição e armazenagem da safra, dado que o produto, devido ao baixo valor em relação ao frete em algumas regiões, como a Centro-Oeste, que ficam muito distantes dos portos e centros de consumo para ração animal, tem sua competitividade, em geral, dependente de políticas públicas de apoio à comercialização, como o Prêmio para Escoamento de Produto (PEP)[4] e o Prêmio Equalizador Pago ao Produtor (Pepro)[5]. Questões relacionadas às micotoxinas são potenciais problemas que podem comprometer a qualidade do milho no campo e dificultar a fabricação de rações de qualidade, pois afetarão o rendimento e a conversão alimentar para suínos e aves", afirma Koslovski, da Ocepar.

O entrave, ele acrescenta, "continua a ser a deficiente infraestrutura em estradas, ferrovias, rodovias etc., que cerceia e dificulta o processo comercial do produto", seja para exportação ou consumo interno. Rubens Miranda, da Embrapa, exemplifica o que isso representa em distância percorrida para a exportação: "O milho que sai de Sorriso, no Mato Grosso, precisa percorrer 2 mil km para chegar a Santos, principal porto de exportação de grãos do Brasil, e 2,2 mil km para chegar a Paranaguá, nosso segundo principal porto. Isso faz com que os custos de transporte sejam maiores que os custos de produção; o resultado é que este milho mato-grossense muitas vezes é vendido abaixo do custo, para ser comercializável. Também não há, na região, infraestrutura de armazenamento suficiente para que os produtores possam barganhar melhores preços. Outro grande problema é que a troca dos modais de transporte (de caminhão passa para trem, que passa para barco etc.) constitui fato gerador do ICMS, onerando o milho por causa da cadeia logística. Felizmente, a unificação do ICMS, em curso, deve resolver esse problema".

O gaúcho Barison, da Abrasem, concorda: "O gargalo está na distribuição, seja para exportação ou para consumo interno, por uma questão fundiária. Temos uma mão de obra especializada no Sul para o trabalho com os aviários e com as pocilgas, o que não acontece no Centro-Oeste, onde está o polo macro de produção do milho. O Rio Grande do Sul deve importar mais de um milhão de t./ano de milho dos estados produtores; Santa Catarina também importa. Esse quadro impacta negativamente nos custos de produção, porque a distância é um problema. Existe, agora, uma tentativa dos governos do Mato Grosso e de Goiás de transformarem a proteína do milho em proteína animal; assim, inverteríamos esta dinâmica logística, transportando maior valor agregado".

O mercado interno brasileiro absorve cerca de 55 milhões de t.: "Mas este consumo fica de São Paulo para baixo. Há uma produção considerável de milho no Paraná, Rio Grande do Sul e São Paulo, porém, o milho que vem do Norte e do Centro-Oeste concorre, pressionando os preços para baixo e, de certa forma, desestimulando a produção de verão nestas regiões (Sudeste e Sul), porque a safrinha aí é mais restrita. Então, a exportação é muito importante para a manutenção dos preços ao produtor. Por outro lado, se formos depender apenas do mercado interno, ficamos amarrados a um aumento de consumo, e o momento é de crise", pondera Barison.

FINANCIAMENTO

As críticas dos produtores recaem também sobre as políticas de financiamento agrícola vigentes: "Apesar dos anúncios de recursos para a safra em curso, temos sentido dificuldades dos produtores em acessá-los. Eles não estão chegando ao setor produtivo, por falta de recursos e por uma manobra dos bancos de oferecer ao produtor um *mix* de juros: uma parte com os juros regulados pelo governo e outra a juros de mercado. Isso eleva os custos de produção e preocupa, porque há uma tendência errada do produtor de baixar a qualidade, isto é, o investimento em tecnologia. O setor de sementes se ressente disso, porque, para usar tecnologia, é preciso usar sementes de primeira linha, que respondem a um conjunto de tecnologias. Sem genética e biotecnologia na semente, não há produtividade", detalha Barison.

O Paraná escapa a esse contexto, pelo menos em parte, segundo Barison, por contar com fortes cooperativas de crédito, o que não ocorre nos demais estados: "As cooperativas do Paraná evoluíram de forma extraordinária, agregando renda aos produtores e os mantendo vinculados ao sistema cooperativista. Infelizmente, não temos isso no Rio Grande do Sul. Ao contrário, as cooperativas do nosso estado enfrentam grandes dificuldades e não evoluíram; ficamos na dependência dos financiamentos governamentais". Esta força das cooperativas paranaenses deve contribuir para que a avaliação de Koslovski, que justamente preside a Ocepar, seja menos severa em relação ao financiamento agrícola: "As políticas públicas estão, de certa forma, dando conta dos financiamentos de custeio da safra e, em momentos de necessidade, também do financiamento do escoamento e comercialização da produção. O que ainda precisa ser melhorado é o sistema de seguro de renda para que os produtores tenham garantias efetivas em anos de problemas climáticos e de mercado", ele afirma.

Ricardo Miranda, da Embrapa, entende que o novo Plano Safra do governo possui prós e contras: "Se de um lado há mais recursos, por outro lado os juros aumentaram. Entretanto, o maior problema do financiamento agrícola da próxima safra (2015/16) foi o atraso na liberação dos recursos de custeio, em um cenário de depreciação contínua do câmbio. Em 2014, 73% dos fertilizantes intermediários consumidos no país foram importados. Logo, a depreciação cambial afeta diretamente uma rubrica de custo importante, que são os fertilizantes. O atraso dos recursos ocorreu no momento de comprar os insumos da próxima safra. Quem não utilizou recursos próprios e optou por esperar, pagou mais caro, além de ter perdido a 'carona'. Isso porque, para reduzir os custos, utiliza-se o mesmo transporte que leva os grãos aos portos para retornar com insumos".

POTENCIAL AMPLO

Industrialmente, o Brasil ainda explora pouco o potencial de emprego do milho: "A diversidade de empregos industrial é fantástica; atualmente temos o uso em rações animais, alimentação humana, indústria de alimentos e bebidas, indústria de energia, etanol. Mas nos Estados Unidos são utilizadas mais de 150 milhões de t. de milho para este fim. (...) A ampliação do uso do milho pela indústria brasileira deve ser uma realidade para os próximos anos; contudo, continuará sendo a melhor alternativa para produção de proteína animal", observa Koslovski.

Referendando os EUA como o país com maior diversificação no uso do cereal, Miranda, da Embrapa, detalha que "são mais de 3.500 usos diferentes. Além de alimentar pessoas e animais e produzir combustíveis, o milho processado é utilizado em antibióticos, sabonetes, detergentes, polímeros, vitaminas, tintas, goma de mascar, baterias elétricas, pneus, cerveja, fogos de artifício etc.".

Com tantas perspectivas de emprego e com a vocação natural do Brasil para o agronegócio, porque, então, nossa produção total/ano é ainda tão menor (cerca de ¼) que a norte-americana? São dois fatores principais, na opinião de Barison: "Um e o principal é a nossa baixa produtividade. Quando se compara a produtividade média deles, de 10 t. por hectare, com a nossa, de cerca de 5 t. por hectare, a diferença é muito grande. Além disso, carecemos de políticas de governo, uma questão estrutural do país. Hoje, temos produtores muito ligados a questões políticas, ao Pronav. Mas no que diz respeito à área plantada, temos condições de crescer muito, ao contrário dos norte-americanos que, para aumentar a área de milho, precisarão reduzir a área de soja. O norte-americano está esgotado em termos de áreas para culturas de verão. Mas nós podemos aumentar nossa área de milho, sem comprometer a área de soja".

Para Alysson Paolinelli, o problema central é a falta de um plano governamental de longo prazo e alcance para o setor: "Todo país que é grande produtor de milho ainda subsidia muito seus produtores; o único que penaliza é o Brasil. O financiamento agrícola quase não existe mais. Não temos crédito, não temos seguro, não temos preço mínimo, não temos infraestrutura de armazenamento. E não temos, infelizmente, um governo com um mínimo de capacidade de planejamento estratégico", ele aponta. De acordo com o presidente da Abramilho, enquanto os EUA subsidiam seu agronegócio pelo seguro agrícola, no Brasil o produtor arca com os tributos indiretos: "O governo diz que o produtor brasileiro não paga impostos. Não paga diretamente, mas paga muito porque consome combustível, maquinário, transporte, pedágio, telefonia, insumos; tudo tem muito imposto embutido. Nos EUA, uma tonelada de grão que sai do *Corn Belt* ("cinturão do milho", região localizado no Norte e Centro-Oeste norte-americano) e vai para o Golfo do México, percorrendo 1.300 milhas, custa em transporte no máximo 12 dólares; aqui estamos pagando entre 30 e 50 dólares, porque temos rios que não foram trabalhados, rodovias que não funcionam, ferrovias que não andam e assim sucessivamente... E como há um cartel entre ferrovias e rodovias, hoje o preço para ambas é o mesmo, coisa que eu nunca tinha ouvido falar".

Parece haver consenso de que a superação dos entraves só será possível com planejamento estratégico: "É preciso estratificar o setor produtivo e considerar categorias de produtores, para podermos classificar e ter um entendimento mais claro em termos de uso de tecnologia e produtividade. Quando se fala em excedentes para exportação, estamos falando de propriedades médias e grandes, nas quais a tecnologia é empregada de forma mais consistente e onde o índice produtivo já alcança entre 7 e 8 t. por hectare, porque a média é de cerca de 5; então, temos ainda muitas propriedades produzindo muito pouco... E quando se fala de produção em pequenas propriedades, isso passa, obrigatoriamente, por políticas públicas", analisa Barison, da Abrasem.

A despeito de qualquer dificuldade logística ou estrutural, produtores e profissionais do segmento são otimistas nas previsões para o cereal, no Brasil e no mundo: "Enxergo o milho como um insumo estratégico para o futuro, principalmente na substituição de fontes não renováveis de recursos", indica Miranda, da Embrapa. "Acredito no milho: precisávamos ter um programa nacional de estímulo ao consumo e à produção; estamos à espera de que o governo nos chame com o desejo de ocupar este espaço do mercado mundial", reforça Paolinelli, acrescentando: "O mundo vai precisar, nos próximos 30 anos, de quase 400 milhões de t. de milho a mais, o Brasil poderia ocupar, no mínimo, umas 200 milhões de t., se houver cabeça no governo. Até agora não há, e podemos estar jogando fora esta oportunidade".

NOTAS

1 Dado da Cia. Nacional de Abastecimento (Conab).

2 Dado da Cia. Nacional de Abastecimento (Conab).

3 Pesquisa do Instituto Francês de Estudos Demográficos (Ined) indica que a população mundial deve chegará perto dos 10 bilhões de habitantes em 2050, contra 7,3 bilhões em 2015. Reportagem completa disponível em: ‹http://g1.globo.com/mundo/noticia/2015/09/populacao-mundial-chegara-aos-10-bilhoes-em-2050-segundo-estudo.html›. Acesso em: 3 dez. 2015.

4 PEP é uma ajuda econômica concedida às indústrias moageiras ou aos comerciantes de cereais que estejam em plena atividade industrial e adquiram o cereal de produtores rurais ou suas cooperativas.

5 O Pepro é uma subvenção concedida ao produtor rural e/ou sua cooperativa que se disponha a vender seu produto pela diferença entre o preço mínimo estabelecido pelo Governo Federal e o valor do Prêmio Equalizador arrematado em leilão.

Exportações crescem estimuladas pelo câmbio e maior demanda externa

FREEIMAGES / JIN NEOH

Crescimento da produção brasileira do cereal veio na hora certa para atender à expansão do consumo externo

Apenas no mês de outubro de 2015, o Brasil exportou 5,55 milhões de t. de milho grão[1], maior volume mensal comercializado no exterior pelo país, quebrando o recorde de 3,95 milhões de t. embarcadas em outubro de 2013. Pela previsão da Companhia Nacional de Abastecimento (Conab), devemos concluir a temporada 2014/15 (fev/15 a jan/16) com 27,44 milhões de t. de milho exportadas, movimento sustentado pelas cotações do cereal num mercado interno premido pela crise econômica: "Em termos de exportação, estamos crescendo e muito... Vamos ser os grandes exportadores de milho do mundo. (...) A demanda terá um crescimento expressivo nos próximos trinta anos", avalia Alysson Paolinelli, da Abramilho, enfatizando dois aspectos: "Os grandes países produtores de milho – EUA, China e União Europeia – estão com suas áreas de plantio limitadas e já admitem que não têm capacidade para crescer. Na China, onde estive por três vezes em dois anos, acompanho o esforço que estão fazendo para aumentar sua produção e alcançar autossuficiência, mas estão no limite da produção, enquanto a demanda cresce. Então, eles começam a repensar essa perspectiva; em soja, já definiram que não vão ser autossuficientes... E temos, ainda, a Índia, a África e a Europa, todos com fortes demandas por milho".

O crescimento da produção brasileira do cereal veio na hora certa para atender à expansão do consumo externo, na avaliação de Paolinelli: "Os Estados Unidos exportam, mas exportam milho velho, de quatro anos. O nosso é novo, de excepcional qualidade e a um custo que ninguém compete. Somos a salvação para eles... Não tenho dúvida de que, daqui por diante, o Brasil será olhado não só como produtor de soja, café, açúcar, etanol e laranja; será olhado, também, como um grande produtor de milho, porque temos um consumo interno que não ultrapassa 80% de nossa produção; então, cerca de 20% ou mais ficam para exportação, o que representa uma certa garantia aos países que não têm mais espaço para produzir".

Para João Paulo Koslovski, da Ocepar, a alta do dólar foi um fator preponde-

rante para as perspectivas favoráveis ao segmento exportador, já que os preços internacionais vinham se mantendo estagnados: "Desde 2000, quando o Brasil estreou no mercado internacional de milho, exportando entre 5 e 10 milhões de t., este processo não parou mais. Nos últimos cinco anos, as exportações ficaram, em média, acima dos 20 milhões de t., e o Brasil se tornou o segundo maior exportador mundial do cereal. No milho, existe um mercado externo promissor para o Brasil".

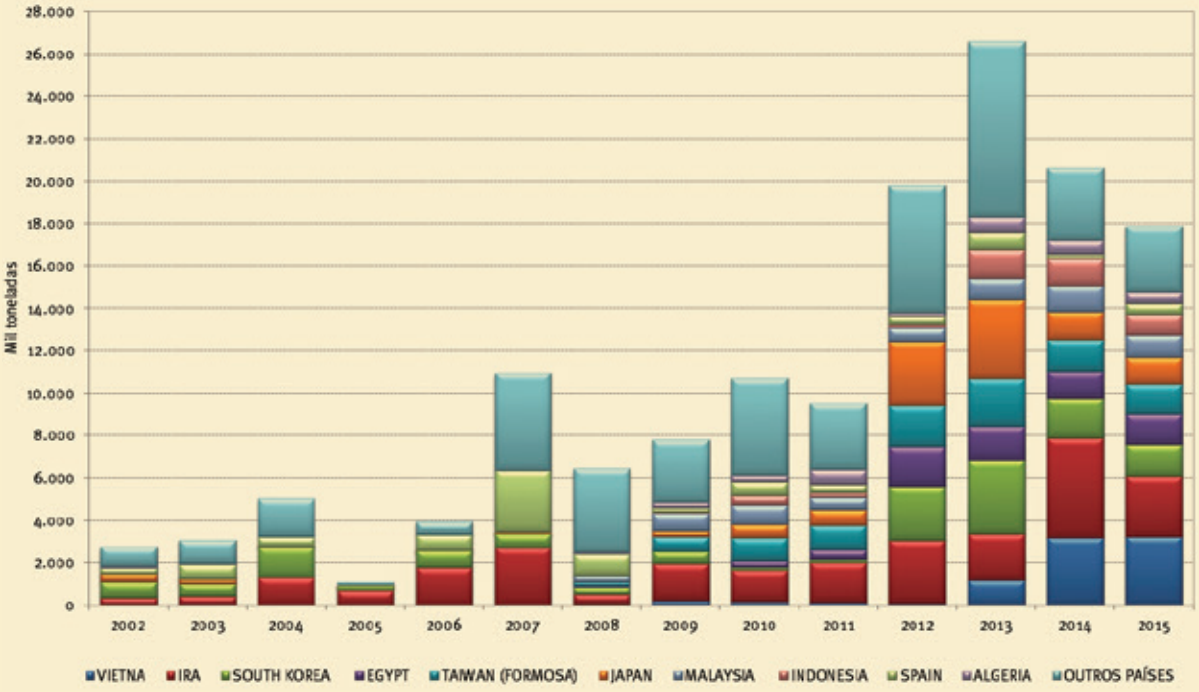
Há, contudo, outros fatores importantes contribuindo para os bons resultados das vendas para o exterior: "O aumento das exportações brasileiras, hoje, é resultado de fatores que ocorreram meses atrás, entre eles o câmbio. Mas é importante ter em mente que a depreciação cambial afeta os contratos de exportações futuras, impactos que demoram a serem vistos. Especificamente em relação ao milho, as vendas externas devem alcançar uma quantidade recorde em 2015. O principal motivo será a redução da produção na Europa, que precisou aumentar suas compras. Considerando que dois dos principais concorrentes do Brasil no mercado internacional de milho, Argentina e Ucrânia, não terão excedentes exportáveis para satisfazer essa demanda adicional, o milho brasileiro será o principal beneficiado", ressalta Rubens Miranda, da Embrapa Milho e Sorgo. Nosso milho é exportado em grão bruto e, também, agregado às carnes de aves e suínos: "E as perspectivas (nestes segmentos) são boas, de crescimento das exportações. Em julho e agosto as vendas de carnes de frango foram, respectivamente, 21% e 14% maiores que nos relativos meses de 2014", acrescenta Miranda.

Os principais destinos de milho brasileiro, em 2015, continuaram sendo o Vietnã (3,2 milhões de t.), Irã (2,9 milhões de t.), Coreia do Sul (1,5 milhão de t. e Egito e Taiwan (Formosa), com 1,42 milhão de t. cada um – dados até outubro de 2015. Em menor volume, mesmo os EUA, além do Japão, importam milho brasileiro. Contudo, nossas exportações de milho ainda são tímidas, se comparadas às norte-americanas: "Mas temos um excedente de cerca de 40 milhões de t. (ao descontar da produção o consumo interno) e somos o segundo maior país exportador de milho. Então, o quadro é animador", completa Narciso Barison, da Abrasem.

NOTAS

1 Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC).

FIGURA 1. DESTINO DAS EXPORTAÇÕES BRASILEIRAS, 2002/15



Secretaria de Comércio Exterior (Secex)

Mercado já aprovou tecnologia do milho trangênico

FREE IMAGES / THOMAS WESTCOTT

Pesam a favor das variedades transgênicas maiores ganhos em produtividade, praticidade de cultivo e menores custos finais

A principal tecnologia do milho transgênico cultivado no Brasil é a que expressa proteína(s) da bactéria *Bacillus thuringiensis* (Bt). Por meio desta tecnologia, as plantas de milho expressam uma ou mais proteínas de Bt que é tóxica à fase juvenil (lagartas) dos insetos lepidópteros. A proteína Bt só se ativa quando ingerida pelo inseto, porque precisa, para isso, das condições alcalinas existentes no tubo digestivo da lagarta. Em seres humanos, cujo pH intestinal é ácido, seu efeito seria inócuo.[1] A polêmica acerca de possíveis prejuízos à saúde humana causados por produtos transgênicos já foi intensa, mas é, hoje, um assunto superado se considerarmos sua aceitação pelo mercado consumidor: "O milho brasileiro tem uma qualidade excepcional. Inclusive, criamos uma associação entre Brasil, Argentina e EUA, por iniciativa da Abramilho, com o objetivo de nos organizarmos para evitar essas besteiras de que o milho transgênico é perigoso. Queremos mostrar que é o contrário disso; se observarmos, estes três países consomem de 70% a 80% do milho que produzem; alimentamos milhões de aves, suínos e bovinos. Aqui no Brasil, alimentamos também nossa população com este milho; nossos filhos e netos comem milho transgênico e nunca houve um caso sequer que gerasse dúvida sobre a confiabilidade do produto. Estamos mostrando que, com a transgenia, aumentamos nossa produtividade e diminuímos o uso de produtos químicos. Estamos alcançando maior resistência das plantas e, também, reduzindo o consumo de combustíveis e de água. Hoje, quando vamos à Europa, somos aplaudidos nas reuniões de produtores, que querem nosso apoio para a liberação do milho transgênico. É fato que eles têm um mercado para os produtos orgânicos, e não somos contra isso... Se querem produzir outras variedades e têm condições de venda, tudo certo. Mas o orgânico é um milho que precisa ser vendido a uma população que possa pagar mais, porque tem menor produtividade e sai mais caro. Em termos de qualidade e condições de uso, o transgênico é igual ou melhor que o orgânico", argumenta Alysson Paolinelli.

Ganhos de produtividade, praticidade no cultivo e menor custo final são os principais argumentos utilizados em favor dos transgênicos: "Os eventos de transgenia disponibilizados, até o momento, para controle de pragas e plantas daninhas, têm trazido vantagens aos produtores. No entanto, é importante a manutenção das pesquisas com híbridos convencionais, para termos um amplo espectro de cultivares disponibilizadas no mercado. A controvérsia sobre o milho transgênico foi muito intensa no início do plantio, no Brasil, a partir da aprovação da Lei de Biossegurança, em 2005, quando países europeus tinham restrições na importação do milho OGM e pagavam prêmios para o milho convencional. Essa questão foi superada. No momento, mais de 90% do milho produzido no Brasil, Argentina, Paraguai e Estados Unidos é transgênico", reforça João Paulo Koslovski, da Ocepar. Rubens Miranda, da Embrapa, ressalta que "a produtividade média das lavouras de milho no Brasil passou a crescer de forma mais acentuada com o início da comercialização das sementes transgênicas no Brasil. O motivo não é que elas sejam mais produtivas do que suas equivalentes convencionais, mas que o uso desta tecnologia alavancou a aplicação de insumos nas lavouras brasileiras, no sentido de que o produtor não investe, em sua maioria, em um saco de sementes de R$ 500,00 sem investimentos adicionais".

Para Narciso Barison, da Abrasem, o transgênico é um dos pilares de sustentação dos bons resultados alcançados nas safras brasileiras mais recentes de milho, ao lado do cultivo da safrinha: "Se o produtor compra a semente transgênica é porque alcança com ela bons resultados; hoje, no caso da soja, 99% da área plantada no país é com transgênicos; no milho, são cerca de 94% da área plantada. Então, o mercado já respondeu a esta questão". Mesmo sendo predominantemente transgênico, o milho brasileiro deve continuar ampliando seus horizontes internacionais: "O produtor não enfrenta, hoje, qualquer condicionamento às exportações, em função do mercado europeu, o único que tem feito restrições ao transgênico. Mas parece que o produtor brasileiro só se considera realizado se exporta para o Mercado Comum Europeu, que tem significação muito pequena, não chega a ser uma preocupação. A China é muito mais importante e com eles não temos problemas. Por incrível que pareça, a China tem restrições ao milho americano, não ao nosso", acrescenta Barison".

O milho geneticamente modificado resistente a pragas tem permitido a redução do uso de agrotóxicos nas lavouras e dos custos de produção. E mesmo as restrições ainda fortes ao transgênico no Velho Continente parecem arrefecer, se considerarmos a recente ampliação das aquisições da União Europeia de milho brasileiro. Paolinelli acredita que eles estão optando por uma política mais moderada, para equacionar o problema da demanda: "Na Europa, já decidiram terminantemente que não vão plantar o milho geneticamente modificado, mas vão importar o nosso, porque é excepcional e não tem problema".

NOTAS

1 A despeito desse argumento, o consumo direto ou de derivados de plantas transgênicas permanece sendo polêmico para muitos, sob o argumento de que não há, ainda, informações cientificas suficientes sobre seus efeitos, que poderiam provocar reações alérgicas, reduzir resistência a antibióticos ou, ainda, causar câncer em animais.

Linha do tempo

Cereal é parte da identidade americana

Homem asteca planta o milho, ilustração extraída da "Historia General de las Cosas de Nueva España", enciclopédia manuscrita com 12 livros sobre povos e cultura da região central do México, compilada pelo frei Bernardino de Sahagún (1499–1590), missionário franciscano que chegou ao México em 1529; conhecido como Códice Florentino, depositado na Biblioteca Medicea-Laurenziana, Florença, Itália

Milho

CLASSIFICAÇÃO CIENTÍFICA

Reino: Plantae
Divisão: Magnoliophyta
Classe: Liliopsida
Ordem: Poales
Família: Poaceae
Subfamília: Panicoideae
Tribo: Maydeae
Gênero: *Zea*
Espécie: *Z. mays*
Nome binomial: *Zea mays*

12000 a 8000 a.C. — Período em que tem início a domesticação do milho, na Mesoamérica, supostamente a partir do teosinte, gramínea com espigas sem sabugo, encontrada em lavouras daquela região, que pode cruzar naturalmente com o milho e produzir descendentes férteis. Das mais de 300 variedades de milho identificadas, todas tiveram origem direta ou indiretamente na domesticação realizada pelas civilizações pré-colombianas.

8700 a.C. — Datação das mais antigas evidências, até o momento, de cultura do milho e de uma espécie de abóbora, na área rochosa de Xihuatoxtla, Vale Balsas, sudoeste do México. No local, foram encontradas ferramentas de pedra e amostras fósseis dos vegetais em pesquisa coordenada por Dolores Piperno, do Museu de História Natural do Instituto Smithsonian, e Anthony Renera, da Universidade Temple, EUA.

7300 a.C. — Estruturas fossilizadas de sílica com esta datação confirmam cultivo do cereal em pequenas ilhas próximas ao litoral de Tabasco, Golfo do México: "Assim, aqueles novos agricultores podiam continuar pescando e cultivando a plantação", justificou Mary Poll, pesquisadora da Universidade do Estado da Flórida, em 2006, à Proceedings of the National Academy of Sciences. O milho estava na base do "fortalecimento dos Olmecas". Os microfósseis evidenciaram que os antigos agricultores já queimavam matas nas ilhas para fazer roças de milho, prática ainda recorrente na agricultura em algumas regiões pouco desenvolvidas.

6000 a.C. — Data estimada da chegada da cultura do milho ao continente sul-americano.

5450 a.C. — Restos arqueológicos de cultura do milho com esta datação foram encontrados em cavernas de Tehuacán, Puebla, México.

4000 a.C. — Sítio arqueológico em Waynuna, sul do Peru, revelou cultivo de milho, segundo a pesquisadora Linda Perry, do Instituto Smithsonian, e colegas (Nature, 2007). Restos microscópicos (1.077 grânulos) de amido encontrados provinham, em maior parte, de espigas e folhas de milho; em quantidade menor, batata e araruta. A araruta comprovou que alguma forma de comércio havia entre as zonas altas e baixas dos Andes e da Amazônia; o mais antigo vestígio desta conexão.

2500 anos a.C. — Cultivo de milho se dissemina muito além da Mesoamérica, se tornando alimento básico de várias civilizações importantes ao longo dos séculos: Olmecas, Maias, Astecas e Incas reverenciavam o cereal, na arte e na religião. *Maíz*, nome do grão em espanhol (de origem indígena caribenha) significa "sustento da vida". Pela tradição asteca, tolteca e maia, o deus Quetzalcóatl criou os homens. Com ossos moídos dos antigos e parte de seu próprio corpo e sangue, recriou Oxomoco e Cipactónal — o Adão e a Eva da Mesoamérica antiga. Depois, encontrou no milho o alimento essencial para fazer o *atolli* (mingaus e papas); o *xocoatolli* era um mingau de milho sazonado com uma fruta vermelha, consumido pelos Quaquata, do México. O milho era plantado por indígenas americanos em montes, usando sistemas complexos que variavam de acordo com a espécie plantada e seu uso. Depois, passaram a plantações de uma única espécie, aperfeiçoando o processo de seleção de variedades mais produtivas.

1492 — Colombo chega à América e conhece o milho, principal alimento para todas as civilizações do Novo Mundo, cultivado da América do Norte à América do Sul. Era consumido triturado, como cereal, pelos nativos norte-americanos até os da região andina, enquanto os povos da floresta tropical utilizavam-no, principalmente, como alimento de consumo imediato: o milho verde, cozido ou assado. Na América do Sul e nas Antilhas, era usado no preparo da chicha, bebida fermentada, e para produzir farinha de milho. Também para os nativos norte-americanos, o milho era importante alimento e recebia diferentes nomes entre as tribos, mas sempre com o significado de "vida". Era comido cozido e assado; com o cereal moído, faziam-se bolos e pães. No retorno à Europa, Colombo levou grãos do até então desconhecido cereal, iniciando o processo de sua disseminação no Velho Continente. A importância do milho para a sobrevivência dos povos só cresceria, aclamado como "o rei dos cereais".

1500 — No Brasil, o milho era cultivado pelos índios muito antes do desembarque dos portugueses no sul da Bahia. Sobretudo as tribos tupis e guaranis tinham no cereal o principal ingrediente de sua dieta, em forma de mingau, assado, cozido, na forma do cauim (bebida fermentada) ou ainda como pipoca. A canjica originalmente era uma pasta de milho puro, que depois recebeu o acréscimo de leite, açúcar e canela pelos portugueses, ganhando adaptações, como o mungunzá (nome africano para milho cozido com leite) e o curau, feito com milho mais grosso; a pamonha era um bolo grosso de milho ou arroz, envolvido em folhas de bananeira. Após a chegada dos portugueses e o início do processo colonial, seu consumo aumentou e novos produtos à base de milho se incorporaram aos hábitos alimentares dos habitantes de todo o território nacional.

1587 — Em seu "Tratado descritivo do Brasil", o agricultor e empresário português Gabriel Soares de Souza (Portugal, 1540 — Bahia, 1591) descreveu: "Este milho se planta por entre a mandioca e por entre as canas novas de açúcar. E colhe-se a novidade aos três meses, uma em agosto e outra em janeiro. Este milho come o gentio assado por fruto, e fazem seus vinhos com ele cozido, com o qual se embebedam; e os portugueses que comunicam com o gentio, e os mestiços não se desprezam dele, e bebem-no mui valentemente." O vinho de milho a que o autor se refere seria uma cerveja de milho.

1600 — A cultura do milho se expande para outras partes do globo, devido às grandes navegações. O plantio era feito na forma ancestral praticada em toda a América do Sul, o sistema de roças.

1650/1750 — Milho tem destaque na cultura alimentar colonial, em particular na cultura alimentar da província de São Paulo, dentro de seu território — com solo e clima favoráveis à gramínea — e nas incursões dos bandeirantes, por se adequar à mobilidade da atividade. No livro "Caminhos e Fronteiras" (1957), o historiador Sérgio Buarque de Holanda dedica um capítulo a sustentar a tese do "complexo do milho", como singularidade da dieta colonial paulista. A ideia é referendada por Caio Prado Júnior, para quem duas bases alimentares se assentaram, no período colonial brasileiro: a da mandioca e a do milho: em São Paulo, o milho era o verdadeiro "pão da terra".

1909 — George Harrison Shull, botânico e geneticista norte-americano, desenvolve as sementes híbridas de milho: ao fecundar a planta com o próprio pólen

Linha do tempo

(autofecundação) eram produzidos descendentes menos vigorosos; repetindo o processo nas seis ou oito gerações seguintes, os descendentes fixavam características agronômicas e econômicas importantes. Pela seleção, estes descendentes se tornavam semelhantes; as plantas que geravam filhos geneticamente semelhantes e, também, iguais às mães passaram a ser chamadas de "linhagem pura". Shull notou que duas "linhagens puras" diferentes cruzadas produziam descendentes vigorosos —o chamado vigor híbrido ou heterose, origem do milho híbrido.

1926 — Um jovem estudante americano, Henry Wallace (mais tarde secretário da agricultura e vice-presidente dos Estados Unidos), que ganhara concurso de produtividade de milho, em Iowa, funda a Pioneer Hibred, primeira a produzir e comercializar sementes híbridas de milho. Na época, a diferença de desempenho entre as variedades existentes no mercado e os híbridos duplos despertou o interesse dos produtores, impulsionando programas de melhoramento genético.

1949 — Até antes da Segunda Guerra Mundial, a maior parte do milho produzindo no mundo era colhida à mão, o que envolvia grande número de trabalhadores (a espiga é coletada sempre inteira e a separação dos grãos e do sabugo é uma segunda operação). Um ou dois pequenos tratores eram utilizados, mas as colheitadeiras mecânicas só começaram a ser desenvolvidas após o fim da guerra, como resultado de tecnologias desenvolvidas ao longo deste período.

1970 — Como consequência da descoberta da estrutura da molécula básica da vida, o DNA, em 1953, pesquisadores começaram a trabalhar para adicionar características específicas, por transferência de genes, de uma espécie para outra — tais como qualidade nutritiva, resistência a pragas, tolerância a herbicidas ou resistência à seca, frio etc. Surge, de fato, a biotecnologia, com benefícios ao agronegócio. No que diz respeito ao milho, o maior investimento envolveu controle de insetos e tolerância a herbicidas. Muitos dos genes são provenientes do Bacillus thuringiensis (Bt), microrganismo encontrado no solo de várias regiões do Brasil, usado como inseticida biológico desde a década de 1960, por meio da pulverização dos esporos sobre a lavoura, e amplamente utilizada na agricultura orgânica.

1975 — Início do cultivo de milho safrinha, de sequeiro, cultivado extemporaneamente de janeiro a abril, na região Centro-Sul brasileira, a partir do norte do Paraná, devido à descapitalização dos agricultores da região após perdas com a geada de 1975, que dizimou cafezais paranaenses. Inicialmente, as lavouras eram conduzidas com pouco investimento, baixo nível tecnológico e, consequentemente, baixa produtividade. O frio do inverno em algumas regiões era dificuldade: "Quando você acertava, era uma vitória, porque quando começamos a plantar milho safrinha era só geada... Muitas vezes, tinha que cortar este milho para dar ao gado, porque o frio queimava tudo", relatou o produtor rural Manasses Fabrício dos Santos, de Goioerê (PR). Ao longo dos anos 1980, o produtor foi entendendo a importância da tecnologia e este cenário mudou.

1976/77 — Produção total de milho no Brasil (1ª e 2ª safras) chega a 19.256 milhões de toneladas, ocupando 11.797,3 hectares, com destaque para as regiões Sudeste, com 5.566 milhões de toneladas em 3.191,0 ha, e Sul, com 9.985 milhões de toneladas, em 4.890,5 ha (Conab).

1986/7— Produção de milho no Brasil dá salto surpreendente, alcançando 26.759 milhões de toneladas (1ª e 2ª safras), com destaque ainda para as regiões Sudeste, com 7.393 milhões de t, e Sul, com 13.782 milhões de t, mas despontando também o Centro-Oeste, com 4.453 milhões de t; a área plantada também cresce para 14.610,4 ha, com expressivo aumento da produtividade (Conab).

1990 — Avanços na citogenética e biologia molecular abrem novas perspectivas ao melhoramento genético,

FREEIMAGES / JANDERSON ARAUJO

FREEIMAGES /JANDERSON ARAUJO

proporcionando rapidez e precisão aos programas de melhoramento das plantas. A polêmica biotecnologia se desenvolve e partes de genes são isoladas e inseridas em cromossomos de diferentes espécies, objetivando maior eficácia da produção.

1994/95 — Safra com produção expressiva total de 37.441,9 milhões de t de milho; Centro-Oeste, 6.375,4 milhões de t; Sudeste, 8.412,3 milhões de t; e Sul, 19.002,5 milhões de t. Área plantada fica em torno dos 14 mil ha (Conab); Brasil exporta no período aproximadamente 6 milhões de t de milho, situando-se entre os quatro maiores exportadores do mundo.

2004 — Estudo dos pesquisadores do Eastern Cereal and Oilseed Research Center, do Canadá, mostram que, com o milho Bt, a taxa de dispersão depende da distância da fonte de pólen, da direção do vento e da coincidência da saída do pólen com a emissão das bonecas (estilo-estigmas) das espigas. Passam a recomendar distância de 200 metros de plantas GM, bem como de parentes selvagens do cereal, para impedir a ocorrência de presença adventícia.

2007/08 — Produtividade brasileira surpreende novamente: para uma área plantada de 14.765,7 ha (média do período), o volume produzido de milho chega a 58.652,3 milhões de t. Região Centro-Oeste, com 16.686,2 milhões de t, bate a produção da região Sudeste, de 11.417,6 milhões de t; Sul continua à frente com 24.779,7 milhões de t (Conab). Milho safrinha passa a ter peso significativo no aumento da produção, com rendimento maior que o da primeira safra, sucesso sustentado pelo maior grau de conhecimento e de tecnologia viabilizados aos produtores.

2012/13 — Safra de milho brasileira chega a 81.505,7 milhões de t; região Centro-Oeste alcança o maior volume, com 35.910,6 milhões de t, superando Sudeste, com 12.677,7 milhões de t, e Sul, com 26.385,3 milhões de t (Conab). Em 2013, as exportações de milho brasileiras batem o volume recorde de 26.624.886 milhões, a maior do país até o momento.

2015 — Mercado brasileiro de sementes dispõe de variedades de milho destinadas aos produtores de menor nível técnico: híbridos triplos (resultantes do cruzamento entre uma linhagem e um híbrido simples) e híbridos simples (resultantes do cruzamento entre duas linhagens).

2014/15 — Milho é o grão mais produzido e consumido do mundo: segundo informações do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA), a produção mundial do cereal atingiu 990 milhões de toneladas na campanha agrícola 2014/15. Estados Unidos, China, Brasil e Argentina são os maiores produtores, representando 70% da produção mundial. Previsão da safra brasileira é de novo recorde de 84.729,2 de milhões de t, com destaque para a região Centro-Oeste, com de 39.491,4 milhões de t (Conab).

REFERÊNCIAS

ARAUJO, C. Milho: história e arte. *Grão em Grão*, Sete Lagoas, MG, maio 2008. *Disponível* em: ‹http://www.cnpms.embrapa.br/grao/7_edicao/grao_em_grao_materia_03.htm›. Acesso em: 20 set. 2015.

BASSO, R. *A cultura alimentar paulista*: uma civilização do milho? (1650-1750). Campinas: Unicamp/IFCH, 2012. (Dissertação de Mestrado sob orientação de Leila Mezan Algranti).

BONALUME NETO, R. América do Sul tem milho há 4.000 anos. *Folha de S.Paulo*, São Paulo, 2 mar. 2006. Disponível em: ‹http://www1.folha.uol.com.br/folha/ciencia/ult306u143110.shtml›. Acesso em: 23 set. 2015.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. *Séries Históricas de Área Plantada, Produtividade e Produção*, relativas às safras de 1976/77 a 2014/15 de grãos. *Brasília:* Conab, 2015. Disponível em: ‹http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1252&t=2&Pagina_objcmsconteudos=3#A_objcmsconteudos›. Acesso em: 5 out. 2015.

FARRÁS, M. Um grãozinho de história. *Revista Crescer*, São Paulo, n. 163, jun. 2007. Disponível em: ‹http://revistacrescer.globo.com/Crescer/0,19125,EFC1550298-5670,00.html›. Acesso em: 23 set. 2015.

GUIA do Milho: Tecnologia do campo à mesa. São Paulo: Conselho de Informações sobre Biotecnologia, jul. 2006.

MILHO já era cultivado na costa do México há 7300 anos, diz estudo. *Folha de S.Paulo*, São Paulo, 11 abr. 2007. Disponível em: ‹http://www1.folha.uol.com.br/folha/ciencia/ult306u16278.shtml›. Acesso em: 23 set. 2015.

PEIXOTO, C. de M. O milho: O Rei dos cereais — Da sua descoberta há 8.000 anos até as plantas transgênicas. *Seed News*, Pelotas, RS, mar./abr. 2002. Disponível em: ‹http://www.seednews.inf.br/portugues/seed62/milho62.shtml›. Acesso em: 23 set. 2015. SOUSA, G. S. de. 1540-1590. *Tratado descritivo do Brasil em 1587*. 4. ed. São Paulo: Cia. Editora Nacional/Edusp, 1971. 389 p.

Competição

Sem controle das plantas Invasoras, perdas na cultura do milho podem chegar a 87%

Pedro Jacob Christoffoleti, Caio Augusto de Castro Grossi Brunharo e Marcelo Rodrigues Alves de Figueiredo *

Manejo de plantas daninhas é essencial: infestação pode reduzir produtividade pela competição por água, luz e nutrientes

Na cultura do milho, o sucesso no manejo de plantas daninhas é essencial à produção, pois sua infestação pode reduzir significativamente a produtividade da cultura pela competição por água, luz e nutrientes. Esta competição é crítica, principalmente, durante as fases iniciais de desenvolvimento da cultura. Para Kozlowski (2002), o período em que medidas de controle devem ser feitas é quando a planta atinge os estádios fenológicos V2 e V7. Nestes periodos de desenvolvimento do milho, o controle é importante, uma vez que a planta começará a formar e a definir a quantidade de folhas e espigas que, eventualmente, produzirá. Sendo assim, se não houver manejo eficiente das plantas invasoras, podem ocorrer perdas de até 87% no rendimento final da produção de grãos.

A infestação tardia de plantas daninhas na cultura do milho pode, também, interferir no processo de colheita, não só reduzindo a produção, como também produzindo sementes que, ao ficarem armazenadas no solo, poderão interferir nas culturas subsequentes, no ano agrícola seguinte. A aplicação de herbicidas é a principal prática utilizada no controle de plantas daninhas; entretanto, esta prática deve ser empregada de forma racional, para que não ocorra uma seleção de plantas daninhas resistentes ou a fitotoxicidade no milho.

As culturas transgênicas resistentes a herbicidas vêm, também, sendo empregadas com intensidade nos sistemas de produção. Apesar dos inúmeros benefícios desse tipo de tecnologia, é necessário que seja utilizada visando às boas práticas agrícolas. Enfim, considerando a diversidade do cenário da produção de milho no território brasileiro, é preciso ter em vista que a eficácia de controle com herbicidas é variável e depende das características físico-químicas do produto, das condições edafoclimáticas da região, da época de aplicação e das espécies de plantas daninhas a serem controladas (Merotto Júnior et al., 1997).

Para se estabelecer um programa de manejo, é essencial o levantamento e a identifcação das plantas daninhas existentes na área. Isso pode ser feito na cultura anterior à do milho, visando ao manejo em condições de pré-emergência, ou durante a própria cultura, quando o manejo deve ser realizado em condições de pós-emergência. O levantamento pode ser feito por meio da cobertura do solo, densidade e estádio de desenvolvimento, sendo este último importante para a determinação do momento de aplicação do herbicida. A composição das populações de plantas daninhas em um agroecossistema é reflexo de suas características edáficas e climáticas, assim como das práticas agronômicas adotadas – como manejo de solo e aplicação de herbicidas (Voll et al., 2001).

MANEJO CULTURAL

A cultura do milho é altamente competitiva quando conduzida com boas práticas agrícolas, com as operações executadas no momento certo. A semeadura do híbrido ou variedade corretos em condições edáficas e climáticas recomendadas para a cultura, complementando com adubações e irrigação, é, sem dúvida, não apenas uma forma de obter altas produtividades, mas também de aumentar a competitividade da cultura com as plantas daninhas. Este conceito está relacionado ao manejo integrado de plantas daninhas, que se baseia na integração de métodos de controle, tornando os sistemas de cultivo desfavoráveis às daninhas e minimizando seus efeitos. As estratégias podem ser utilizadas em conjunto com o método químico, permitindo a redução do emprego de herbicidas (Nunes et al., 2010).

Nos últimos anos, a prática da semeadura direta tem aumentado significativamente, na agricultura brasileira e mundial, sendo que a palhada deixada na superfície do solo contribui para o manejo das plantas daninhas. Dentre os efeitos da palhada sobre a dinâmica populacional de plantas daninhas na área, destacam-se os efeitos físicos que impendem à incidência de luz na quebra de dormência de algumas espécies de plantas daninhas e, também, possíveis efeitos alelopáticos e biológicos de predação e deterioração das sementes, abaixo da palhada. As medidas culturais devem fazer parte do manejo integrado de plantas daninhas na cultura do milho; no entanto, não são suficientes para eliminar totalmente a interferência. Sendo assim, há necessidade de complementações com outras medidas específicas de controle. Dentre elas, destaca-se o manejo químico – por meio do uso de herbicidas.

CONTROLE EM PRÉ-SEMEADURA

Na pré-semeadura do milho, medidas de manejo químico e mecânico podem ser adotadas, com o intuito de destruir a vegetação existente e reduzir o banco de sementes. Para o manejo da vegetação é frequentemente utilizado o herbicida *glyphosate*, sendo, portanto, chamado de herbicida de manejo. Este herbicida pode ser aplicado em dose que varia de 2,0 a 6,0 L/ha^{-1} de produto comercial, com a concentração de 360g i.a. L^{-1} de produto. Cuidados devem ser tomados com relação ao estádio de crescimento e vigor da planta daninha no momento da aplicação, qualidade da água da calda de pulverização e a presença de plantas daninhas de difícil controle e resistentes ao glyphosate.

É comum, na pré-semeadura do milho na safra normal (semeadura realizada durante a primavera), que o produtor utilize práticas de redução do banco de sementes. Para isso, é feita uma segunda aplicação de um herbicida chamado de dessecante; como, por exemplo, os herbicidas paraquat. Esta aplicação visa a controlar o primeiro fluxo de emergência de plantas daninhas, após o herbicida de manejo, e que geralmente emergem antes da cultura. A aplicação é, portanto, feita a poucos dias da semeadura ou mesmo na semeadura.

RODRIGO ALMEIDA

No combate a infestação de plantas daninhas, herbicidas devem ser usados de forma sustentável, considerando o impacto ambiental

É possível, também, nessa aplicação, utilizar a associação do dessecante com um herbicida residual.

Segundo Constantin e Oliveira Júnior (2005), trabalhos têm demonstrado que aplicações seqüenciais – nas quais são pulverisados, antecipadamente, herbicidas sistêmicos como glyphosate e 2,4-D, e, após 15 a 20 dias, na véspera ou na data da semeadura, são aplicados herbicidas de contato como paraquat, paraquat + diuron, diquat e flumioxazin – proporcionam maior eficiência no controle das plantas daninhas e permitem a semeadura no limpo. A segunda aplicação serve, fundamentalmente, para corrigir problemas de rebrotes e de novos fluxos de plantas daninhas já emersas, por ocasião da semeadura.

HERBICIDAS EM PRÉ-EMERGÊNCIA

Os herbicidas aplicados em condições de pré-emergência têm o objetivo de eliminar a competição precoce, que se estabelece quando a cultura convive com a planta daninha, nas fases iniciais de seu crescimento. O ideal é que este herbicida tenha um residual de controle das plantas daninhas até o final do período de matocompetição, que corresponde ao "fechamento da cultura", aproximadamente no estádio fenológico V8 a V10.

Dentre os cuidados para este tipo de aplicação, destacam-se a necessidade de umidade no solo para a ativação do herbicida, sendo esta fornecida por chuva ou irrigação. Assim, períodos de veranicos, durante o estabelecimento da cultura, podem afetar significativamente o desempenho desses herbicidas. Outro aspecto importante é a escolha do produto correto, baseado em levantamento da infestação de plantas daninhas nos anos anteriores. Também é necessário preocupar-se com a dose correta do produto a ser aplicado, ligada diretamente à textura do solo e ao teor de matéria orgânica, pois a maioria dos herbicidas residuais tem sua dose regulada pelos atributos do solo. A fitotoxicidade é também um fator de preocupação, como os herbicidas residuais, pois estes podem ser absorvidos pela planta de milho e causar sintomas indesejáveis.

Outro aspecto importante a ser considerado é que a utilização de variedades de soja precoce, aliada a técnicas de antecipação de colheita, reduz o intervalo entre a aplicação de herbicidas na cultura da soja e a semeadura do milho, em cultivos subsequentes (o milho chamado de "safrinha"). Por isso, os riscos de efeitos residuais desses herbicidas sobre o milho aumentam, e são necessárias informações sobre os intervalos exigidos para que estes produtos sejam degradados e não afetem a cultura do milho (Artuzi & Contiero, 2006).

HERBICIDAS EM PÓS-EMERGÊNCIA

São chamados de herbicidas seletivos e podem ser aplicados em área total, inclusive sobre as plantas de milho, assim como podem ser aplicados em jato dirigido na entrelinha da cultura. Esses herbicidas, apesar de serem absorvidos também pela planta de milho, quando aplicados na dose recomendada são seletivos, devido a mecanismos de tolerância da planta de milho, que pode ser diferencial dependendo do híbrido utilizado.

Para as culturas de milho não transgênicas, é comum a aplicação de herbicidas cujo mecanismo de ação é a inibição da biossíntese de caroteno nas plantas. Destacam-se os herbicidas mesotrione e tembotrione, ambos recomendados em associação com a atrazina adicionada de óleo mineral. Também são utilizados herbicidas do grupo químico das sulfonilureias, cujo mecanismo de ação é a inibição da síntese dos aminoácidos valina, leucina e isoleucina. A seletividade desses herbicidas depende do híbrido utilizado e do momento das aplicações de adubação nitrogenada e inseticidas fosforados. É necessário um intervalo de pelo menos uma semana entre as aplicações dos herbicidas e as desses insumos. Segundo Nicolai (2005), a aplicação de herbicidas pós-emergentes na cultura de milho é intensa, expondo a cultura a inumeras situações de manejo, em coincidência com a utilização destes agroquímicos, podendo resultar em interações prejudiciais à cultura.

MILHO TRANSGÊNICO

O cultivo do milho transgênico resistente ao *glyphosate* é, também, prática usual entre os produtores. No entanto, a boa prática agrícola recomenda que neste sistema de produção seja utilizada a associação de outros mecanismos de ação. A associação do *glyphosate* com atrazina é a mais usual. Com ela, é possível evitar a seleção de algumas espécies de plantas daninhas de difícil controle pelo *glyphosate*, assim como biótipos

resistentes. Um dos cuidados que deve ser tomado nesta recomendação é que, se o *glyphosate* for associado à atrazina no tanque de pulverização, pode haver interação negativa na eficácia do *glyphosate* para gramíneas, havendo, portanto, necessidade de ajustes de doses.

Também é utilizado na prática o milho resistente ao herbicida glufosinato de amônio. Este herbicida tem algumas particularidades de ação que condicionam diferentes recomendações, quando comparado ao milho resistente ao *glyphosate*. Dentre elas, destaca-se a necessidade de aplicações sequenciais, devido à ação de contato do produto. Outro aspecto importante é que deve ser aplicado com as plantas daninhas em estádios iniciais de desenvolvimento, pois funciona como herbicida de contato. Finalmente, este herbicida é mais específico para folhas largas; portanto, áreas de alta pressão de infestação de gramíneas exigem o uso de alternativas de controle.

DANINHAS RESISTENTES

No Brasil, a cultura do milho é, normalmente, semeada em sequência à cultura da soja. No entanto, tem sido observado que a cultura da soja é a principal selecionadora de plantas daninhas resistentes ao *glyphosate*, com destaque para as espécies de buva (*Conyza* spp.) e o capim amargoso (*Digitaria insularis*). Sendo assim, o cultivo do milho, principalmente o chamado "safrinha", semeado durante o verão e cultivado durante outono, é oportunidade para o produtor, em seu sistema de produção, manejar populações resistentes. Destaque para a atrazina, que controla estas plantas daninhas mencionadas.

Sendo assim, é importante que o produtor faça um planejamento do sistema de produção, envolvendo herbicidas alternativos ao *glyphosate*. Este aspecto deve ser reforçado para os produtores que utilizam culturas de milho resistentes ao *glyphosate*, que devem utilizar herbicidas alternativos associados ao *glyphosate*, pois é uma grande oportunidade de manejo da resistência no nível da propriedade.

RESTEVA OU PLANTAS VOLUNTÁRIAS

Em sistemas de produção com sucessão de culturas resistentes ao *glyphosate*, em que a colheita da cultura anterior deixa perdas de grãos no campo, há possibilidade de que plantas chamadas de "voluntárias" desenvolvam-se na cultura com o infestante. Pesquisas realizadas na Universidade de South Dakota, nos Estados Unidos, constataram que populações de milho voluntário, variando de 8 a 13 mil plantas por hectare, resultaram em perdas de 0 a 54% na produção de soja e de 0 a 13% na produção de milho (Stahl & Coulter, 2012). Assim, o controle das voluntárias é necessário, pois acarreta perda de produtividade na cultura subsequente.

O controle das voluntárias resistentes ao *glyphosate* necessita de herbicidas alternativos a esta molécula. Quando a planta voluntária é uma gramínea, como o milho voluntário infestando a soja ou o algodão, o controle pode ser feito com graminicidas pós-emergentes inibidores da ACCase, assim como, em pré-emergência, o diuron no algodão e inibidores da ALS na soja. Na cultura do milho, pode haver voluntários de soja ou de algodão, quando em sucessão a essas culturas. Seu controle também deve ser com herbicidas alternativos, no caso da soja e algodão também transgênicos. A atrazina tem um papel muito importante no controle dessas plantas voluntárias, na cultura de milho.

A cultura do milho no Brasil, atualmente, está atingindo níveis de produtividade crescentes e de alta tecnologia. Portanto, não é admissível economicamente perdas de produtividade em função da infestação de plantas daninhas. Assim, o manejo integrado de plantas daninhas é fundamental para proteger a produtividade da cultura e obter o máximo de rentabilidade econômica. Os herbicidas desempenham papéis fundamentais no manejo, por sua praticidade e economicidade de uso. Porém, devem ser utilizados de forma racional e sustentável, evitando problemas agronômicos de seleção de plantas daninhas resistentes e/ou tolerantes e injúria para a cultura e considerando um baixo impacto ambiental.

**** Pedro Jacob Christoffoleti*** *é professor associado 3, Área de Biologia e Manejo de Plantas Daninhas, Departamento de Produção Vegetal USP/ESALQ (pjchrist@usp.br);* ***Caio Augusto de Castro Grossi Brunharo*** *é engenheiro agrônomo, pós-graduando em Fitotecnia, Área de Biologia e Manejo de Plantas Daninhas, Departamento de Produção Vegetal USP/ESALQ (caio.brunharo@yahoo.com.br);* ***Marcelo Rodrigues Alves de Figueiredo*** *é engenheiro agrônomo, pós-graduando em Fitotecnia, Área de Biologia e Manejo de Plantas Daninhas USP/ESALQ (marceloraffigueiredo@gmail.com).*

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARTUZI, J. P.; CONTIERO, R. L. Herbicidas aplicados na soja e produtividade do milho em sucessão. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasilia, DF, v. 41, n. 7, p. 1119-1123, jul. 2006.

CONSTANTIN, J.; OLIVEIRA JÚNIOR, R. S. Dessecação antecedendo a semeadura direta pode afetar a produtividade. *Informações Agronômicas*, Maringá, PR, n. 109, mar. 2005.

KOZLOWSKI, L. A. Período crítico de interferência das plantas daninhas na cultura do milho baseado na fenologia da cultura. *Planta Daninha*, Viçosa, MG, v. 20, n. 3, p. 365-372, 2002.

MEROTTO JÚNIOR, A. et al. Aumento da população de plantas e uso de herbicidas no controle de plantas daninhas em milho. *Planta Daninha*, Viçosa, MG, v. 15, n. 2, p. 141-151, 1997.

Piracicaba, SP: 2005. (Dissertação de Mestrado).

NICOLAI, M. *Desempenho da cultura de milho (Zea mays L.) submetida à aplicação de herbicidas pós-emergentes, em diferentes situações de manejo*. Piracicaba, SP: USP/ESALQ, 2005. 96 p. (Dissertação de Mestrado).

NUNES, A. L.; TREZZI, M. M.; DEBASTIANI, C. Manejo integrado de plantas daninha na cultura do milho. *Bragantia*, Campinas, SP, v. 69, n. 2, p. 299-304, 2010.

STAHL, L.; COULTER, J. Volunteer Corn – An Issue in Corn and Soybean. *MN Crop News*, Minnesota, 23 maio 2012. Disponível em: ‹http://blog-crop-news.extension.umn.edu/2012/05/volunteer-corn-issue-in-corn-and-soybean.html›. Acesso em: 13 set. 2015.

VOLL, E. et al. Dinâmica do banco de sementes de plantas daninhas sob diferentes sistemas de manejo do solo. *Planta Daninha*, Viçosa, MG, v. 19, n. 2, p.171-178, 2001.

Controle

Manejo integrado das principais pragas que atacam a cultura do milho no país

Crébio José Ávila *

FREEIMAGES / ZEESHAN QURESHI

Lagartas atacam folhas e espigas: controle pode ser realizado com aplicações de inseticidas em pulverização sobre as plantas

As plantas de milho podem ser atacadas por pragas desde a germinação das sementes e emergência das plantas até a fase de maturação fisiológica dos grãos. Os problemas se iniciam com a presença de lagartas na cobertura vegetal a ser dessecada para a semeadura do milho e a dos insetos de solo, seguidos pelas pragas de superfície, que atacam especialmente as plântulas. Em seguida, vêm as lagartas que se alimentam de folhas e da espiga e, finalmente, os sugadores da parte aérea, como os percevejos e pulgões que atacam as folhas ou os grãos em formação.

PRAGAS DE RAÍZES

As pragas que atacam as raízes do milho são normalmente insetos subterrâneos pertencentes a diferentes grupos, sendo *Coleoptera* e *Hemiptera* as duas principais ordens que abrangem este complexo de organismos. Este grupo de pragas apresenta normalmente uma forte associação com o solo onde ocorre e pode destruir as raízes do milho, afetando negativamente o estabelecimento do *stand*, o vigor e o desenvolvimento das plantas e, consequentemente, a produtividade da cultura.

1. Corós rizófagos — Os corós rizófagos (*Coleoptera: Melolonthidae*) apresentam coloração branca, três pares de pernas torácicas e se posicionam no formato de U, quando em repouso. Os danos de corós são causados pelo consumo de raízes, acarretando redução na capacidade das plantas de absorver água e nutrientes. As plantas atacadas apresentam, inicialmente, desenvolvimento reduzido, seguido por amarelecimento, murcha e morte, podendo estes sintomas ocorrerem em grandes reboleiras na cultura. Em altas infestações de corós, pode ocorrer até 100% de perda da lavoura, especialmente quando a presença de larvas mais desenvolvidas coincide com a fase inicial de desenvolvimento das plantas de milho. Os corós *Liogenys suturalis* e *Phyllophaga cuyabana* ocorrem nas lavouras de milho de Rio Grande do Sul, Paraná, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso e Goiás. Em Goiás e Mato Grosso, também ocorre a espécie *Liogenys fuscus*, que apresenta grande potencial de danos tanto no milho quanto na soja. Após a semeadura do milho de verão (outubro a novembro), observa-se no solo maior proporção de larvas de primeiro, segundo e, em menor quantidade, de terceiro instar. Em semeaduras tardias de verão ou nas "safrinhas", os danos são maiores, uma vez que há predomínio de larvas de segundo e terceiro instares, que são mais vorazes. Outras espécies de corós de menor importância econômica, como *Diloboderus abderus* ou *Cyclocephala* sp., podem, eventualmente, ser observadas em associação com o milho, especialmente na região Sul do país.

2. Percevejos-castanhos-da-raiz — No Brasil, há registros da ocorrência de percevejos-castanhos (*Scaptocoris* spp.) em vários estados, mas, com maior incidência, nos Cerrados. O ataque ocorre, normalmente, em grandes reboleiras nos cultivos de milho, observando-se focos de infestação de até 70 ha. Os danos nas plantas de milho são decorrentes da sucção contínua da seiva nas raízes, o que pode levar ao enfraquecimento ou morte das plantas. Os sintomas de ataque dependem da intensidade e da época de ocorrência da praga na cultura, variando do murchamento e amarelecimento das folhas a um subdesenvolvimento e secamento da planta.

3. Larva-alfinete — À semelhança do coró, a larva-alfinete (*Diabrotica speciosa*) alimenta-se, especialmente, das raízes adventícias do milho. A perda dessas raízes reduz a capacidade de a planta absorver água e nutrientes, tornando-as menos produtivas, bem como mais suscetíveis a doenças e ao tombamento (Ávila & Milanez, 2004). As plantas caídas ficam com um aspecto recurvado, caracterizando o sintoma conhecido como "pescoço de ganso". Embora estas plantas, por ocasião da colheita, possam conter espigas de milho desenvolvidas, geralmente não são colhidas pela plataforma da colhedeira.

MANEJO DE PRAGAS QUE ATACAM RAÍZES

Dentre as técnicas que podem ser utilizadas para o controle de corós e percevejos-castanhos, destacam-se a manipulação da época de semeadura e o preparo do solo com implementos adequados. A aplicação de inseticidas nas sementes e no sulco de semeadura do milho constitui alternativa promissora para o manejo de corós, especialmente em Sistema de Plantio Direto. Já no caso do percevejo-castanho, inseticidas aplicados nas sementes não são eficientes. Todavia, a pulverização no sulco de semeadura com inseticidas químicos, especialmente quando o percevejo está localizado próximo à superfície do solo, pode proporcionar um bom controle da praga, dependendo do produto e da dose empregada. Como método cultural, podem-se utilizar coberturas vegetais na entressafra, como crotalária (*Crotalaria spectabilis*), para redução na população do percevejo.

O controle químico de larvas de vaquinha deve também ser preventivo. No entanto, o tratamento das sementes com inseticidas normalmente não protege o sistema radicular do milho do ataque da larva de vaquinha. Alguns inseticidas, quando aplicados na forma granulada ou em pulverização no sulco de semeadura, são eficazes no controle da praga. Cabe salientar que existem atualmente *kits* adequados para a aplicação de inseticidas no sulco, tanto em pulverização como na forma de grânulos, sendo a calda inseticida ou os produtos granulados aplicados concomitantemente durante a operação de semeadura.

PRAGAS DE PLÂNTULAS

Com a expansão da cultura do milho para novas regiões agrícolas, observou-se um número crescente de pragas que atacam plântulas. O surgimento destes novos

organismos-praga nos agroecossistemas de milho decorreu de sua adaptação a esta cultura, na ausência dos hospedeiros nativos ou como consequência de uma ação seletiva dos produtos químicos de amplo espectro utilizados para controle de desfolhadores e sugadores na cultura.

1. Lagarta-elasmo — A lagarta-elasmo (*Elasmopalpus lignosellus*) é uma praga que pode danificar plantas jovens de milho, especialmente quando o inseto já estiver presente na cultura ou na cobertura a ser dessecada (por exemplo, trigo, aveia). O inseto é polífago, alimentando-se de diversas espécies de plantas cultivadas, silvestres e daninhas, em especial de gramíneas e leguminosas. Após a eclosão, as larvas se alimentam, inicialmente, de matéria orgânica ou raspam o tecido vegetal para, em seguida, penetrarem no colo da planta, um pouco abaixo do nível do solo, onde constroem uma galeria ascendente. Como consequência do dano de elasmo nas plantas de milho surge o sintoma denominado de "coração morto", caracterizado pelo murchamento das folhas centrais, que se destacam facilmente quando puxadas. Nesses casos, pode ocorrer, também, o perfilhamento que torna a planta improdutiva. A intensidade de danos de elasmo no milho é maior e mais frequente em condições de alta temperatura e déficit hídrico no solo, especialmente em solos arenosos ou mistos, conduzidos em plantio convencional, especialmente nas áreas de primeiro cultivo, como eventualmente ocorre na região do Cerrado.

2. Lagarta-rosca — Diversas espécies de lagarta-rosca podem ocorrer na cultura do milho, sendo *Agrotis ipsilon* a mais frequente. A denominação lagarta-rosca decorre do hábito que a lagarta possui de se enrolar, tomando o aspecto de uma rosca, quando tocada. De modo geral, a plântula de milho é atacada até 50 cm de altura, podendo seccionar ou perfurar parcialmente a base do colmo, ocasionando três sintomas diferentes: a) "coração morto", quando a lesão é grande; b) surgimento de manchas semelhantes às causadas por deficiências minerais, quando a lesão é pequena; ou c) perfilhamento da planta, formando uma "touceira" improdutiva.

3. Percevejo-barriga-verde — As espécies de percevejos *Dichelops melacanthus* e *D. furcatus* são relatadas como constituintes do complexo de pragas secundárias da soja, em várias regiões do Brasil. Todavia, em 1993, foi relatada pela primeira vez a ocorrência de *D. melacanthus* no país, causando danos em plântulas de milho no município de Rio Brilhante, MS (Ávila & Panizzi, 1995). Durante a alimentação, esses percevejos posicionam-se, normalmente, no sentido longitudinal do colmo do milho, com a cabeça orientada para a região do colo da planta. Se, no processo de alimentação, o meristema apical for danificado, as folhas centrais da plântula murcham e secam, manifestando o sintoma denominado "coração morto"; pode ocorrer também o perfilhamento da planta, tornando-a improdutiva. Quando o meristema apical não é danificado, as primeiras folhas que se desenrolam do cartucho apresentam estrias esbranquiçadas transversais, muitas vezes com perfurações de halo amarelado, provenientes das punções que o inseto fez quando se alimenta na base da planta ainda jovem. Quando as folhas do cartucho não conseguem se desenrolar, conferem um aspecto de "encharutamento" da planta. Além do percevejo-barriga-verde, outras espécies de percevejo, como *Euschistus heros* e *Nezara viridula*, podem eventualmente atacar as plântulas de milho; porém, com menor capacidade de dano.

4. Tripes — Os tripes (*Frankliniella williamsi*) são pequenos insetos amarelados encontrados, com frequência, nas folhas de plântulas de milho que ainda se encontram enroladas. Os danos causados pelos tripes são frequentemente verificados em períodos de estiagens, em que prevalecem condições de baixa umidade relativa e temperatura elevada, após a emergência das plantas. Em função da raspagem do limbo foliar, as folhas se apresentam amareladas, esbranquiçadas ou prateadas, podendo, em condições de alta infestação, afetar o rendimento da cultura.

5. Cigarrinha-do-milho — A cigarrinha-do-milho (*Dalbulus maidis*) é um pequeno inseto cujos adultos medem cerca de 3 mm de comprimento, em coloração palha. São insetos ágeis e se deslocam lateralmente, quando molestados. A importância dessa cigarrinha está no fato de ser vetor de molicutes fitopatogênicos (fitoplasma e espiroplasma do milho), associados à doença denominada "enfezamento", cuja incidência tem aumentado nos últimos anos, especialmente em cultivos de milho "safrinha". As plantas doentes ficam com folhas avermelhadas (fitoplasma) ou apresentam estrias cloróticas (espiroplasma) e produzem espigas pequenas, com granação reduzida ou ausente. Quanto mais precoce for a infecção pelo patógeno, maior será a redução da produtividade da planta.

6. Cigarrinha-das-pastagens — O complexo de cigarrinhas-das-pastagens é basicamente representado pelas espécies *Deois flavopicta* e *Zulia entreriana*. Condições de temperatura e umidade propícias ao desenvolvimento dessas cigarrinhas, aliado ao incremento de áreas com pastagens de *Brachiaria decumbens* nas adjacências das lavouras de milho, favorecem a ocorrência de altas populações do inseto (NILAKHE et al., 1984). Nestas condições, as cigarrinhas podem migrar intensamente para a cultura do milho. O dano é causado exclusivamente pelos adultos, que, ao sugarem a parte aérea da planta, injetam uma toxina que bloqueia o fluxo da seiva (Santos et al., 1982).

MANEJO DE PRAGAS QUE ATACAM PLÂNTULAS

No manejo da lagarta-elasmo, tem sido comprovado que chuvas bem distribuídas, durante os primeiros 30 dias de de-

senvolvimento da cultura, praticamente eliminam a infestação do inseto nas lavouras. A pulverização de inseticidas na parte aérea do milho apresenta baixa eficiência no controle da lagarta-elasmo (50%), pelo fato de a praga ficar alojada no interior da planta. Já o tratamento das sementes com inseticidas sistêmicos é eficiente no controle da lagarta-elasmo. Para o controle da lagarta-rosca, sugerem-se aplicações de inseticidas em alto volume, sendo as pulverizações dirigidas ao colo das plantas, de preferência ao entardecer.

O controle do percevejo-barriga-verde pode ser realizado preventivamente, empregando-se inseticidas via semente ou em pulverizações sobre a cultura. Trabalhos conduzidos na Embrapa Agropecuária Oeste evidenciaram que o nível de dano para o controle do percevejo-barriga-verde no milho "safrinha" é inferior a um inseto para cada cinco plantas de milho na lavoura. Antes de realizar a semeadura do milho, recomenda-se uma inspeção na área em que a lavoura será implantada, visando a constatar a presença de ninfas e de adultos do percevejo e, assim, avaliar a necessidade ou não de se tratar as sementes ou até mesmo de efetuar uma pulverização com inseticida após a semeadura do milho na área. O período de maior cuidado com o percevejo é durante a fase inicial de desenvolvimento da cultura, quando a planta de milho é mais suscetível ao ataque do inseto.

Para o controle de tripes, os inseticidas sistêmicos aplicados nas sementes dão boa proteção inicial. Pulverizações utilizando inseticidas de "choque" podem controlar eficientemente o tripes, especialmente quando se adiciona óleo mineral na calda inseticida. No caso da cigarrinha-do-milho, o tratamento de sementes pode proteger as plantas na fase inicial da cultura. O controle da cigarrinha-das-pastagens pode ser realizado com o tratamento das sementes com inseticidas, quando o inseto ocorrer nos estádios iniciais de desenvolvimento da cultura ou através de pulverizações sobre as plantas, em ocorrência mais tardia.

PRAGAS DA PARTE AÉREA

As pragas da parte aérea do milho são representadas, basicamente, por lagartas desfolhadoras, brocas e sugadores.

1. Lagarta-do-cartucho — A lagarta-do-cartucho do milho (*Spodoptera frugiperda*) é considerada a praga mais importante desta cultura nas condições do Brasil. No segundo instar, a lagarta migra para o cartucho do milho, onde completa o seu desenvolvimento. O ataque pode ocorrer desde a fase de plântula até o pendoamento e o espigamento. As pequenas lagartas começam raspando o limbo foliar, de preferência das folhas mais novas, provocando o sintoma conhecido como "folhas raspadas". A partir daí, atacam todas as folhas centrais da região do cartucho, sendo que este, sob danos mais severos, pode ficar totalmente destruído. Em ataques tardios, podem ser encontradas lagartas entre o colmo e a espiga, onde destroem a palha e alguns grãos. Em condições de alta densidade populacional da praga, a lagarta pode perfurar o colo de plantas jovens, de forma semelhante ao ataque da lagarta-rosca, e provocar a morte das folhas do cartucho, levando, às vezes, ao perfilhamento. Períodos relativamente prolongados de estiagem favorecem o estabelecimento e o ressurgimento de altos níveis populacionais da lagarta-do-cartucho no milho. Nas condições brasileiras, a intensidade de danos causados à produção pela lagarta-do-cartucho depende do estádio no qual a planta se encontra, por ocasião do ataque.

2. Broca-da-cana-de-açúcar — A broca-da-cana (*Diatraea saccharalis*) é uma praga que, tradicionalmente, ocorre na cultura da cana-de-açúcar, mas frequentemente ataca também a parte aérea do milho. A lagarta penetra no colmo da planta e se alimenta em seu interior, fazendo galerias. Aparentemente, os danos diretos não são importantes, pois a planta, mesmo lesionada, pode produzir normalmente. Entretanto, sob a ação de ventos fortes, a planta pode quebrar e a espiga, ao entrar em contato com o solo, favorece a germinação ou o apodrecimento dos grãos.

3. Lagarta-da-espiga — Após a eclosão, a lagarta-da-espiga (*Helicoverpa zea*) se alimenta dos "cabelos" ou estilo-estigma e, em seguida, penetra pelo ápice da espiga, onde consome os grãos em formação. Os prejuízos médios consequentes da ação da lagarta-da-espiga, no Brasil, são da ordem de 8,4% e decorrem de: a) corte dos "cabelos" da espiga, impedindo a fertilização e, consequentemente, provocando falhas na granação; b) destruição dos grãos da ponta da espiga; e c) perfuração da palha, permitindo a penetração de microrganismos e pragas nos grãos armazenados.

4. Curuquerê-dos-capinzais — A lagarta curuquerê-dos-capinzais (*Mocis latipes*) é do tipo "mede-palmo", apresentando coloração amarelada com estrias longitudinais castanho-escuras. Esta praga se alimenta das folhas do milho, consumindo o limbo foliar a partir dos bordos, deixando somente a nervura central. O inseto deve merecer maior atenção dos 60 aos 80 dias da cultura, fase em que o milho é muito sensível à desfolha.

5. Percevejo-do-milho ou "gaúcho" — Os adultos do percevejo-do-milho (*Leptoglossus zonatus*) medem cerca de 20 mm de comprimento. São de coloração marrom-escura, com duas manchas amarelas circulares no pronoto. Os adultos e as ninfas introduzem o estilete nos grãos do milho, para sugá-los, e a punctura praticada na alimentação passa a ser uma porta de entrada para a penetração de fungos patogênicos. A alimentação dessa praga provoca falhas nas espigas, murchamento e apodrecimento dos grãos.

6. Pulgão-do-milho — As colônias do pulgão-do-milho (*Rhopalosiphum maidis*) normalmente são vistas no interior

do cartucho ou no pendão das plantas, onde sugam a seiva continuamente. Este inseto se multiplica com facilidade na cultura do milho, mas, geralmente, não assume importância econômica. Sob condições de altíssima infestação, na fase de pré-florescimento, pode afetar o desenvolvimento dos grãos na espiga e causar perda econômica.

MANEJO DE PRAGAS DA PARTE AÉREA

O controle das lagartas que atacam a parte aérea do milho é realizado, normalmente, com aplicações de inseticidas em pulverização sobre as plantas. O uso de plantas transgênicas que expressam proteínas de Bt é considerado uma estratégia excelente para o manejo da lagarta-do-cartucho, da broca-da-cana, da lagarta-da-espiga e da curuquerê-dos-capinzais. A aplicação de inseticidas em pulverização, para o controle da lagarta-do-cartucho, deve ser feita com bicos do tipo leque (8002, 8004, 6502, 6504) e com o jato dirigido para o cartucho da planta. O volume de calda a ser aplicado dependerá do estádio de desenvolvimento da cultura, utilizando-se 200 a 300 l/ha para plantas entre 30 e 40 dias de idade e acima de 400 l/ha para plantas mais desenvolvidas.

Em situações de alta infestação do percevejo-do-milho e do pulgão, o controle pode ser realizado com inseticidas fosforados sistêmicos ou com a mistura contendo piretroide e neonicotinoides, aplicados em pulverização. Todavia, os pulgões apresentam, normalmente, alta taxa de parasitismo em condições de campo. Quando se observa um pulgão parasitado, já não há mais necessidade de controle da praga.

* ***Crébio José Ávila*** *é pesquisador da Embrapa Agropecuária Oeste (crebio.avila@embrapa.br).*

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ÁVILA, C. J.; MILANEZ, J. M. Larva-alfinete. In: SALVADORI, J. R.; ÁVILA, C. J.; SILVA, M. T. B. da. (Org.). *Pragas de solo no Brasil*. 1. ed. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2004. v. 1, p. 345-378.

ÁVILA, C. J.; PANIZZI, A. R. Occurrence and damage by *Dichelops (Neodichelops) melacanthus* (Dallas) (Heteroptera: Pentatomidae) on corn. *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil*, Piracicaba, v. 24, n. 1, p. 193-194, 1995.

NILAKHE, S.S.; SILVA, A. A. da; CAVICCIONE, I.; SOUZA, A. R. R. *Cigarrinhas das pastagens em cultura de arroz e sugestões para o seu controle*. Campo Grande: Embrapa/CNPGC, 1984. 6 p. (Série Embrapa/CNPGC. Comunicado Técnico, 24).

SANTOS, J. P.; CRUZ, I.; BOTELHO, W. *Avaliação de dano e controle da cigarrinha-das-pastagens em plantas de milho com diferentes idades*. Sete Lagoas: Embrapa/CNPMS, 1982. 9 p. (Série Embrapa/CNPMS. Pesquisa em Andamento, 2).

O primiero e ainda o melhor.
Indicando o caminho desde 1999.

Biolys® consistentemente prova a sua vantagem nutricional sobre a L-Lisina HCL, resultando em menor custo da ração – de 3 a 8% para aves, suínos e espécies aquáticas em composições da dieta e concentrações de nutrientes variadas. Com um custo de ração menor e nenhuma desvantagem em relação à forma HCL. Biolys® – mais do que simplesmente uma fonte superior de lisina.

www.biolys.com
animal-nutrition@evonik.com

Evonik. Power to create.

EVONIK INDUSTRIES

Tecnologia

Estratégias de manejo podem prolongar vida útil das tecnologias de milho Bt

Celso Omoto e Oderlei Bernardi *

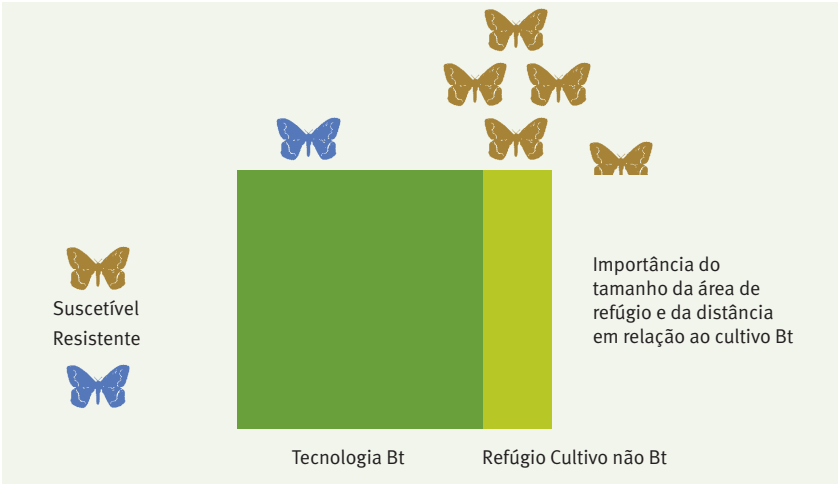
Planta de milho sem a tecnologia Bt (marcada com estaca) ao lado de plantas de milho com a tecnologia Bt

O controle dos insetos-praga na cultura do milho, especialmente dos lepidópteros, tem sido realizado com uso de tecnologias de milho que expressam proteína inseticida de *Bacillus thuringiensis* Berliner (Bt). No Brasil, o milho Bt tem sido cultivado em mais de 80% da atual área de plantio (Céleres, 2014). As principais pragas-alvo do controle do milho Bt são a lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae), a broca-do-colmo, *Diatraea saccharalis* (F.) (Lepidoptera: Crambidae) e a lagarta-da-espiga, *Helicoverpa zea* (Boddie) (Lepidoptera: Noctuidae). Com o aumento do uso das tecnologias de milho Bt, também cresceu a preocupação com a evolução da resistência.

Dentre as pragas-alvo do milho Bt, *S. frugiperda* é a que apresenta maior potencial para evolução de resistência, pois possui grande capacidade reprodutiva, gerações contínuas e sobrepostas no decorrer do ano e disponibilidade constante de hospedeiros cultivados que favorecem a manutenção de altas populações, propiciando a ocorrência de severas infestações em qualquer estádio fenológico e época de cultivo. Soma-se a isso o cultivo de milho ocorrer em duas safras anuais e o fato de haver baixa adoção de áreas de refúgio e de outras táticas de controle, o que torna o cenário ainda mais favorável à evolução da resistência. Em conjunto, estes fatores aumentam a probabilidade de seleção de indivíduos resistentes que, em curto prazo, podem comprometer a eficácia das tecnologias de milho Bt.

Neste cenário agrícola, houve quebra da resistência à proteína CryIF expressa em milho Herculex para *S. frugiperda* em menos de quatro anos de uso dessa tecnologia no Brasil (Farias et al., 2014). O uso de estratégias de manejo de resistência é um aspecto-chave para reduzir a pressão de seleção em favor dos indivíduos resistentes e prolongar a vida útil de todas as tecnologias de milho Bt no Brasil.

FIGURA 1 | ÁREAS DE REFÚGIO



Fonte: Adaptado de Plante Refúgio. Disponível em: <http://www.boaspraticasogm.com.br/upload/file/2010/Folder%20Refugiok_Final_EMAIL.pdf>

TECNOLOGIA E RESISTÊNCIA

No Brasil, a primeira tecnologia de milho Bt foi aprovada, em 2007, pela Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio), para cultivo comercial. A partir de então, diversas outras tecnologias de milho, expressando uma ou mais proteínas inseticidas de Bt, foram liberadas, para cultivo comercial (Tabela 1), expressando as proteínas Cry1Ab, Cry1F, Cry1A.105, Cry2Ab2 e Vip3Aa20, que têm como pragas-alvo de controle larvas neonatas (recém-eclodidas) de *S. frugiperda*, *D. saccharalis* e *H. zea*.

A evolução da resistência consiste na seleção de indivíduos resistentes e no aumento da frequência desses indivíduos na população da praga, limitando a eficiência das tecnologias no manejo das pragas. No caso específico do milho Bt, as lagartas resistentes podem sobreviver no campo e transmitir a resistência para gerações futuras. Entretanto, o risco de aumento da resistência pode ser minimizado com a adoção de medidas apropriadas. A melhor maneira de preservar o benefício da tecnologia de milho Bt é o uso do refúgio como ferramenta do manejo de resistência de insetos, um conjunto de medidas que devem ser adotadas com o objetivo de reduzir o risco de evolução da resistência nas populações de pragas-alvo.

ALTA DOSE E REFÚGIO

A expressão de alta dose da proteína Bt tem como premissa garantir que a concentração de uma determinada proteína expressa na planta geneticamente modificada possibilite a mortalidade dos descendentes resultantes do cruzamento dos indivíduos resistentes, provenientes da área de milho Bt, com indivíduos suscetíveis, provenientes da área de refúgio. Nesse contexto, a área de refúgio consiste no plantio de uma variedade sem a tecnologia Bt, de ciclo vegetativo similar ao da área cultivada com plantas Bt; ou seja, é a área onde a praga não é exposta à pressão de seleção da proteína inseticida presente no campo Bt, na qual pode sobreviver e acasalar com os indivíduos sobreviventes da área de cultivo Bt (Andow, 2008). Em outras palavras, o refúgio deve produzir indivíduos suscetíveis. Espera-se que estes indivíduos suscetíveis se acasalem com qualquer indivíduo resistente que possa ter sobrevivido na área de cultivo Bt e, desse modo, mantenha a suscetibilidade ao Bt nas gerações futuras das pragas alvo (Tabashnik, 2008).

Para que seja possível o acasalamento de indivíduos resistentes com suscetíveis, a área de refúgio deve ser implementada conforme recomendações específicas (a seguir). Em outras palavras, na ausência de áreas de refúgio, esta estratégia perde a eficiência em evitar ou retardar a resistência. Caso o milho Bt não atenda a alta dose, ela pode permitir a sobrevivência de indivíduos heterozigotos e, portanto, favorecer a evolução da resistência (Figura 1).

RECOMENDAÇÕES PARA PLANTIO DA ÁREA DE REFÚGIO

- O tamanho do refúgio deve equivaler a uma porcentagem de pelo menos 10% da área total do produto comercial de milho Bt plantado em uma propriedade rural.
- Recomenda-se que o refúgio seja plantado ao mesmo tempo e com híbrido de ciclo vegetativo similar ao milho Bt.
- O refúgio deve ser formado por um bloco de milho não Bt. A distância máxima entre qualquer planta de milho Bt do campo e uma planta da área de refúgio deve ser de 800 metros.
- O refúgio deve ser plantado na mesma propriedade de cultivo do milho Bt e manejado pelo mesmo agricultor.
- Caso a população de pragas-alvo atinja o nível de ação na área de refúgio, o controle poderá ser realizado com pulverização de inseticidas que não sejam formulados à base de Bt.
- Não deve ser realizada a mistura de sementes de milho não Bt com milho Bt.

PIRAMIDAÇÃO DE GENES

A segunda estratégia de manejo da resistência de insetos em milho é a piramidação de genes (expressão de duas ou mais proteínas de Bt na mesma planta). O princípio básico da piramidação de genes é que cada proteína inseticida da pirâmide, isoladamente, deve ocasionar elevada mortalidade da mesma praga-alvo. Em outras palavras, cada proteína Bt deve matar todos ou a maioria dos insetos suscetíveis; ou seja, esses insetos serão mortos "duas vezes", sendo isso denominado de controle "redundante". Em contraste, os insetos resistentes a uma das proteínas da pirâmide serão mortos pela(s) outra(s) proteína(s) e vice-versa (Bates et al., 2005).

No entanto, várias tecnologias de

milho Bt com expressão de duas ou mais proteínas inseticidas não atendem aos requisitos básicos da pirâmide de genes, tais como ocasionar, isoladamente, elevada mortalidade da praga-alvo e ausência de resistência cruzada entre as proteínas. A atividade da proteína Cry1Ab, por exemplo, é moderada para *S. frugiperda*. As proteínas inseticidas Cry1Ab, Cry1F e Cry1A.105 apresentam elevado potencial de resistência cruzada (Hernández-Rodríguez et al., 2013). O ideal seria a seleção de eventos Bt expressando proteínas de grupos distintos (Cry1, Cry2 ou Vip3A) para diminuir as chances de resistência cruzada entre as proteínas (Tabela 1). De modo semelhante à estratégia de alta dose, para o milho que expressa duas ou mais proteínas Bt é igualmente importante a adoção das áreas de refúgio para evitar ou retardar o desenvolvimento da resistência em populações das pragas-alvo de controle.

Em geral, as tecnologias de milho Bt não atendem ao conceito de alta dose e de piramidação de genes para algumas pragas-alvo (por exemplo, *S. frugiperda*) de controle no Brasil. Sendo assim, a recomendação de área de refúgio deveria ser maior que 10%. Como os produtores de milho e as empresas detentoras da tecnologia não têm interesse em aumentar o tamanho das áreas de refúgio, uma forma de garantir a produção de indivíduos suscetíveis em quantidades suficientes para retardar a evolução da resistência seria limitar o número de pulverizações para o controle de pragas-alvo na área de refúgio somente até a fase vegetativa V6 do milho.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização da tecnologia Bt deve ser feita como uma das ferramentas do manejo integrado de pragas (MIP). Além disso, o planejamento do sistema de produção de cultivos é de fundamental importância para a sustentabilidade da tecnologia e do agronegócio. Para tanto, há necessidade de trabalho cooperativo na implantação de recomendações, no âmbito regional, com a participação de todos os envolvidos na cadeia produtiva; ou seja, agricultores, consultores, empresas de sementes e de defensivos agrícolas, universidades e institutos de pesquisa e ensino, órgãos de regulamentação etc.

Nos últimos anos, houve avanços no manejo da resistência de insetos a plantas Bt e inseticidas no Brasil. Estes avanços estão ligados ao treinamento e formação de pesquisadores especializados em diversas instituições de pesquisa e ensino (Embrapa, USP/ESALQ, UFV e outros) e a atuação do Comitê Brasileiro de Ação a Resistência a Inseticidas (IRAC-BR). Este Comitê é composto por representantes de várias indústrias químicas, objetivando manter as táticas de controle viáveis, por meio de um programa de parceria com instituições de pesquisas, extensionistas e produtores, para o uso sustentável de inseticidas e plantas Bt. Recentemente, foi instituído o Grupo Técnico de Manejo da Resistência (GTMR) no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa), pela Portaria nº 950, de 24 de setembro de 2014, para estabelecer diretrizes visando à preservação de tecnologias Bt no Brasil.

TABELA 1 | TECNOLOGIAS DE MILHO BT COM RESISTÊNCIA A INSETOS LIBERADOS NO BRASIL

	Grupo de Proteína Bt		
Tecnologia	Cry1	Cry2	VIP3A
Yieldgard®; Agrisure TL®	Cry1Ab		
Herculex®™	Cry1F		
Viptera™			Vip3Aa20
Agrisure Viptera™	Cry1Ab		Vip3Aa20
Optimum™ Intrasect™	Cry1Ab + Cry1F		
VT PRO™	Cry1A.105	Cry2Ab	
PowerCore™, VTPROMax™	Cry1A.105 + Cry1F	Cry2Ab	

CTNBio – Comissão Técnica Nacional de Biossegurança

***Celso Omoto** é professor associado do Departamento de Entomologia e Acarologia USP/ESALQ (celso.omoto@usp.br); **Oderlei Bernardi** é pós-doutorando do Departamento de Entomologia e Acarologia USP/ESALQ (oderleibernardi@yahoo.com.br).*

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDOW, D. A. The risk of resistance evolution in insects to transgenic insecticidal crops. *Collection of Biosafety Reviews*, Trieste, v. 4, p. 142-199, 2008.

BATES, S. L.; ZHAO, J. Z.; ROUSH, R. T.; SHELTON, A. M. Insect resistance management in GM crops: past, present and future. *Nature Biotechnology*, New York, v. 23, p. 57-62, 2005.

FARIAS, J. R.; ANDOW, D. A.; HORIKOSHI, R. J.; SORGATTO, R. J.; FRESIA, P.; SANTOS, A. C.; OMOTO, C. Field-evolved resistance to Cry1F maize by *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in Brazil. *Crop Protection*, v. 64, p. 150-158, 2014.

HERNÁNDEZ-RODRÍGUEZ, C. S.; HERNÁNDEZ-RODRÍGUEZ, P. H.; VAN RIE, J.; ESCRICHE, B.; FERRÉ, J. Shared midgut binding sites for Cry1A.105, Cry1Aa, Cry1Ab, Cry1Ac and Cry1Fa proteins from *Bacillus thuringiensis* in two important corn pests, *Ostrinia nubilalis* and *Spodoptera frugiperda*. *Plos One*, San Francisco/Cambridge, 5 jul. 2013. Disponível em: ‹http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0068164›. Acesso em: 14 set. 2015.

SEGUNDO levantamento de adoção da biotecnologia agrícola no Brasil, safra 2014/15. *Céleres*, Uberlândia, MG, 16 dez. 2014. ‹http://celeres.com.br/2o-levantamento-de-adocao-da-biotecnologia-agricola-no-brasil-safra-201415/›. Acesso em: 14 set. 2015.

TABASHNIK, B. E. Delaying insect resistance to transgenic crops. *Proceeding of the National Academy of Sciences of the United States of America*, v. 9, p. 19029-19030, 2008.

Indução de resistência contra patógenos: definição e perspectivas de uso

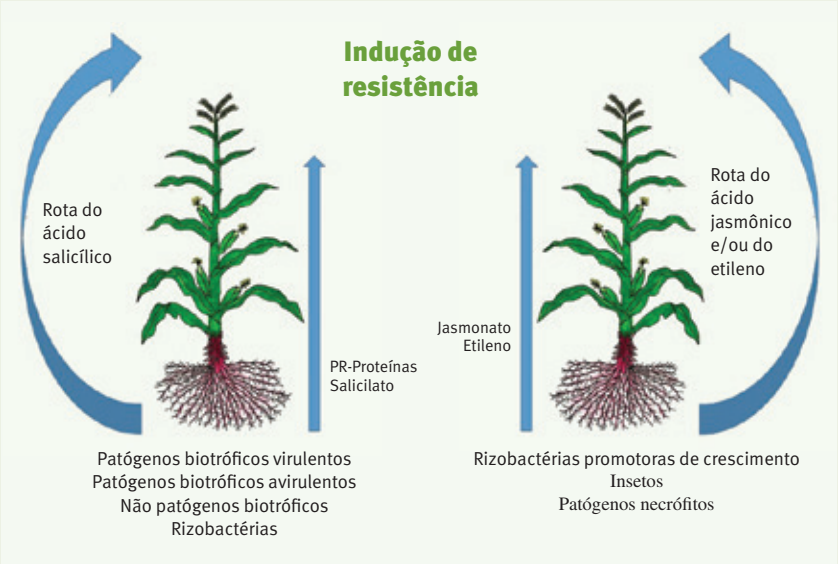
Sérgio F. Pascholati, Thiago A. de Melo e Ronaldo José Durigan Dalio *

A indução de resistência (IR) tem por objetivo ativar os mecanismos latentes de resistência de um hospedeiro vegetal suscetível ou moderadamente resistente, por meio do uso de agentes abióticos ou bióticos (eliciadores/indutores), de modo que o mesmo tenha sucesso na defesa contra o ataque de patógenos como fungos, oomicetos, bactérias, vírus e nematoides (Figura 1). A IR pode ser empregada no manejo integrado de doenças e contribuir para que genótipos de alto valor agronômico continuem ou passem a ser utilizados no campo (Pascholati & Cia, 2009).

A ativação das respostas de defesa das plantas se inicia pelo reconhecimento do agente indutor ou do patógeno. No caso do patógeno, o reconhecimento pode ser mediado por receptores de reconhecimento (PRRs) de padrões moleculares associados aos patógenos/microrganismos (PAMPs/MAMPs) ou pela interação entre os genes de resistência (R) da planta e efetores do microrganismo. Após o reconhecimento, uma série de mudanças nos padrões transcricionais da célula vegetal ocorre, visando à defesa. Alguns dos mecanismos de defesa ativados podem envolver: produção de espécies reativas de oxigênio, ocasionando a explosão oxidativa na célula desafiada, constituindo o que se conhece como reação de hipersensibilidade (RH); ativação de genes de defesa; síntese de compostos tóxicos como as fitoalexinas; síntese de compostos capazes de promover mudanças estruturais na parede celular. Adicionalmente, sinais podem

Pesquisas podem elucidar mecanismos de defesa (e sua ativação), na cultura do milho, aumentando a produção e reduzindo uso de pesticidas

FIGURA 1. AGENTES BIÓTICOS INDUZINDO RESISTÊNCIA SISTÊMICA EM PLANTAS CONTRA FITOPATÓGENOS E PRAGAS



Obs.: Em função da natureza dos eliciadores diferentes, as rotas de sinalização e metabólicas podem ser ativadas

Fonte: Adaptado de Camargo (2011)

ser translocados para partes distantes do sítio onde o eliciador foi percebido, incrementando os níveis de resistência da planta de maneira sistêmica.

A cultura do milho está sujeita à ocorrência de várias doenças que podem trazer perdas de produtividade, afetando a qualidade e o valor nutritivo de grãos e da forragem. Dentre as doenças foliares que ocorrem na cultura, merecem destaque a cercosporiose (*Cercospora zeae-maydis* e *C. sorghi* f. sp. *maydis*), a ferrugem polissora (*Puccinia polysora*), a ferrugem comum (*Puccinia sorghi*), a helmintosporiose (*Exserohilum turcicum* e *Bipolaris maydis*), a mancha foliar de diploidia (*Diplodia macrospora*) e a antracnose (*Colletotrichum graminicola*). Além das doenças foliares, as podridões do colmo e das raízes da planta são a causa de enormes prejuízos na cultura. Dentre os patógenos que causam este tipo de doença, encontram-se os fungos (*Diploidia macrospora*, *Fusarium moniliforme*, *F. moniliforme* var. *subglutinans*, *Colletotrichum graminicola* e *Macrophomina phaseolina*), oomicetos (*Pythium aphanidermatum*) e várias bactérias dos gêneros *Pseudomonas* e *Erwinia*. Ainda, sérios danos podem ser causados por doenças de etiologia viral, além de fitoplasma, espiroplasma e, especialmente, por nematoides (Figura 2).

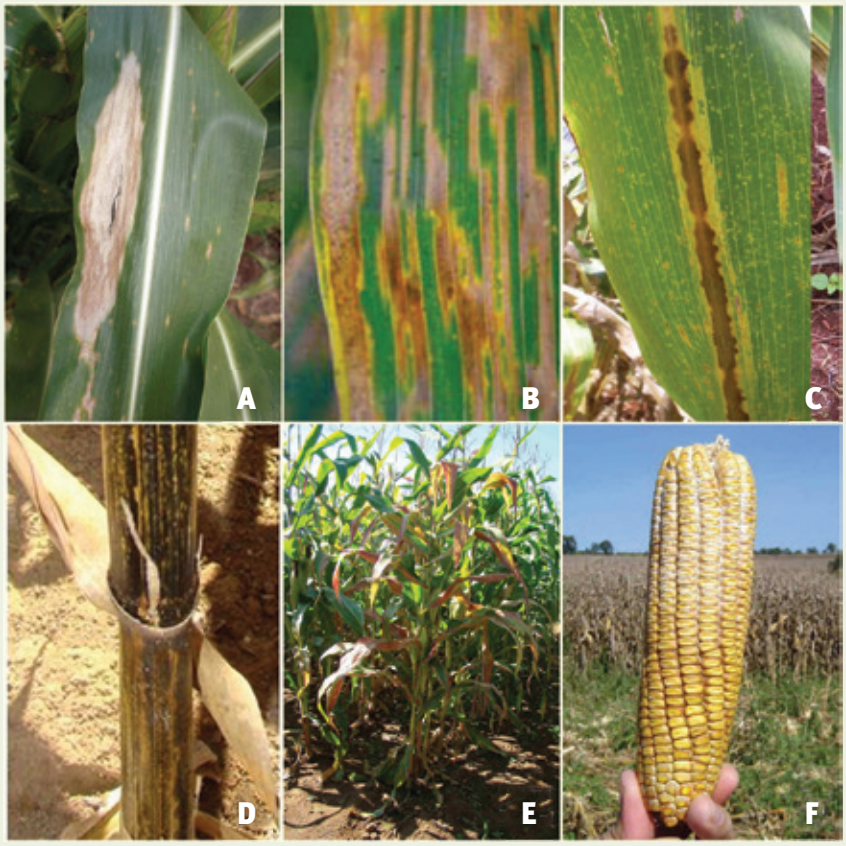
O manejo das doenças na cultura do milho é baseado no uso de variedades resistentes com rotação de genótipos e no emprego da rotação de culturas. Além disso, sendo o milho um importante produto agrícola para o agronegócio brasileiro, há enorme demanda por medidas de controle de doenças que sejam rápidas e eficazes. Esta busca imediatista e capitalista por respostas às infecções no campo colocou o Brasil no posto de maior consumidor de agrotóxicos do mundo. O país gasta, anualmente, cerca de 2,5 bilhões de dólares com agroquímicos, sendo responsável por 50% do consumo desses produtos em toda a América Latina (Mapa, 2014). Como consequências, graves desequilíbrios ambientais podem ocorrer, como a contaminação de alimentos, animais e reservas hídricas, ocasionado a redução na qualidade e na expectativa de vida da população mundial. Além disso, a pressão de seleção exercida no ambiente pelo uso de defensivos e pelo estreitamento da base genética das culturas tem provocado o surgimento de novos isolados patogênicos mais agressivos, aumentando consideravelmente as perdas e os custos na produção.

Neste cenário, favoreceria a manutenção da sustentabilidade do sistema de produção de milho no país o uso racional dos agroquímicos, realizado de forma integrada com outras medidas de controle, como as rotações de culturas, a resistência genética. Mais recentemente, surgiram medidas promissoras como a indução de resistência, tendo em vista que, sem o uso de agroquímicos, a cadeia produtiva do milho não é viável (Barros, 2011). A IR é eficiente contra diversos patógenos devido à ação de diferentes mecanismos de defesa da planta. Além disso, tem caráter sistêmico, persistente e natural, podendo, inclusive, ser transmitida por enxertia. Como desvantagem, trata-se de uma resistência parcial, incompleta e que pode requerer reativações sucessivas.

Poucos pesquisadores têm se dedicado ao estudo da indução de resistência em milho contra fitopatógenos. Silva (1989) usou a levedura *Saccharomyces cerevisiae* para o controle da antracnose em plântulas de milho, procurando evidenciar a ocorrência ou não da resistência induzida. Demonstrou-se a ocorrência do controle biológico, porém, não da resistência induzida sistemicamente. Barros (2011) avaliou a aplicação foliar de acibenzolar-S-metílico (ASM), um indutor de resistência disponível comercialmente no Brasil e não registrado para o milho, para a indução de resistência à cercosporiose e verificou que em nenhum dos experimentos conduzidos foi possível a observação dos benefícios da utilização do ASM, tanto isoladamente quanto em mistura com fungicidas, para o controle da doença em milho.

Diferentemente, Kumar, Yadav, Tuteja

FIGURA 2 | SINTOMATOLOGIA CARACTERÍSTICA DE DOENÇAS IMPORTANTES PARA A CULTURA DO MILHO



(A) Helmintosporiose (*Exserohilum turcicum*); (B) Cercosporiose (*Cercospora zeae-maydis* e *C. sorghi* f. sp. *maydis*); (C e D) Antracnose na folha e no colmo (*Colletotrichum graminicola*); (E) Enfezamento vermelho (Fitoplasma); (F) Podridão branca da espiga (*Stenocarpela maydis* e *Stenocarpela macrospora*)

Fonte: Embrapa Milho e Sorgo

e Johri (2009) verificaram que plântulas de milho inoculadas com *Piriformospora indica*, simultaneamente ou 10 dias após a infecção por *Fusarium verticilioides*, apresentaram redução significativa na suscetibilidade ao patógeno quando comparadas às plantas somente infectadas com *F. verticilioides*. Os autores atribuíram a resistência às alterações na capacidade antioxidante induzida por *P. indica*, apontado na literatura como um fungo endofítico que apresenta ampla gama de plantas hospedeiras e exibe interessantes habilidades biológicas, como promoção de crescimento e aumento da produtividade da planta, além de induzir resistência contra fitopatógenos e estresses abióticos (Pascholati et al., 2012).

Dependendo da rota metabólica ativada e da natureza do agente indutor (Figura 1), a indução de resistência pode exibir menor ou maior sucesso na proteção da planta, como observado nos relatos acima. Portanto, faz-se necessário o engajamento de pesquisadores na condução de experimentos que elucidem tanto os mecanismos de defesa quanto a melhor forma de ativá-los, na cultura do milho, o que levaria a aumentos na produção e à diminuição no uso de pesticidas (Balmer et al., 2013).

**** Sérgio F. Pascholati*** *é professor titular do Departamento de Fitopatologia e Nematologia da USP/ESALQ (sfpascho@usp.br);* ***Thiago Anchieta de Melo*** *é doutorando do Programa de Pós-Graduação em Fitopatologia da USP/ESALQ (thiagoanchieta@usp.br);* ***Ronaldo José Durigan Dalio*** *é pós-doutorando do Centro Apta Citros Sylvio Moreira, IAC/Cordeirópolis, SP (ronaldobio@hotmail.com).*

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BALMER, D.; PAPAJEWSKI, D.V. de; PLANCHAMP, C.; GLAUSER, G.; MAUCH-MANI, B. Induced resistance in maize is based on organ-specific defense responses. *The Plant Journal*, v. 74, p. 213-225, 2013.

BARROS, R. Estudo sobre a aplicação foliar de acibenzolar-S-metil para a indução de resistência à ferrugem asiática em soja e cercosporiose em milho. *Arquivos do Instituto Biológico*, São Paulo, v. 78, n. 4, p. 519-528, 2011.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Segurança Química: Agrotóxicos*, 2014. Disponível em: ‹http://www.mma.gov.br/seguranca-quimica/agrotoxicos›. Acesso em: 14 set. 2015.

CAMARGO, L.E.A. Genética da interação patógeno-hospedeiro. In: AMORIM, L.; REZENDE, J.A.M.; BERGAMIN FILHO, A. *Manual de Fitopatologia*: princípios e conceitos. 4. Ed. Piracicaba: Agronômica Ceres, p.119-132, 2011.

KUMAR, M.; YADAV, V.; TUTEJA, N.; JOHRI, A. K. Antioxidant enzyme activities in maize plants colonized with *Piriformospora indica*. *Microbiology*, New York, v. 155, p. 780-790, 2009.

PASCHOLATI, S. F.; CIA, P. Uso de indutores de resistência: conceito, realidade e perspectivas. In: FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. *Milho*: manejo e produtividade. Piracicaba: USP/ESALQ/LPV, 2009. p. 177-181.

PASCHOLATI, S. F.; DALIO, R. J. D.; CARDOSO FILHO, J. A.; BRAND, S. C.; PINTO, L. R.; OSSWALD, W. *Piriformospora indica* – indutor de resistência em plantas contra patógenos. In: RODRIGUES, F. A.; FORTUNATO, A. A.; RESENDE, R. S. *Indução de resistência em plantas à patógenos*. Viçosa: UFV, 2012. p. 79-112.

SILVA, S. R. da. Aspectos do controle da antracnose em plantas de milho (*Zea mays* L.), mantidas em casa-de-vegetação, pelo emprego de *Saccharomyces cerevisiae* Meyen. Piracicaba: USP/ESALQ, 1989. 81 p. (Dissertação de Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Fitopatologia).

Aprimoramento

Mudanças em plantas, ambiente e patógenos afetam controle de doenças

Carlos A. Forcelini *

As doenças do milho podem ser agrupadas em quatro tipos: a) as podridões de sementes e plântulas, b) as podridões do colmo (Figura 1), c) as doenças foliares (Figura 2) e d) as podridões da espiga (Figura 3). Elas afetam a implantação da cultura, o movimento de água e nutrientes, a fotossíntese, a produtividade e a qualidade dos grãos, inclusive com formação de micotoxinas. As doenças resultam da interação de três fatores: a planta hospedeira, o patógeno e o ambiente. Estes mudaram significativamente na cultura do milho nas últimas décadas. Em relação ao hospedeiro, houve o desenvolvimento de genótipos com altíssimos potenciais de rendimento de grãos, porém, às vezes, mais suscetíveis às doenças. Também o ambiente na lavoura mudou com o aumento da população de plantas, a diminuição do espaçamento entre linhas de 90 cm para 45 cm e com a migração do cultivo de primavera-verão (primeira safra) para o de verão-outono (segunda safra). Quanto ao patógeno, sua variabilidade genética encarrega-se do desenvolvimento de estirpes mais agressivas e/ou mais resistentes aos fungicidas.

O cultivo de milho em segunda safra, ou safrinha, iniciou-se nos anos 1980 e teve um crescimento exponencial desde então. Em 2014, sua área atingiu 7,359 milhões de hectares, tornando-se maior que a de primavera-verão (7,328 milhões de hectares), que vem decrescendo. Essa dualidade de cultivos implica em cenários diferentes para as doenças. O cultivo de primeira safra ocorre a partir de agosto e setembro, em solo ainda frio, que atrasa o desenvolvimento inicial da cultura e favorece os patógenos presentes no solo (por exemplo, *Pythium* spp.) e na semente (por exemplo, *Fusarium* spp., *Aspergillus* spp., *Penicillium* spp.). Os problemas com a implantação da cultura são mais acentuados e o tratamento de sementes tem importância maior, devendo incluir ativos como o metalaxil (=mefenoxam) e benzimidazóis.

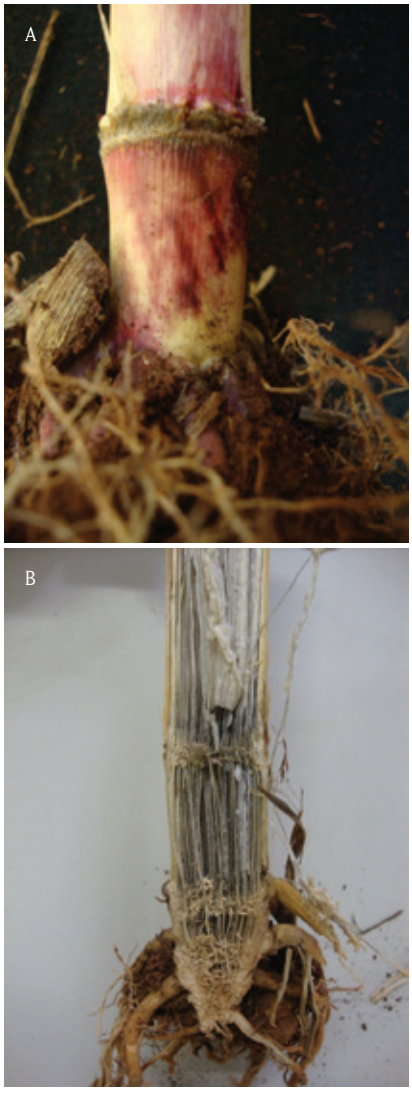
Na primeira safra, dois fatores resultam em menor ocorrência de doenças na parte aérea da planta. Primeiro, maior área é cultivada em rotação com soja ou outras espécies, favorecendo a redução do inóculo de fungos necrotróficos no solo (por exemplo, *Fusarium, Diplodia, Colletotrichum, Cercospora, Bipolaris, Exserohilum*). Segundo, a combinação

FREEIMAGES / SHANE GARDNER

Sustentabilidade do milho no atual sistema de cultivo depende de genótipos resistentes, conhecimento da epidemiologia e aprimoramento de fungicidas

FIGURA 1 | PODRIDÕES DO COLMO DO MILHO

A: início de podridão por *Fusarium* sp.
B: podridão por *Macrophomina phaseolina*



LILIANE DE DIANA TEIXEIRA.

de temperaturas ascendentes e umidade relativa do ar decrescente reduz o molhamento necessário à infecção das folhas e espigas. Em resumo, o cultivo de primavera-verão representa mais problemas para a implantação da cultura, porém, tem menor ocorrência de doenças na parte aérea. A necessidade e a resposta à aplicação de fungicidas é, geralmente, menor.

A segunda safra de milho ocorre no verão-outono, geralmente após um primeiro cultivo de soja. A implantação se dá em solo com temperatura mais alta, com germinação e emergência mais rápidas, diminuindo os problemas de implantação. O desenvolvimento da cultura se dá sob temperaturas decrescentes, aumento da umidade do ar e diminuição da insolação. Esses fatores combinados promovem maior molhamento dos órgãos aéreos da planta, com aumento das doenças foliares e podridões da espiga. A maior parte da área de milho em segunda safra é, também, cultivada em monocultura, resultando em maior ocorrência de doenças por fungos necrotróficos, como podridões de colmo, manchas foliares e podridões da espiga.

As características dos agentes causais das doenças devem ser consideradas no manejo. As ferrugens têm, como patógenos, fungos biotróficos (*Puccinia sorghi* e *P. polysora*) que aumentam a epidemia pela formação de novas lesões, as quais requerem a produção e disseminação de grande quantidade de esporos, sendo isto um dos principais componentes da epidemia. Entre os fungicidas, as estrobilurinas agem predominantemente sobre a germinação dos esporos e a entrada do patógeno na planta, tendo maior eficácia sobre as ferrugens. O lançamento de novos compostos do grupo químico carboxamida (subgrupo pirazol) vem reforçar a ação dos fungicidas sobre os esporos e a infecção.

Os patógenos necrotróficos (*Bipolaris, Cercospora, Diplodia, Exserohilum, Phaeosphaeria* etc.) também aumentam a epidemia por originar novas infecções a partir dos esporos. Contudo, seu componente mais importante é a expansão da lesão, mediada pela colonização pelo fungo e a produção de toxinas no interior dos tecidos. Helmintosporiose e cercosporiose (Figura 2) do milho exemplificam bem esta ação. Em híbridos mais suscetíveis, a expansão da lesão logo após a inoculação é exponencial. Nestes casos, o manejo das manchas foliares depende mais da ação sistêmica de fungicidas triazóis, os quais inibem a síntese de esteróis necessários à formação das membranas e crescimento do fungo no interior da planta.

Diferentemente da soja, na qual há predominância da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*), cujo controle requer maior quantidade de estrobilurina nas formulações dos fungicidas, no milho e no trigo existe um balanço entre ferrugens e manchas foliares; ou até a predominância destas, especialmente em monocultura e segunda safra. A simples adoção dos fungicidas desenvolvidos para a soja não é, tecnicamente, a melhor opção para o controle. O manejo de doenças em milho necessita de formulações mais equilibradas em estrobilurina e triazol. Misturas de tanques também podem ser efetuadas com benzimidazóis ou ditiocarbamatos, para melhorar o controle da mancha de *Diplodia* e mancha branca, respectivamente.

O manejo de doenças em milho deve considerar a sequência de infecção. Patógenos necrotróficos que sobreviverem nas sementes e restos culturais geralmente são os primeiros a se estabelecer nas plantas. Eles atacam as sementes e plântulas; depois, evoluem para o colmo, folhas e espigas. No cultivo de segunda safra, predominantemente em monocultura de milho, as manchas foliares têm precedência sobre as ferrugens, o que requer aplicações mais cedo e, também, fungicidas com maior quantidade de triazóis eficazes.

FIGURA 3 | PODRIDÃO DA ESPIGA DO MILHO CAUSADA POR *GIBBERELLA ZEAE*

LILIANE DE DIANA TEIXEIRA.

FIGURA 2 | DOENÇAS FOLIARES DO MILHO. A: CERCOSPORIOSE. B: HELMINTOSPORIOSE. C: FERRUGEM TROPICAL. D: MANCHA BRANCA E HELMINTHOSPORIOSE

LILIANE DE DIANA TEIXEIRA

O manejo integrado de doenças em milho envolve: a) diminuição do inóculo inicial pelo uso de sementes tratadas com fungicida, a rotação de culturas e a eliminação de plantas voluntárias de milho (problema crescente a partir da adoção de híbridos transgênicos com resistência ao herbicida glisofato); b) redução do tempo de exposição do hospedeiro através de híbridos precoces, semeadura em época adequada à rápida germinação e aplicações preventivas de fungicidas (que atrasam o início da epidemia); c) redução da taxa de progresso da epidemia via híbridos menos suscetíveis, arranjo de plantas adequado, manejo da irrigação e aplicação de fungicidas. A resposta em rendimento de grãos é variável, especialmente em função da pressão de doença e do híbrido utilizado. Em média, situa-se entre 5% e 11%, com uma aplicação, chegando a 20% com duas aplicações.

A aplicação de fungicidas é, normalmente, atrelada ao estádio de crescimento da planta, principalmente sua altura, em função do tamanho dos equipamentos de pulverização. Para pulverizadores tratorizados ou de arrasto, a aplicação é possível até os estádios V8 a V10. Equipamentos autopropelidos e a aviação agrícola permitem um segundo tratamento na fase de pré-pendoamento. Contudo, o correto é atentar para a dinâmica das doenças. Híbridos suscetíveis, semeaduras tardias, ambiente favorável às doenças e áreas de monocultura requerem antecipação das aplicações, cujo momento pode ser identificado através do monitoramento da lavoura e do ambiente.

O intervalo entre as aplicações deve considerar que, uma vez cessado o efeito do tratamento anterior, a epidemia tende a um ritmo de crescimento intenso. Assim ocorre pela disponibilidade de sítios sadios para infecção nas plantas anteriormente protegidas e pela quantidade crescente de esporos disseminados ao longo do ciclo da cultura. Em geral, os tratamentos são efetivos por um período de 17 a 20 dias. A importância das doenças em milho é crescente, assim como a necessidade do seu controle. O desenvolvimento de genótipos resistentes, o conhecimento da epidemiologia das doenças e o aprimoramento dos fungicidas e da tecnologia de aplicação são fatores extremamente importantes à manutenção da sustentabilidade do milho no atual sistema de cultivo.

***Carlos A. Forcelini** é engenheiro agrônomo, Ph.D. em fitopatologia e professor na Universidade de Passo Fundo (forcelini@upf.br).*

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BERGAMIN FILHO, A.; AMORIM, L. *Doenças de plantas tropicais e controle econômico*. São Paulo: Agronômica Ceres, 1996. 289 p.

BERGER, R. D. Application of epidemiological principles to achieve plant disease control. *Annual Review of Phytopathology*, Palo Alto, v. 15, p. 165-181, 1977.

FORCELINI, C. A. Manejo epidemiológico de doenças fúngicas em milho. In: SIMPÓSIO DA CULTURA DO MILHO, 13, 2013, Piracicaba: USP/ESALQ.

REIS, E. M.; CASA, R. T.; BRESOLIN, A. D. *Manual de diagnose e controle de doenças no milho*. Lages: Graphel, 2004. 144 p.

Cuidados

Perdas acarretadas por nematoides podem, com precaução, ser evitadas

Mário Inomoto *

RODRIGO ALMEIDA

No Brasil, são poucos os relatos de perdas por fitonematoides, indício de que milho é tolerante ao parasita

Do ponto de vista agronômico, a relação do milho com os fitonematoides precisa ser analisada sob dois pontos de vista: 1) as perdas causadas pelos nematoides à cultura; 2) a influência da cultura sobre a densidade dos fitonematoides no solo. No primeiro caso, as perdas devem ser avaliadas e, quando necessário, controladas. O segundo está relacionado às sequências de cultivos nas quais o milho atua, frequentemente, como agente redutor da densidade dos nematoides, beneficiando a cultura subsequente.

Como reverso da moeda, para alguns nematoides ocorre o contrário, com consequências negativas à cultura implantada após o milho. Este artigo será desenvolvido em duas partes. Inicialmente, serão discutidas a importância e o manejo dos fitonematoides na cultura do milho no Brasil. Depois, serão destacadas as possibilidades oferecidas pelo milho no controle dos nematoides, por meio de seu uso como cultura de rotação, de sucessão ou intercalar.

IMPORTÂNCIA E MANEJO

No Brasil, são escassos os relatos de perdas causadas por fitonematoides, o que é um indício de que o milho é muito tolerante a esses parasitas, quiçá em razão do seu exuberante sistema radicular. Ao longo do tempo, porém, um preocupante comodismo ou excesso de segurança têm ocorrido entre nossos agricultores. De fato, os nematoides não figuram entre as preocupações durante o planejamento e a implantação da cultura. Como consequência, perdas perfeitamente evitáveis, provocadas principalmente por *Pratylenchus zeae*, têm sido relatadas. Esta espécie de nematoide das lesões tem sido responsável, no país, pelas perdas mais intensas e frequentes na cultura do milho. Causa morte de raízes e redução do tamanho das plantas em reboleiras de tamanho variável (Figuras 1 e 2). Os primeiros relatos desses sintomas no Brasil datam de 1963 e têm se repetido esporadicamente desde então.

Com as precauções devidas, tais eventos seriam perfeitamente evitáveis, pois *P. zeae* é capaz de infectar e colonizar somente poáceas. Portanto, seu manejo pode ser executado com sucesso, desde que se tenha, como principal ferramenta, a rotação ou sucessão com feijoeiro, soja, amendoim, girassol etc., a partir do momento que a densidade populacional do plantio ultrapasse 200 indivíduos por 200 cm^3 de solo. Outra espécie de nematoide das lesões, *P. brachyurus*, tem apresentado importância crescente, provocando sintomas semelhantes, porém, seu manejo é muito mais difícil, porque é capaz de se reproduzir e, mesmo, causar danos em várias espécies de plantas não-poáceas, como algodoeiro, amendoim, feijoeiro e soja. Experimentalmente, tem sido possível seu controle por meio da aplicação de nematicidas químicos (Figura 3). Uma terceira espécie, *Meloidogyne incognita*, tem sido relatada como causa de perdas, porém, com frequência muito pequena.

MILHO NO MANEJO DE NEMATOIDES

Por ser resistente a algumas das principais espécies de fitonematoides que ocorrem no Brasil, o milho é extremamente valioso como cultura de rotação ou de sucessão, visando ao controle de pelo menos quatro importantes espécies: *Heterodera glycines*, *Rotylenchulus reniformis*, *Meloidogyne hapla* e *Ditylenchus dipsaci*. No entanto, é suscetível a quatro outras espécies de grande importância: *Pratylenchus brachyurus*, *P. zeae*, *P. jaehni* e *M. incognita*. Portanto, o milho terá papel positivo ou negativo no manejo dos nematoides mais relevantes no Brasil, dependendo da espécie de nematoide envolvida no quadro.

ROTAÇÃO OU SUCESSÃO COM SOJA

Os nematoides que causam mais perdas à soja, no Brasil, são H. glycines, P. *brachyurus*, *M. javanica*, *M. incognita* e *R. reniformis*. Do ponto de vista meramente nematológico, o milho pode ser utilizado sem restrições para o controle do nematoide de cisto da soja (*H. glycines*), pois todas as cultivares e híbridos são resistentes, causando sua redução populacional. A mesma recomendação é válida para o nematoide reniforme (*R. reniformis*), cuja importância ainda é pequena, mas crescente para a soja. A base do controle de *H. glycines* e *R. reniformis* tem sido, em soja, o uso de cultivares resistentes. No entanto, a rotação ou a sucessão com milho são, também, medidas de grande valor como alternativas ou complementos às cultivares resistentes. No primeiro caso, quando as cultivares resistentes disponíveis não são adequadas ao local; no segundo, quando se deseja um efeito aditivo (Figura 4).

FIGURA 1. MORTE DE RAÍZES POR *PRATYLENCHUS ZEAE* EM MILHO

FIGURA 2. *PRATYLENCHUS ZEAE* PROVOCA REDUÇÃO NO PORTE DAS PLANTAS EM REBOLEIRAS

FIGURA 3. UM ENSAIO PARA AVALIAÇÃO DE CONTROLE DE *PRATYLENCHUS BRACHYURUS* POR MEIO DE NEMATICIDAS QUÍMICOS

Antes da detecção do nematoide de cisto no Brasil, em 1992, a espécie que causava mais preocupação entre os sojicultores era *M. javanica*, o nematoide das galhas mais comum em soja. Atualmente, a importância de *M. javanica* é consideravelmente menor que há 20 anos; em grande parte, devido ao estabelecimento do nematoide de cisto e do nematoide das lesões como espécies mais daninhas à soja no país. Além disso, o controle do nematoide foi muito aperfeiçoado, com o desenvolvimento e a disponibilização comercial de muitas cultivares de soja resistentes ou moderadamente resistentes. Por fim, uma ação involuntária do agricultor teve, provavelmente, grande contribuição para o controle de *M. javanica*: o uso do milho como "safrinha", após a soja. O papel do milho está relacionado ao fato de que entre 20% e 30% dos híbridos atualmente comercializados no Brasil são resistentes a *M. javanica* (Figura 5). Os demais híbridos são, em maioria, moderadamente resistentes; poucos são

FIGURA 4. ROTAÇÃO OU SUCESSÃO COM MILHO SÃO VANTAJOSOS PARA A SOJA POR CONTROLAR *HETERODERA GLYCINES* E *ROTYLENCHULUS RENIFORMIS*

suscetíveis. Neste artigo, são chamadas de plantas resistentes aquelas com fator de reprodução (FR = relação entre a população final e a população inicial) menor que um; ou seja, que causam a redução populacional do nematoide. Plantas moderadamente resistentes têm FR entre um e cinco; e plantas suscetíveis apresentam FR maior que cinco.

Porém, é necessário se assegurar da identidade da espécie de *Meloidogyne*. Com menor frequência, outra espécie de nematoide das galhas ocorre em soja: *M. incognita*. No Brasil, não existem híbridos de milho resistentes nem moderadamente resistentes a *M. incognita*. Portanto, se a espécie de *Meloidogyne*

FIGURA 5. PARCELA DOS HÍBRIDOS DE MILHO COMERCIALIZADOS NO BRASIL É RESISTENTE A *MELOIDOGYNE JAVANICA* (DETALHE)

presente for *M. incognita*, o milho causará grande aumento da sua densidade e, como consequência, das perdas em soja. Não há híbridos de milho resistentes a *P. brachyurus*; porém, existem alguns com moderada resistência (FR entre um e cinco). Vários agricultores fazem a sucessão soja–milho em locais infestados com *P. brachyurus*, mas devem estar cientes do risco de perdas em soja, que somente deve ser aceito se a perspectiva de renda proporcionada pelo milho for realmente muito positiva (Figura 6). Também, é preciso levar em conta a densidade de *P. brachyurus* (o risco é maior a partir de valores superiores a 200 espécimes por 200 cm3 de solo) e o grau de resistência do milho ao nematoide (suscetível ou moderadamente resistente).

SUCESSÃO COM FEIJOEIRO

Os nematoides que ocorrem na cultura do feijão são os mesmos da soja. Portanto, as recomendações ao uso do milho como cultura de sucessão são as mesmas listadas para a soja; porém, há diferenças na importância das espécies de nematoides. Em feijoeiro, as espécies que causam as maiores perdas são *M. javanica* e *M. incognita*.

ROTAÇÃO OU SUCESSÃO COM ALGODOEIRO

No Brasil, os nematoides que causam mais perdas ao algodoeiro são *M. incognita* e *R. reniformis*. Tendo em vista que o milho é suscetível à primeira espécie e resistente à segunda, não deve ser utilizado em rotação ou sucessão com algodoeiro em locais infestados por *M. incognita*; porém, é altamente recomendável no controle de *R. reniformis*. Nos casos de infestações mistas, a decisão pelo uso do milho deve ser tomada com base na densidade de *M. incognita*, pois é a espécie com maior potencial de causar perdas ao algodoeiro. Se a densidade de *M. incognita* for maior que 100 espécimes por 200 cm³ de solo, esta regra é sagrada: não utilizar milho em hipótese alguma. Perdas na faixa de 30% a 50% podem ser esperadas se tal regra não for respeitada (Figura 7). Outra espécie que merece destaque é *P. brachyurus*, muito comum nos algodoais do país. Felizmente, são raros os casos em que causa perdas em algodão.

SUCESSÃO COM BATATA

Os principais nematoides da batata no Brasil são, em ordem decrescente de importância, *M. javanica*, *M. incognita* e *P. brachyurus*. Vale, por conseguinte, a regra de, em áreas infestadas por *M. javanica*, utilizar híbridos ou cultivares resistentes; em áreas infestadas por *M. incognita* ou *P. brachyurus*, não utilizar milho em qualquer hipótese. Outro quadro é a infestação mista pelas duas ou três espécies de nematoides, situação na qual, por segurança, não se deve utilizar milho.

FIGURA 6. REBOLEIRA CAUSADA POR ATAQUE DE *PRATYLENCHUS BRACHYURUS* EM SOJA

Relação do milho com os fitonematoides deve ser analisada pela perdas causadas e influência da cultura sobre densidade do parasita no solo

FIGURA 7. MILHO HOSPEDA BEM *MELOIDOGYNE INCOGNITA* E PODE SER PREJUDICIAL SE USADO EM ROTAÇÃO COM ALGODOEIRO EM SOLOS INFESTADOS COM ESTA ESPÉCIE

SUCESSÃO COM ALFACE, BETERRABA E CENOURA

Os nematoides mais daninhos à alface, à beterraba e à cenoura, no Brasil, são *M. javanica* e *M. incognita*. O uso do milho constitui grande risco de perdas para as três olerícolas em locais infestados por *M. incognita* e de risco moderado em locais infestados por *M. javanica*. Ambas as espécies causam perdas de igual monta para as três olerícolas; porém, a sucessão com milho é menos perigosa em locais com *M. javanica*, pois os híbridos de milho são, em sua grande maioria, resistentes (cerca de 20% a 30% deles) ou moderadamente resistentes. Porém, se o híbrido de milho foi suscetível, elevadas perdas podem ser causadas por *M. javanica* nessas culturas (Figura 8). Em algumas regiões, como em Mogi das Cruzes, a identificação tem valor ainda mais significativo. Nesta importante área produtora de olerícolas, além de *M. javanica* e *M. incognita*, outra espécie muito comum é *M. hapla*. Todos os híbridos de milho são resistentes a esta espécie; portanto, o papel dessa gramínea é completamente diverso do cenário com *M. incognita* ou *M. javanica*. É altamente recomendado o plantio em sucessão com alface, beterraba e cenoura para o controle de *M. hapla*.

SUCESSÃO COM ALHO E CEBOLA

O nematoide mais importante para o alho e a cebola é *Ditylenchus dipsaci* (nematoide dos caules e bulbos) em todas as principais regiões produtoras do Brasil (planalto catarinense, vale do Alto Paranaíba, entre outras). O milho é suscetível a algumas espécies de *D. dipsaci*, mas é resistente àquelas que atualmente ocorrem no Brasil. Portanto, pelo menos por ora, o milho é uma cultura válida para sucessão com alho e cebola em locais infestados por *D. dipsaci*; porém, os nematoides *M. javanica* e *M. incognita* também causam perdas à cebola.

CULTURA INTERCALAR EM CAFEZAIS

Em cafezais, as culturas intercalares trazem vários benefícios, destacando-se a proteção do solo contra erosão, a dessecação e o aumento da disponibilidade de nutrientes. Caso a cultura intercalar tenha valor econômico, acrescenta-se à lista de vantagens a renda propiciada ao agricultor. No entanto, para a finalidade desta publicação, interessa saber o efeito do milho sobre os nematoides que ocorrem em cafezais. Dentre os nematoides daninhos aos cafeeiros, o milho é resistente a *Meloidogyne exigua*, *M. paranaensis* e *M. coffeicola*; porém, é suscetível a *M. incognita*, *Pratylenchus jaehni* e *P. brachyurus*.

FIGURA 8. DANOS CAUSADOS POR *MELOIDOGYNE JAVANICA* EM BETERRABA, APÓS SUCESSÃO COM HÍBRIDO DE MILHO SUSCETÍVEL A ESTA ESPÉCIE

* ***Mário Inomoto*** *é docente do Departamento de Fitopatologia e Nematologia da USP/ESALQ (inomoto@usp.br)*

Equipamentos

Componentes do sistema de colheita devem atuar em perfeita sintonia

Evandro Chartuni Mantovani *

Colheita mecânica do milho: bom desempenho depende de trabalho ajustado, visando perfeita sintonia durante todo o processo

O agricultor deve fazer a programação da colheita mecânica do milho a partir do planejamento de implantação da cultura, para obter um bom desempenho da colhedora, reduzir perdas e colher grãos de qualidade. Nessa perspectiva, por envolver várias operações, as três atividades componentes do sistema de colheita dizem respeito à infraestrutura de suporte e à implantação da cultura e ao trabalho da colhedora no campo, que devem estar bem ajustadas, visando à perfeita sintonia durante todo o processo. De acordo com a Companhia Nacional de Abastecimento (Conab), em levantamento de junho de 2013, na safra 2012/2013, o Brasil produziu 78,5 milhões de toneladas de milho, em 15,8 milhões de hectares, sendo que apenas 45% dessa produção foi colhida mecanicamente, o que equivale a 7,12 milhões de hectares.

Os agricultores estão conseguindo aumentar a área colhida com o uso de equipamentos de colheita, aumentando o número de horas de trabalho por dia, com a modernização dos equipamentos. Utilizam piloto automático e barra de luzes, além do uso das plataformas de colheita mais largas, reduzindo o espaçamento entre linhas da cultura em 0,45 m. Isso

viabiliza ao agricultor trabalhar com um número menor de máquinas, aumentando a capacidade de colheita. A eficiência operacional dos equipamentos é medida em toneladas por hora. De acordo com Hunt (2001), a capacidade efetiva de uma máquina (ha/h) não é um indicador adequado para mostrar a capacidade operacional das colhedoras. Diferenças em produtividade e condições de uma cultura podem mostrar uma colhedora com baixo desempenho operacional em ha/h, mas com alto rendimento de massa colhida (t/h), quando comparada a uma máquina semelhante em um campo com condições diferentes.

A sequência de operações interligadas e em sintonia permite ao sistema de colheita evitar que haja interrupção em algum ponto, por diferentes motivos. Por exemplo, a falta de carreta ou caminhões para transporte dos grãos ou a capacidade do secador ser menor que a capacidade de colheita da colhedora etc. Para ajustar bem os componentes do sistema, antes de começar a colher, o agricultor terá que calcular a necessidade de cada equipamento, para atender ao sistema no tempo certo e evitar desperdícios de tempo e dinheiro.

O avanço tecnológico dos equipamentos de colheita tem sido expressivo. Hoje, o Brasil colhe sua safra de grãos com equipamentos em níveis iguais aos dos países desenvolvidos. As colhedoras estão sendo equipadas com sensores capazes de realizar o mapeamento georreferenciado de produtividade dos campos colhidos, facilitando o manejo cultural nas etapas de planejamento, da aplicação dos fertilizantes à avaliação das cultivares utilizadas. Além disso, as cabines de proteção do operador oferecem maior conforto térmico e redução de poeira e ruídos. Segundo a Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores (Anfavea, 2013), a indústria brasileira está produzindo 7.485 colhedoras/ano, e o número de máquinas de colheita vendidas no mercado interno foi de 5.652, em 2013, com acréscimo de 55,7% em relação a 2012. Dois tipos de máquinas para colheita do milho estão disponíveis no mercado nacional: as automotrizes e as acopladas aos tratores (Figura 1).

COLHEDORAS ACOPLADAS

Os equipamentos de colheita acoplados aos tratores são utilizados para áreas de produção menores e podem colher grãos ou espigas; colheitas com desempenhos adequados, colhendo grãos de qualidade e com baixas porcentagens de perdas, são muito dependentes de cultivares de milho que tenham pouco acamamento e baixas porcentagens de quebra. Como o sistema de regulagem de altura da colheitadeira acoplada é menos flexível que o das automotrizes, estas têm a sua eficiência alterada, em função do ângulo de acamamento ou quebra da planta, pela dificuldade de a máquina colher, ocorrendo perda de espigas. De acordo com Mantovani (1996), as perdas de espigas na plataforma são as que causam maior preocupação, uma vez que apresentam efeitos significativos sobre a perda total. A perda de espigas pode ter origem na regulagem da máquina de colheita, mas, de maneira geral, está relacionada à adaptabilidade da cultivar à colhedora (uniformidade da altura de inserção de espiga, porcentagem de acamamento e de quebramento de plantas). Geralmente, estes equipamentos acopláveis são comercializados com até duas linhas de colheita, realizando a debulha com um cilindro helicoidal. Além disso, podem ser equipadas com o sistema de colheita de espiga empalhada, principalmente para as empresas de sementes.

COLHEDORAS AUTOMOTRIZES

As colhedoras automotrizes são utilizadas em propriedades maiores, com plataformas de colheita variando de 4 a 12 linhas, em espaçamento variando entre 45 cm a 90 cm. Normalmente, apresentam capacidade operacional bem maior que as acopladas, mas dependem de uma infraestrutura de apoio para evitar desperdícios de tempo por falta de transporte de grãos quando o tanque enche, quebra, ou quando os carreadores são mal planejados etc. São constituídas de cinco partes, que realizam a colheita de forma integrada: (1) rolo espigador e chapas: corte e alimentação; (2) cilindro e côncavo: debulha; (3) peneiras e ventilador: separação e limpeza do grão; (4) elevador de grãos e tanque graneleiro: condução dos grãos e depósito; (5) descarga: transferência dos grãos do tanque graneleiro para a carreta.

Normalmente, o cilindro de debulha é o de barras para a colheita do milho, montado transversalmente, na frente da colhedora. Além deste, as colhedoras estão sendo equipadas com cilindros de fluxos axiais, que apresentam capacidade maior para processar a massa dos grãos colhidos. Para uma eficiência adequada durante a colheita, o número de linhas das semeadoras deve ser igual ou múltiplo do número de bocas da plataforma de colheita, assim como o espaçamento das linhas. De acordo com Mantovani (1996), pesquisas realizadas na Embrapa Milho e Sorgo com uma colhedora automotriz confirmaram que, em teores de umidade mais altos (22-24%), há maior dificuldade para se destacar a semente do sabugo, sendo recomendado colher com rotações na faixa entre 600 e 700 rpm. À medida que os grãos vão secando no campo, as rotações mais baixas são recomendadas, pela facilidade de debulhar, além de reduzir riscos de danos mecânicos aos grãos. No caso do cilindro helicoidal da colhedora acoplada a trator, verificou-se que a debulha foi mais eficiente, tendo conseguido retirar praticamente todos os grãos dos sabugos, apesar de o mecanismo debulhador não ter regulagem para variação de rotação.

Quando iniciar a colheita mecânica? — A partir da maturação fisiológica do grão, o milho está pronto para ser colhido, o que pode ser comprovado quando 50% dos grãos na espiga apresentarem

uma pequena mancha preta no ponto de inserção com o sabugo. Segundo Mantovani (2012), não havendo necessidade de antecipação da colheita, a recomendação de colheita deve ser quando o teor de umidade estiver na faixa entre 18% e 20%. O produtor deve levar em consideração a necessidade e a disponibilidade de secagem, o risco de deterioração, o gasto de energia na secagem e o preço do milho na época da colheita.

Sistema de debulha – É constituído pelo conjunto formado pelo cilindro e o côncavo, que exige muita atenção durante a regulagem por ser considerado o "coração" do sistema de colheita. Para a colheita de milho, o cilindro de barras é o mais indicado e a distância entre este e o côncavo é regulada de acordo com o diâmetro médio das espigas, de tal forma que, ao se debulhar a espiga, o sabugo saia inteiro ou, no máximo, quebrado em grandes pedaços.

Regulagem do cilindro: teor de umidade x rotação do cilindro – A rotação do cilindro debulhador é regulada conforme o teor de umidade dos grãos; ou seja, quanto mais úmidos, maior será a dificuldade de debulhá-los, exigindo maior rotação do cilindro batedor. À medida que os grãos vão perdendo umidade, tornam-se mais quebradiços e fáceis de serem destacados, sendo necessário reduzir a rotação do debulhador. A regulagem de rotação do cilindro e a abertura entre o cilindro e o côncavo é uma decisão entre a opção de perda ou de grãos quebrados, sem nunca ser os dois fatores 100% satisfatórios. Por exemplo, em caso de sementes, pode-se optar por uma perda maior, com menos grãos quebrados. As perdas de grãos nos sabugos ocorrem em função da regulagem do cilindro e do côncavo, consequentes das seguintes causas: a quebra do sabugo antes da debulha, grande folga entre cilindro e côncavo, velocidade elevada de avanço da colhedora, baixa velocidade do cilindro debulhador, barras do cilindro tortas ou avariadas, côncavo torto e existência de muito espaço entre as barras do côncavo.

Recomendações para a regulagem do rolo espigador, das peneiras e do ventilador – As perdas de grãos soltos são ocasionadas pelo rolo espigador e de separação, e estão relacionadas à regulagem da máquina. O rolo espigador recebe, geralmente, no final da linha, um fluxo menor de plantas e, com isso, debulha um pouco a espiga. Ou, então, a chapa de bloqueio está um pouco aberta e/ou com espigas menores que o padrão, entrando em contato com o rolo espigador. As perdas por separação são ocasionadas quando ocorre sobrecarga no saca-palha, quando as peneiras superiores ou inferiores estão um pouco fechadas, quando o ventilador está com rotação excessiva ou quando há sujeira nas peneiras.

Verificação da qualidade do grão colhido – Durante a regulagem do sistema de debulha, devem ser verificadas algumas partes da colhedora como: tanque graneleiro (para ver se há grãos quebrados); elevador da retrilha (para saber se há muito material voltando para o sistema de debulha); saída da máquina (a fim de verificar se está saindo grão preso ao sabugo e se o sabugo está sendo muito quebrado). As avaliações de perdas precisam ser classificadas para facilitar os ajustes que devem ser feitos na colhedora, indicando ao operador a regulagem recomendada. Antes de iniciar a colheita, deve-se avaliar a perda que ocorre no campo sem nenhuma intervenção da colhedora, denominada perda pré-colheita. Essa avaliação objetiva verificar se a cultivar plantada apresenta ou não adaptabilidade à colheita mecânica, com boa uniformidade da altura da inserção de espiga, baixa porcentagem de acamamento e de quebramento de plantas.

* ***Evandro Chartuni Mantovani*** *é PhD em mecanização agrícola e pesquisador na Embrapa Milho e Sorgo (evandro.mantovani@embrapa.br).*

FIGURA 1. COLHEITADEIRA DE MILHO AUTOMOTRIZ (A) E ACOPLADA A TRATOR (B)

A

Fonte a: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/9/94/Combine-harvesting-corn.jpg/300px-Combine-harvesting-corn.jpg;

B

Fonte b: http://br.viarural.com/agricultura/semeadoras/jumil/colheita-jm380.htm

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANFAVEA (Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores) *Anuário da Indústria Automobilística Brasileira 2013*. São Paulo, 2013. 160 p.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. *Acompanhamento de safra brasileira*: grãos, nono levantamento, junho 2013. Brasília: Conab, 2013.

HUNT, D. Farm Power and Machinery Management. 10th ed. Iowa State Press, Ames, Iowa State University, 2001. ISBN 0-8138-1756-0

MANTOVANI, E. C. Colheita e pós-colheita. In: CRUZ, J. C.; VERSIANI, R. P.; FERREIRA, M. T. R. (Eds.). *Cultivo do milho*. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2012. (Embrapa Milho e Sorgo. Sistema de Produção, 1). Disponível em: ‹ ‹http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho_8_ed/colregula.htm ›.

MANTOVANI, E. C. Mecanização da colheita. In: CRUZ, J. C. et al. (Ed.). *Recomendações técnicas para o cultivo do milho*. 2. ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 1996.

Tecnologia

Agricultura de precisão considera variabilidade das áreas de cultivo

Jose Paulo Molin e Adriano Adelcino Anselmi *

A. A. ANSELMI

Agricultura de precisão (AP): adoção das práticas no Brasil se ampliam, mas adoção é mais lenta do que se previa

Uma premissa para a agricultura de precisão (AP) é que as lavouras não são homogêneas; assim, a gestão com base em dados médios não é a melhor opção, mas o tratamento específico das subáreas de um talhão. Este tratamento diferenciado passou a ser viável, operacionalmente, a partir da utilização de sistemas de navegação global por satélite (GNSS) no final dos anos 1980. O uso do GNSS possibilitou georreferenciar o monitoramento das áreas de cultivo e aplicar tratamentos específicos a esses locais. O termo agricultura de precisão veio do inglês (*precision agriculture* ou *precision farming*) e se refere ao conjunto de práticas que visam a aprimorar a gestão das áreas de cultivo, considerando a variabilidade espacial e temporal das lavouras. No Brasil, as práticas de AP vêm se popularizando, cabendo destacar,

A. A. ANSELMI

dentre outras, a gestão dos corretivos e fertilizantes em taxas variáveis, com base na coleta de amostras de solo georreferenciadas; o mapeamento das colheitas; o uso de sistema de direção automática na semeadura e pulverização; mais recentemente, a gestão da população de plantas, especialmente nas lavouras de milho.

Infelizmente, não dispomos de estatísticas amplas sobre a adoção das práticas de AP no país; mas é evidente a constatação de que sua adoção é mais lenta do que se previa. Ainda na fase inicial, quando a indústria de máquinas oferecia a possibilidade da geração de mapas de produtividade como a porta de entrada para as práticas de AP, as expectativas infladas pela mídia geraram frustrações. Naquela fase, os agricultores praticamente não dispunham de recursos para as intervenções localizadas em lavouras, o que surgiu apenas no início dos anos 2000. A partir de então, o modelo de adoção tomou outros rumos. A base da informação para o diagnóstico da variabilidade passou a ser quase exclusivamente obtida por amostragens de solo e, naquela mesma época, surgiram empresas de consultoria e de prestação de serviços em AP, que se proliferaram sob a égide deste modelo.

Em outros países não foi muito diferente. Nos Estados Unidos, tem sido feito um levantamento, a cada dois anos, pela Purdue University, que coleta dados de provedores de produtos e serviços. Os dados de 2013 apontam que os serviços de amostragem georreferenciada de solo (em grade) são disponibilizados por mais de 50% das empresas entrevistadas. Também é importante destacar que elas utilizam, predominantemente, amostragens com até dois hectares por amostra, muito destoante das práticas usuais no Brasil, onde predominam amostragens na ordem de três a cinco hectares por amostra, quando não menos densas do que isso. Este fato, associado a uma série de outras simplificações no processo, tem gerado resultados questionáveis e frustrações; mas o mesmo levantamento aponta projeções bastante otimistas, por parte das empresas, para os próximos anos, em itens como a retomada da adoção de mapas de produtividade e a semeadura em taxas variáveis como prática emergente e promissora (Holland et al., 2013).

AP NA CULTURA DO MILHO

Embora as práticas de AP não sejam específicas para uma cultura, sendo o milho uma cultura extremamente responsiva à oferta de insumos (água, luz, nutrientes), sua cultura tem mostrado resultados positivos, quando sob o sistema de AP. A gestão da variabilidade e aplicação de insumos pode ser conduzida com dois focos distintos: o solo ou as plantas.

GESTÃO DA ADUBAÇÃO NITROGENADA

Quando o foco é a planta, existem diversos sensores – chamados de sensores ópticos de refletância ou sensores de dossel – capazes de mapear com boa precisão a biomassa presente na área. Indiretamente, é possível diagnosticar em tempo real a quantidade de nitrogênio (N) demandada pela cultura, para proceder a aplicação. De acordo com Povh (2012), o melhor estádio para diagnosticar a demanda de nitrogênio pelas plantas de milho é em V10; porém, nesta fase a mecanização da operação já é bastante dificultosa. Em estádios vegetativos iniciais, V4 e V5, as medições dos sensores apresentam boas correlações com populações de plantas.

O uso de sensores ópticos embarcados para gestão de nutrientes está entre as práticas mais avançadas, em termos de pesquisa em AP, no Brasil. Os esforços se

concentram, principalmente, para desenvolver algoritmos de recomendação calibrados para cada cultura. Na cultura do milho, as atividades estão voltadas para a gestão da adubação nitrogenada, assim como no trigo, cana-de-açúcar e algodão. Diversos modelos de equipamentos podem ser encontrados no mercado, e todos atuam com o mesmo princípio: medir a refletância do dossel das plantas. Cada sensor atua em um segmento de comprimento de onda específico e gera um índice de vegetação próprio. O mais popular destes é o índice de vegetação da diferença normalizada (NDVI) (Figura 1).

Dados de pesquisa utilizando sensores de dossel para recomendar a aplicação de nitrogênio na cultura do milho cultivado nos Campos Gerais do Paraná (apontam para a possibilidade de se economizar até 75% do nitrogênio aplicado, sem prejuízos significativos na produtividade. Apesar dos resultados favoráveis, a influência de outras variáveis (variabilidade de MO no solo, da capacidade de retenção de água, incidência de pragas e doenças, resposta dos diferentes híbridos) pode interferir no diagnóstico feito pelos sensores e dificulta a criação de um algoritmo genérico para recomendar nitrogênio em taxa variável para a cultura do milho (Povh, 2012).

Imagens de satélite também são utilizadas para obtenção de índices de vegetação, assim como os sensores ópticos embarcados; porém, com o empecilho de oferecerem baixa resolução espacial (tamanho do pixel na imagem) e baixa resolução temporal (repetibilidade ao longo da safra). O uso de imagens de satélite ou imagens obtidas por veículos aéreos não tripulados (VANTs) vem crescendo; são utilizadas, entre outras finalidades, para identificar "manchas" nas lavouras e, então, orientar uma investigação detalhada de solo ou planta.

GESTÃO DE NUTRIENTES

Ao definir o solo como alvo, a principal estratégia é medir os níveis de nutrientes presentes, através de alta densidade de amostras para, então, recomendar a correção dos níveis de fertilidade, de acordo com a necessidade de cada ponto da lavoura. É justamente esta estratégia a mais utilizada entre os produtores brasileiros, onde os prestadores de serviço são mais atuantes. Equipamentos para gerenciar a aplicação de fertilizantes e corretivos estão em avançado estágio de desenvolvimento e possibilitam aplicar insumos, tanto na linha quanto a lanço, com alta eficiência, desde que bem regulados. Vale destacar que a regulagem de máquinas ainda é um problema grave, que afeta significativamente a produtividade das lavouras. Isso acontece independentemente do uso para aplicação em taxas variáveis ou fixas. Ademais, a qualidade do diagnóstico dos níveis de fertilidade dos solos continua sendo um assunto polêmico. Sabe-se que, dependendo do nutriente analisado e do ambiente, existe uma quantidade de amostras necessárias para expressar adequadamente os níveis do nutriente presente no solo. Essa quantidade de amostras dificilmente é atendida. Na prática, obedecer à recomendação feita por estudos científicos se torna caro e demorado; mas negligenciar esta recomendação pode resultar em um diagnóstico errôneo e na aplicação de insumos em quantidades inadequadas, podendo-se criar ainda mais variabilidade na área, ao invés de reduzi-la. Nesse sentido, a tendência é de que se desenvolvam sensores de solo capazes de coletar alta densidade de dados, ao longo talhão, para viabilizar um mapeamento mais acurado dos atributos do solo. Outro caminho é a utilização do mapeamento de atributos mais estáveis, ao longo do tempo – como tipo de solo, textura e relevo – objetivando definir regiões mais homogêneas e tratar, individualmente, estes ambientes.

FIGURA 1 | MODELOS DE SENSORES ÓPTICOS EMBARCADOS, UTILIZADOS EM PESQUISA PARA AVALIAR ÍNDICES DE VEGETAÇÃO NA CULTURA DO MILHO

A. A. ANSELMI

GESTÃO DE ACORDO COM AMBIENTE

A produtividade de milho é altamente influenciada pela população de plantas e pela qualidade na distribuição das plantas. Assim, dispor de recursos de AP para variar a quantidade de plantas na área, garantir a distribuição adequada ou simplesmente monitorar as linhas de semeadura, durante a operação, pode proporcionar incrementos de produtividade e reduzir riscos. Máquinas e equipamentos que viabilizam a operação dessas práticas já estão disponíveis comercialmente. Pesquisas vêm sendo conduzidas para definir parâmetros de recomendação de diferentes híbridos e diferentes populações de plantas, de acordo com a capacidade de produção de cada ambiente, dentro da lavoura (Figura 2).

Em ambientes menos favoráveis à obtenção de altos rendimentos, a redução na população de plantas proporcionou ganhos de até 1900 kg ha^{-1} comparativamente à população padrão de milho (70000 plantas ha^{-1}), praticada nas condi-

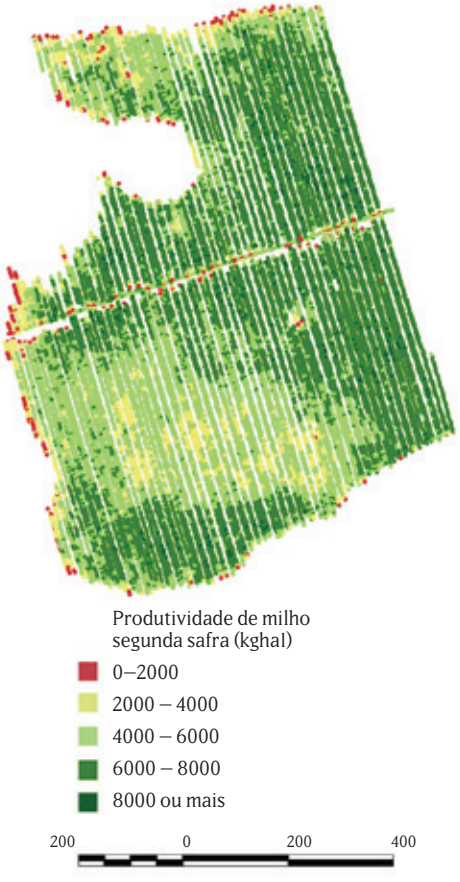
FIGURA 2 | POPULAÇÃO DE PLANTAS DE MILHO CULTIVADAS EM TAXAS VARIÁVEIS (A; B); MECANISMO DOSADOR HIDRÁULICO QUE SUBSTITUI ACIONAMENTO POR RODA DE TERRA (C)

Fonte: J. P. Molin e A. A. Anselmi

A. A. ANSELMI

ções do Sul do Brasil, durante a primeira safra de verão. Em ambientes definidos como favoráveis à obtenção de altas produtividades, o melhor ajuste da população de plantas de milho ficou acima das 70000 plantas ha^{-1} e levou ao incremento de 940 kg ha^{-1}. Os ganhos econômicos com o melhor ajuste da população, em função do ambiente, podem variar de 5% a 28% (Horbe et al., 2013). Além de possibilitar incrementos de produtividade, a estratégia de gerenciar população de plantas pode ser adotada visando a minimizar riscos em locais mais propensos a intempéries e desponta como uma estratégia promissora no cultivo de milho de segunda safra, em regiões onde o limitante é a água disponível no solo.

FIGURA 3 | MAPA DE PRODUTIVIDADE DE MILHO DE SEGUNDA SAFRA



UNIDADES DE GESTÃO DIFERENCIADA (UGD)

O mapa de colheita de milho é a informação mais completa para visualizar a variabilidade espacial da lavoura, por ser a resposta a todos os eventos que ocorreram desde antes do plantio até o momento da colheita. Analisando o mapa, é possível identificar a amplitude da produtividade e onde estão as regiões mais e menos produtivas do talhão. Um bom começo para praticar AP é por meio da geração e análise dos mapas de produtividade (Figura 3). Um conjunto de mapas de produtividade obtidos ao longo dos anos, associado a outros mapas temáticos – mapa do relevo e mapa da condutividade elétrica do solo (CE) (que está fortemente correlacionado com a quantidade de água e textura do solo) –, pode apontar regiões com comportamentos diferentes entre si e estáveis ao longo dos anos. É o que chamamos de unidades de gestão diferenciada (UGD); para estes locais, é possível traçar estratégias de gestão específicas.

A AP, como um conjunto de práticas de gestão, permite a coleta de dados em grande quantidade e viabiliza operações com tratamentos localizados. Portanto, o retorno econômico está diretamente atrelado ao uso correto das práticas, bem como à existência de variabilidade na lavoura.. Mas é incontestável o potencial da AP em auxiliar os produtores brasileiros na prática de uma agricultura mais eficiente.

Jose Paulo Molin *é professor associado 3 do Laboratório de Agricultura de Precisão, Departamento de Engenharia de Biossistemas da USP/ESALQ;* ***Adriano Adelcino Anselmi*** *é doutorando do Programa de Pós-graduação em Fitotecnia, Laboratório de Agricultura de Precisão da USP/ESALQ.*

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

HOLLAND, J. K.; ERICKSON, B.; WIDMAR, D. A. 2013 precision agricultural services dealership survey results. West Lafayette: Purdue University, 2013. Disponível em: ‹ http://agribusiness.purdue.edu/resources/2013-precision-agricultural-services-dealership-survey-results›.

HORBE, T. A. N.; AMADO, T. J. C.; FERREIRA, A. O.; ALBA, P. J. Optimization of Corn Plant Population According to Management Zones in Southern Brazil. Precision Agriculture, v. 14, p. 450-465, 2013. Disponível em: ‹http://dx.doi.org/10.1007/s11119-013-9308-7›. Acesso em: 16 set. 2015.

POVH, F. P. Gestão da adubação nitrogenada em milho utilizando sensoriamento remoto. Piracicaba: USP/ESALQ, 2012. 107 p. (Tese de Doutorado – Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia). Disponível em: ‹http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11136/tde-23032012-094140/›. Acesso em: 16 set. 2015.

Proteção

Perdas anuais em grãos armazenados chegam a 10% da produção nacional

Irineu Lorini *

RODRIGO ALMEIDA

Gerenciamento da unidade armazenadora: procedimentos devem interagir, garantindo qualidade do produto para comercialização e consumo

As perdas de grãos ocasionadas por pragas em armazéns, a presença de fragmentos de insetos em subprodutos alimentares, a deterioração da massa de grãos, a contaminação fúngica, a presença de micotoxinas, os efeitos na saúde humana e animal, bem como as dificuldades para exportação de produtos e subprodutos brasileiros devido ao potencial de risco que apresentam são alguns dos problemas que a armazenagem inadequada de grãos produz na sociedade brasileira. As perdas médias de grãos, no país, estimadas pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa) e pela Food and Agriculture Organization (FAO/ONU), chegam a, aproximadamente, 10% do total produzido anualmente. Além destas, existem as perdas qualitativas, que são da maior importância, uma vez que comprometem o uso de todos os grãos produzidos ou os classificam para outro uso de menor valor agregado. No caso de trigo, o produto é desclassificado para comercialização se for encontrado um inseto vivo no lote. Moinhos não aceitam lotes de trigo com insetos, pois isso fatalmente comprometeria a qualidade da farinha, já que esta terá fragmentos indesejáveis de insetos na indústria de panificação e em outros subprodutos de trigo.

A descrição, a biologia e os danos de cada espécie-praga devem ser conhecidos

para que seja adotada a melhor estratégia para evitar os respectivos prejuízos. Existem dois importantes grupos de pragas que atacam os grãos armazenados, os besouros e as traças. Entre os besouros, encontram-se as espécies *Rhyzopertha dominica*, *Sitophilus oryzae*, *S. zeamais*, *Tribolium castaneum*, *Oryzaephilus surinamensis* e *Cryptolestes ferrugineus*. As espécies de traças mais importantes são *Sitotroga cerealella*, *Plodia interpunctella*, *Ephestia kuehniella* e *E. elutella*. Entre estas pragas, *R. dominica*, *S. oryzae* e *S. zeamais* são as mais preocupantes, economicamente, e justificam a maior parte do controle químico praticado nas unidades armazenadoras. Além dessas pragas, há roedores e pássaros causadores de perdas qualitativas, principalmente, pela sujeira que deixam no produto final, motivo pelo qual também devem ser considerados no manejo integrado. O conhecimento dos hábitos alimentares de cada praga constitui elemento importante para definir o manejo a ser implementado na massa de grãos. Segundo esses hábitos, as pragas podem ser classificadas em primárias e secundárias:

Pragas primárias – São as que atacam os grãos inteiros e sadios e que podem ser denominadas primárias internas ou externas, dependendo da parte do grão que atacam. As primárias internas perfuram os grãos e neles penetram para completar seu desenvolvimento. Alimentam-se de todo o interior do grão e possibilitam a instalação de outros agentes de deterioração. Exemplos destas pragas são os besouros *R. dominica*, *S. oryzae* e *S. zeamais*. As pragas primárias externas destroem a parte exterior do grão (casca) e, posteriormente, se alimentam da parte interna sem, no entanto, se desenvolver em seu interior. Há destruição do grão apenas para fins de alimentação. Exemplo deste tipo de praga é a traça *P. interpunctella* (Lorini, 2008).

Pragas secundárias – São as que não conseguem atacar os grãos inteiros, pois requerem que estejam danificados ou quebrados para deles se alimentar. Estas pragas ocorrem na massa de grãos quando estes estão trincados, quebrados ou mesmo danificados por pragas primárias. Multiplicam-se rapidamente e causam prejuízos elevados. Como exemplo, podem ser citados os besouros *C. ferrugineus*, *O. surinamensis* e *T. castaneum* (Lorini, 2008).

MÉTODOS DE CONTROLE

O controle de pragas depende, praticamente, de três métodos: inseticidas químicos líquidos (tratamento preventivo), inseticida natural à base de terra de diatomáceas (tratamento preventivo) e o expurgo com o inseticida fosfina (tratamento curativo). Estes três métodos podem ser usados isoladamente ou em combinação.

Inseticidas químicos líquidos – Os grãos e sementes, após terem sido beneficiados, expurgados ou não, podem ser tratados preventivamente para obter proteção contra o ataque das pragas, durante seu armazenamento. Se o período de armazenagem for superior a 60 dias, pode-se fazer este tratamento químico preventivo, que consiste em aplicar inseticidas líquidos sobre os grãos ou sementes, na correia transportadora ou na tubulação de fluxo do produto, no momento de armazenar nos silos. Recomenda-se a dosagem de 1,0 a 2,0 litros de calda por tonelada, a ser pulverizada sobre os grãos ou as sementes, e uso dos inseticidas pirimifós metílico, fenitrotiona, deltametrina ou bifentrina (Tabela 1), de acordo com a espécie. Não se deve realizar tratamento via líquida na correia transportadora caso exista infestação de qualquer praga, pois poderá resultar em falhas de controle e início de problema de resistência das pragas aos inseticidas.

Inseticida natural à base de terra de diatomáceas – Métodos alternativos de controle estão sendo enfatizados com o fim de reduzir o uso de produtos químicos, diminuir o potencial de exposição humana e reduzir a velocidade e o desenvolvimento de resistência de pragas a inseticidas. Recentemente, foram disponibilizados no mercado os pós-inertes aà base de terra de diatomáceas, que constituem uma alternativa para o produtor de sementes controlar as pragas durante o armazenamento, por meio do tratamento preventivo dos grãos ou das sementes. O pó inerte aà base de terra de diatomáceas é proveniente de fósseis de algas diatomáceas que possuem, naturalmente, fina camada de sílica, podendo ser de origem marinha ou de água doce. O preparo da terra de diatomáceas para uso comercial é feito por extração, secagem e moagem do material fóssil, que resulta em pó seco, de fina granulometria. No Brasil, apenas dois produtos comerciais – Insecto® e Keepdry® – aà base de terra de diatomáceas estão registrados como inseticidas e são recomendados para controle de pragas no armazenamento dos grãos ou das sementes (Tabela 1). Estes produtos são abrasivos e provocam morte do inseto por desidratação. A atividade inseticida do pó inerte, entretanto, pode ser afetada pela mobilidade dos insetos, pelo número e distribuição de pelos na cutícula, pelas diferenças quantitativas e qualitativas nos lipídios cuticulares das diferentes espécies de insetos, pelo tempo de exposição e pela umidade relativa do ar, fatores que influenciam a taxa de perda de água, afetando, consequentemente, a eficiência dos pós inertes (Golob, 1997; Korunic, 1998; Lorini, 2008). Trabalhos de pesquisa demonstraram que, para o tratamento de sementes, a terra de diatomáceas pode ser usada diretamente na semente, polvilhando-a no momento imediatamente anterior ao ensaque (Lorini et al., 2003). A dose empregada é de 1 a 2 kg de terra de diatomáceas por tonelada de semente (Tabela 1). Este tratamento é realizado com auxílio de uma máquina desenvolvida especificamente para aplicação do produto, que proporciona mistura homogênea do produto com o grão ou a semente, o que é fundamental para o sucesso do controle de pragas. O produto também pode ser usado para o tratamento de estruturas

de armazenamento, polvilhando-se as paredes na dosagem de 25 g/m² para evitar a infestação externa de pragas.

Expurgo de sementes – A fumigação ou expurgo é uma técnica empregada para eliminar qualquer infestação de pragas, em produtos armazenados, mediante o uso de gás. Este processo pode ser realizado nos mais diferentes locais, desde que sejam observadas a perfeita vedação do local a ser expurgado e as normas de segurança para os produtos em uso. Assim, pode ser realizado em lotes de sementes, em silos de concreto e metálicos, em armazéns graneleiros, em câmaras de expurgo, entre outros, observando-se sempre o período de exposição e a hermeticidade do local. O gás introduzido no interior da câmara de expurgo deve ficar neste ambiente em concentração letal para as pragas. Por isso, qualquer saída ou entrada de ar deve ser vedada, sempre com materiais apropriados, como lona de expurgo. Para lotes de sementes ensacados, é essencial a colocação de pesos ao redor das pilhas, sobre lonas de expurgo, para garantir vedação. O inseticida indicado para expurgo de grãos e sementes, pela eficácia, facilidade de uso, segurança de aplicação e versatilidade, é a fosfina (Tabela 1). No entanto, é importante lembrar que já foram detectadas raças de pragas resistentes a esse fumigante (Lorini et al., 2007). Além disso, a temperatura e a umidade relativa do ar no armazém a ser expurgado, para uso de fosfina, são de extrema importância, pois, determinarão a eficiência do expurgo. Abaixo de 10ºC e 25% de umidade relativa do ar, não é aconselhável o uso de fosfina em pastilhas, na medida em que a liberação do gás será prejudicada, afetando o expurgo.

O correto gerenciamento da unidade armazenadora é fundamental e todas as medidas e métodos de controle das pragas devem ser adotados por meio de atitudes gerenciais, durante a permanência dos produtos no armazenamento, e não somente durante o recebimento do produto, permitindo, desta forma, que todos os procedimentos interajam no processo e garantindo a melhor qualidade do produto para comercialização e consumo.

***Irineu Lorini** é pesquisador da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa)/Centro Nacional de Pesquisa de Soja (Embrapa Soja), em Londrina, PR (irineu.lorini@embrapa.br).*

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

GOLOB, P. Current status and future perspectives for inert dusts for control of stored product insects. *Journal of Stored Products Research*, v. 33, p. 69-79, 1997.

KORUNIC, Z. Diatomaceous Earths, a Group of Natural Insecticides. Journal of Stored Products Research, v.34, p.87-97,1998.

LORINI, I. *Manejo Integrado de Pragas de Grãos de Cereais Armazenados*. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2008. 72 p.

_____; COLLINS, P. J.; DAGLISH, G. J.; NAYAK, M. K.; PAVIC, H. Detection and characterisation of strong resistance to phosphine in Brazilian *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrychidae). *Pest Management Science*, v. 63, p. 358-364, 2007.

_____; MORÁS, A.; BECKEL, H. *Tratamento de sementes armazenadas com pós inertes à base de terra de diatomáceas*. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2003. 4 p. (Embrapa Trigo. Comunicado Técnico Online, 113). Disponível em: ‹http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/co/p_co113.htm›. Acesso em: 16 set. 2015.

TABELA 1. INSETICIDAS INDICADOS PARA TRATAMENTO PREVENTIVO E/OU CURATIVO DE PRAGAS DE PRODUTOS ARMAZENADOS

NOME	DOSE (I.A.)	NOME COMERCIAL	DOSE COMERCIAL/T	FORMULAÇÃO[1]	CONCENTRAÇÃO (G I.A./L,KG)	INTERVALO DE SEGURANÇA[2]	CLASSE TOXICOLÓGICA	REGISTRANTE
Fosfina[3]	2,0 g/m³	Gastoxin	6 g	PF	570	4 dias	I	Bernardo Química
Fosfina[3]	2,0 g/m³	Phostek	6 g	PF	570	4 dias	I	Bernardo Química
Fosfina[3]	2,0 g/m³	Phostoxin	6 g	PF	560	4 dias	I	Detia Degesch
Fosfina[3]	2,0 g/m³	Fertox	6 g	PF	560	4 dias	I	Fersol
Terra de diatomácea	0,9-1,7kg/t	Insecto	1-2 kg	Pó	867	-	IV	Bernardo Química
Terra de diatomácea	0,9-1,7kg/t	Keepdry	1-2 kg	Pó	860	-	IV	Irrigação Dias Cruz
Deltametrina	0,35-0,50 ppm	K-Obiol	14-20 ml	CE	25	30 dias	III	Bayer
Bifentrina	0,40 ppm	ProStore	16 ml	CE	25	30 dias	III	FMC
Bifentrina	0,40 ppm	Starion	16 ml	CE	25	30 dias	III	FMC
Lambda-cialotrina	0,50 ppm	Actelliclambda	10 ml	CE	50	42 dias	III	Syngenta
Fenitrotiona	5,0-10,0 ppm	Sumigran	10-20 ml	CE	500	120 dias	II	Iharabras
Pirimifós metílico	4,0-8,0 ppm	Actellic	8-16 ml	CE	500	45 dias	II	Syngenta

1. CE = Concentrado emulsionável; PF = pastilha fumigante; Pó = pó seco
2. Período entre a última aplicação e o consumo
3. O período de exposição da fosfina é de, no mínimo, 168 horas, dependendo da temperatura e da umidade relativa do ar no armazém
Fonte: Lorini (2008)

Contaminação

Qualidade do milho é classificada por padrões oficiais, de acordo com o uso

Eduardo Micotti da Gloria e Maria Antonia Calori Domingues *

Norma para classificação do milho é obrigatória em transações comerciais envolvendo entidades públicas e importação

O milho no Brasil é utilizado, basicamente, para processamento industrial, via moagem úmida e seca, e para manufatura de ração animal. Os diferentes processamentos aplicados aos grãos de milho resultam em produtos finais diferenciados, que necessitam, para um bom processo industrial e obtenção de produtos finais de qualidade, de matéria-prima com atributos de qualidade também diferenciados. Sendo assim, a definição de qualidade de milho é subjetiva e depende do uso dado ao milho. Contudo, existe uma classificação do milho em tipos que seguem padrões oficiais estabelecidos pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento do Brasil (Mapa), por meio da Instrução Normativa nº 60, de 22 de dezembro de 2011 (Brasil, 2011a).

A aplicação desta norma para classificação do milho é obrigatória em transações comerciais envolvendo entidades públicas e importação. Nas transações entre produtores, armazenadores e consumidores, a utilização da norma é optativa e a inclusão de outros defeitos ou limites pode ser realizada. Segundo a norma oficial, o milho deve ser classificado entre três diferentes tipos ou fora de tipo, de acordo com o nível dos defeitos presentes em uma amostra de trabalho de 250 gramas, proveniente de uma amostra maior retirada do lote de grãos, a ser

classificado de acordo com critérios de amostragem também estabelecidos na Norma. Os defeitos avaliados devem ser os grãos ardidos, chochos ou imaturos, fermentados, germinados, gessados, mofados, quebrados, carunchados e com matérias estranhas e impurezas – conforme apresentado na Tabela I.

O enquadramento de um lote de milho dentre os tipos definidos pelo padrão oficial não é, contudo, indicativo da qualidade maior ou menor para a utilização específica do grão. Os defeitos aludidos na classificação podem, sim, influenciar na qualidade da matéria-prima de um processo. Entretanto, os níveis para que isso ocorra podem e, muitas vezes, são diferentes dos estabelecidos na classificação oficial. Cada segmento industrial que utiliza o milho como matéria-prima necessita estabelecer padrões próprios, contemplando (ou não) os defeitos e os limites da classificação oficial, com base em suas necessidades.

Atualmente, os segmentos de processadores de milho já têm, no Brasil, alguma informação sobre os efeitos da presença de defeitos de qualidade, contemplados na norma oficial sobre seus processos e produtos. Por exemplo, o setor de ração animal, com base nos níveis de presença de defeitos em lotes de milho que servirão como matéria-prima para confecção de rações, faz uso de equações matemáticas para estimar o detrimento de energia metabolizável que ocorrerá na dieta preparada com o produto e pode adequar as quantidades de ingredientes a um balanço energético da dieta. Contudo, os diversos tipos de defeitos têm definições e características diferenciadas, podendo influenciar os processos e produtos de modos, também, diferenciados. Assim, torna-se interessante conhecer as definições, assim como alguns dos efeitos causados:

Grãos ardidos – São grãos ou pedaços de grãos que apresentam escurecimento na totalidade de sua área, como resultado da ação do calor, umidade ou fermentação. Grãos com modificações na cor têm como principal causa o ataque de fungos, que afetam primeiramente a região do germe e, depois, podem causar danos também no endosperma. O aparecimento de grãos atacados por fungos pode decorrer de infecção e colonização ocorrida no campo e/ou na armazenagem. A cor marrom escura, característica de grãos atacados, é provavelmente resultado de produtos da reação de Maillard, formados pela reação entre açúcares redutores, presentes nas células do germe, e aminoácidos ou amônia liberada pela ação de enzimas proteolíticas fúngicas. Entretanto, outros fatores podem provocar o aparecimento de grãos com coloração modificada, como a secagem com emprego de altas temperaturas e o aquecimento espontâneo por alta atividade microbiana. O próprio Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa) recomenda que os grãos queimados em secadores devem ser classificados como ardidos. A presença de grãos ardidos é indesejável para as diversas utilizações que o milho possa ter. No processamento por moagem úmida, pode acarretar o aparecimento de pontos pretos, a diminuição da viscosidade do amido e o aumento de acidez do gérmen. Na moagem seca, provoca também o aparecimento de pontos pretos, rancidez e aparecimento de odor nos produtos finais. Para a manufatura de ração, pode alterar as propriedades nutricionais da matéria-prima, diminuindo, por exemplo, a energia metabolizável. Contudo, a maior preocupação com a presença de grãos ardidos está relacionada, seja qual for o destino dado ao milho, à maior possibilidade de presença das micotoxinas (Gloria et al, 2004), toxinas produzidas por algumas espécies de fungos, que podem ter se desenvolvido no grão que, agora, se apresenta com aspecto ardido.

Grãos mofados – São grãos ou pedaços destes que apresentam crescimento de bolor visível a olho nu, independentemente da área do grão tomada, bem como apresentam coloração esverdeada ou azulada no gérmen, resultante da presença de fungos (Figura I). O aparecimento

FREEIMAGES / MARIJA

TABELA 1 | LIMITES MÁXIMOS DE TOLERÂNCIA DE DEFEITOS EM MILHO, EXPRESSOS EM PERCENTUAIS (%)

Enquadramento	Grãos avariados1 Ardidos	Grãos avariados1 Total	Grãos quebrados	Matérias estranhas e impurezas	Carunchados
Tipo 1	1,00	6,00	3,00	1,00	2,00
Tipo 2	2,00	10,00	4,00	1,50	3,00
Tipo 3	3,00	15,00	5,00	2,00	4,00
Fora do tipo	5,00	20,00	Maior que 5,00	Maior que 2,00	8,00

Grãos avariados envolvem grãos ardidos, chochos ou imaturos, fermentados, germinados, gessados e mofados

Fonte: Brasil, 2011a

FIGURA 1 | GRÃOS DE MILHO NORMAIS E MOFADOS

EDUARDO MICOTTI DA GLORIA

deste defeito decorre da disponibilidade de água suficiente para o desenvolvimento de fungos, durante a pré e/ou pós-colheita. Nota-se que um grão ou pedaço deste em que houve crescimento visível de bolor pode, após o manuseio, perder esta característica, pois o micélio fúngico terá sido removido. Neste caso, o grão, dependendo da alteração que o crescimento fúngico provocou, pode ser classificado como ardido ou fermentado.

Grãos brotados ou germinados – São grãos ou pedaços destes que apresentam início visível de germinação, originado durante a pré ou pós-colheita do milho. Na pré-colheita, o aparecimento da germinação está relacionado às condições climáticas, aos nutrientes e ao genótipo do milho. Na pós-colheita, deve-se, basicamente, a práticas de transporte e armazenagem inadequadas, que propiciam umidade favorável para que o grão inicie o processo germinativo, predispondo o grão a maior infecção fúngica, diminuição da viscosidade do amido obtido via moagem úmida, diminuição da energia metabolizável da matéria-prima para ração e dificuldades no processamento industrial.

Grãos chochos ou imaturos – São os desprovidos de massa interna, enrijecidos e que se apresentam enrugados, devido a desenvolvimento fisiológico incompleto. Grãos pequenos e de endosperma córneo (ponta de espiga) não devem ser considerados chochos e imaturos, mas, sim, grãos normais. Os grãos chochos podem provocar problemas como: durante o armazenamento, dificultam a circulação do ar de aeração na moagem úmida, por se comportarem de modo diferente dos grãos normais; na etapa de maceração, durante o processo de moagem a seco, apresentam dureza diferente da normal; como matéria-prima, apresentam menor nível de energia metabolizável.

Grãos quebrados – São pedaços de grãos que passam pela peneira de crivos circulares de 5,00 mm de diâmetro e que ficam retidos na peneira de crivos circulares de 3,0 mm de diâmetro. Este defeito tem origem na susceptibilidade genética do milho a quebras e em fatores diversos, tais como: na pré-colheita (ataques de pragas e animais); na colheita (má regulagem da colheitadeira ou umidade incorreta); na pós-colheita (secagem com temperaturas excessivas, que provocam o aparecimento de grãos trincados; regulagem e tipo de equipamentos usados na movimentação dos grãos durante secagem e armazenamento; manuseio excessivo dos grãos). Grãos quebrados, assim como chochos e imaturos, dificultam a circulação do ar no armazenamento. São mais susceptíveis a infestação por fungos, por apresentarem endosperma e gérmen mais expostos. Comportam-se de modo diferente dos grãos normais durante a etapa de maceração, na moagem úmida, e resultam em produtos de menor granulometria, na moagem a seco, reduzindo a produção de partículas de maior tamanho, desejáveis para produtos que servem como matéria-prima para a indústria de cereais matinais.

Grãos carunchados – São grãos ou pedaços destes que foram atacadas por insetos-praga durante o processo de armazenamento. A infestação de pragas de armazenamento pode provocar as seguintes consequências: alteração das características nutricionais do milho a ser utilizado na ração animal; consumo do amido presente no endosperma; menor rendimento da moagem úmida; maior exposição dos grãos ao ataque fúngico; grãos mais friáveis, originando mais grãos quebrados durante o manuseio e com menor valor para a moagem seca.

CONTAMINAÇÃO COM MICOTOXINAS

As micotoxinas são compostos de pequeno peso molecular, produzidos pelo metabolismo secundário de alguns fungos filamentosos (bolores). Podem ocorrer em diversos produtos agrícolas, incluindo os cereais, as leguminosas, as frutas, as especiarias e os condimentos – portanto, em produtos processados e coprodutos. Apenas uma parte dos fungos pode produzi-las; sendo as mais conhecidas produzidas pelos gêneros *Aspergillus*, *Penicillium* e *Fusarium*. Algumas espécies de *Fusarium* são patógenos conhecidos para os produtos agrícolas, podendo produzir micotoxi-

nas ainda no campo. Espécies de *Aspergillus* e *Penicillium* podem, também, ser patógenos de plantas ou estar presentes apenas nas áreas de produção, sendo mais comuns, normalmente, nas etapas de secagem e armazenamento. Deste modo, muitos alimentos destinados ao consumo humano e animal podem estar contaminados por alguma micotoxina ainda no campo (pré-colheita) ou na secagem ou armazenamento (pós-colheita), bastando haver condições favoráveis à infecção fúngica.

Existem mais de 400 micotoxinas identificadas; no entanto, as principais micotoxinas estudadas em cereais, em função de sua ocorrência e efeitos tóxicos, são as aflatoxinas, fumonisinas, tricotecenos (principalmente desoxinivalenol ou DON, toxina T-2 e HT-2), ocratoxina A e zearalenona. Estas substâncias já foram detectadas em diversos tipos de alimentos, como milho, amendoim, sementes de algodão, arroz, trigo, feijão, frutas secas, soja, leite, queijo, cervejas, rações, vinho, entre outros (Cast, 2003).

As aflatoxinas são substâncias comprovadamente carcinogênicas, teratogênicas e hepatotóxicas; as fumonisinas são neurotóxicas, envolvidas com a leucoencefalomalácia equina e, possivelmente, com câncer esofágico no homem; a zearalenona apresenta ação estrogênica; a ocratoxina A é uma substância nefrotóxica e alguns tricotecenos estão envolvidos com inibição da síntese proteica, vômitos, hemorragias gastrointestinais. Além disso, estas micotoxinas afetam, de alguma maneira, o sistema imunológico dos organismos. Em função das características toxicológicas das micotoxinas, vários países possuem legislações próprias, que determinam limites para os produtos a serem comercializados internamente.

No Brasil, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa), por meio da RDC n.7 (2011), estabeleceu os limites máximos tolerados (LMT) para aflatoxinas, ocratoxina A, zearalenona, desoxinivalenol, fumonisinas e patulina, em vários alimentos destinados ao consumo humano. Os LMT para milho estão apresentados na Tabela 2, na qual estão apresentados, também, os limites estabelecidos pela Comunidade Europeia. A ocorrência de micotoxinas em milho, no Brasil, foi relatada em diversos trabalhos, indicando baixa incidência de aflatoxinas e alta incidência de fumonisinas (FB1), em concentrações elevadas. As ocorrências de zearalenona, DON, nivalenol, toxina T-2 e ocratoxina A também têm sido detectadas em milho.

Novas micotoxinas estão sendo observadas no milho, por meio do uso de técnicas cromatográficas, que empregam a espectrometria de massas, aumentando a seletividade de detecção, em uma mesma análise. Avaliando-se os resultados das ocorrências, fica evidente a co-ocorrência de micotoxinas em milho; fato importante, pois representa risco para a saúde humana e animal, em função das interações que possam ocorrer (efeito sinérgico ou aditivo) na ação das mesmas nos organismos. O crescimento fúngico e a contaminação com micotoxinas são consequências da interação entre fungos, substrato (hospedeiro) e o ambiente. Uma combinação adequada desses fatores determina a infecção e colonização do substrato, bem como o tipo e quantidade de micotoxina produzida. Por essa razão, a concentração das micotoxinas nos produtos pode variar amplamente e significativamente de ano para ano.

Por se tratar de contaminação natural, nem sempre é possível evitar as infecções fúngicas. No entanto, para minimizar a ocorrência de micotoxinas, é necessário entender como as condições ambientais influenciam no crescimento fúngico e na produção das toxinas. Observa-se que, na etapa de pré-colheita, a infecção por *Aspergillus flavus* é favorecida por: altas temperaturas no solo e do ar, estresse hídrico, superpopulação de plantas, plantio de genótipos não recomendados ou fora da época correta, danos causados por insetos (especialmente, a lagarta-do-cartucho). Já as infecções por *Fusarium* são favorecidas por: condições úmidas e temperaturas amenas durante o espigamento, estresse hídrico seguido de alta umidade, danos causados por insetos. Quando essas condições ocorrem, pode-se inferir que algum grau de contamina-

FREEIMAGES / MARIJA

TABELA 2 | LIMITES MÁXIMOS TOLERADOS DE MICOTOXINAS EM GRÃOS DE MILHO PARA CONSUMO HUMANO; BRASIL[1] E COMUNIDADE EUROPEIA[2]

Micotoxinas	Limite Máximo Tolerado (LMT) – µg/kg ou ppb	
	Brasil[1]	Comun. Europeia[2]
Aflatoxinas (B1+B2+G1+G2)	20	10
Desoxinivalenol	3.000*	1.750
Fumonisinas (B1+B2)	5.000*	2.000
Ocratoxina A	20*	5
Zearalenona	400*	200
Toxina T2 + HT2	Não existe	200

* LMT entrará em vigor a partir de 2017

Fonte: 1 Brasil, 2011b. 2 Commission of European Communities, 2006

ção com alguma micotoxina irá ocorrer. Estudos têm mostrado a correlação entre incidência de danos por insetos nos grãos ou espigas de milho e ocorrência de micotoxinas, destacando-se as toxinas de **Fusarium** – como fumonisinas, desoxinivalenol e zearalenona.

O conhecimento das características culturais e o acompanhamento das condições ambientais durante todo ciclo destas culturas vem sendo estudado como ferramenta para adoção de técnicas que permitam prever os riscos de contaminação. A colheita do milho deve ser feita com planejamento, para que ocorra apenas quando os grãos apresentam maturação completa. Atrasos na colheita podem expor as plantas a temperaturas elevadas, excesso de chuvas e ataques de pragas. Além disso, a ocorrência de danos mecânicos, nesta etapa, favorece a infecção fúngica, que poderá continuar nas etapas subsequentes, causando aumento significativo no teor de micotoxinas nos grãos de milho.

A contaminação com micotoxinas pode ocorrer, também, durante as operações de secagem, quando realizadas de forma lenta ou ineficiente. Deve-se minimizar o tempo entre a colheita e a secagem dos grãos. O objetivo da secagem é reduzir a umidade dos grãos a um nível no qual não ocorra crescimento de fungos, produtores ou não de micotoxinas. Os estudos indicam que a secagem deve ser realizada até que os grãos atinjam valor de atividade de água (Aw) menor ou igual a 0,70, correspondente a, aproximadamente, 14% de umidade no milho. Problemas de logística, como os que ocorrem nas cargas de grãos que ficam aguardando em caminhões durante vários dias até a descarga, favorecem a contaminação com micotoxinas. O ideal é que sejam removidas as impurezas e grãos quebrados antes da secagem e armazenamento, para facilitar a movimentação do ar.

No armazenamento, condições que não favoreçam o crescimento dos fungos devem ser mantidas: o teor elevado de umidade, o calor excessivo, a presença de danos mecânicos nos grãos e de insetos, roedores e aves favorecem a infecção fúngica, podendo acarretar contaminação com micotoxinas. Condições apropriadas de armazenamento incluem estruturas armazenadoras secas, limpas, bem ventiladas e que proporcionem proteção contra chuvas ou infiltração de água pelo piso e paredes. Devem contar com monitoramento constante da UR% e temperatura, e com estrutura para correção de eventuais alterações nestes parâmetros, por meio da aeração dos grãos.

Sabe-se que a contaminação por micotoxinas em um lote de milho ocorre de maneira não uniforme: apenas parte dos grãos pode estar contaminada. Desse modo, a etapa de retirada de amostras representativas deve ser sempre realizada com a coleta de pequenas porções dos grãos de diferentes pontos e profundidades do lote. Diversos trabalhos abordam planos amostrais para determinação de micotoxinas em milho, destacando que o tamanho da amostra a ser coletada varia de 4,5 a 10 kg para representar lotes de até 50 toneladas e que, após a retirada da amostra representativa, é necessário triturá-la e homogeneizá-la adequadamente para, só então, retirar a subamostra a ser analisada. A presença de micotoxinas em cereais, em geral, é um grande desafio para a segurança alimentar. O gerenciamento de contaminação envolve a prevenção, o controle e o monitoramento, em todas as etapas de produção, com adoção de boas práticas agrícolas e de fabricação, para se garantir como resultado final alimentos seguros aos consumidores.

* ***Eduardo Micotti da Gloria*** *é engenheiro agrônomo, M.S., Dr. (emgloria@usp.br);* ***Maria Antonia Calori Domingues*** *é engenheira agrônoma, M.S., Dra. (macdomin@usp.br), atuam na área de qualidade de grãos/micotoxinas do Depto. de Agroindústria Alimentos e Nutrição da USP/ESALQ.*

FREEIMAGES / MARIJA

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 23 dez. 2011a.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 7, de 2011. Regulamento Técnico sobre limites máximos tolerados (LMT) para micotoxinas em alimentos. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, 18 fev. 2011b. Seção 1, n. 46, p. 66-67 (e suas atualizações).

COMMISSION OF EUROPEAN COMMUNITIES. Commission regulation (EC) nº 1881/2006 of 19 December 2006 setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs. *Official Journal of the European Union*, L 364, p. 5-24, 2006 (e atualizações/recomendações).

COUNCIL FOR AGRICULTURAL SCIENCE AND TECHNOLOGY. Mycotoxins: risks in plant, animal, and human systems. *Task force report*, Ames, Iowa, n. 139, jan. 2003.).

GLORIA, E. M.; CIACCO, F. C.; LOPES FILHO, J. F.; ERICSSON, C.; ZOCCHI, S. S. Distribution of aflatoxin contamination in maize samples. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, SP, v. 24, n. 1, jan.-mar. 2004.

Bicombustível

Dominante nos EUA, etanol de milho é opção, no Brasil, para safra excedente

Aline Marques Bortoletto e André Ricardo Alcarde*

GCNOTICIAS

Mundialmente dominante na produção de etanol, milho cede espaço no Brasil para cana-de-açúcar, principal matéria-prima do nosso biocombustível

O etanol feito de cana-de-açúcar e milho representa 82% do mercado mundial de biocombustíveis. Brasil e EUA são os maiores produtores de etanol, responsáveis por 90% do mercado mundial. Entretanto, os dois países apresentam diferenças fundamentais em seus processos produtivos. Enquanto no Brasil quase todo o etanol é produzido a partir de cana-de-açúcar, nos EUA a matéria-prima predominante é o milho. O álcool produzido a partir da cana-de-açúcar rende, em média, 7 mil litros por hectare, enquanto o de milho rende 3,5 mil litros. Além disso, sob o ponto de vista ambiental, a cana também é mais vantajosa, uma vez que cada unidade de energia fóssil usada na produção do combustível gera 9,3 unidades de energia. No caso do milho, a relação é de 1 para 1,5 unidade.

O milho é o cereal mundialmente dominante para produção de etanol combustível: da produção mundial de 860 milhões de toneladas do grão (safra 2012/13), cerca de 15% foi utilizado para a produção de etanol. Os EUA destinam aproximadamente 43% do total de milho

produzido pelo país para a produção de etanol. Em 2012, a produção dos EUA foi de 50 bilhões de litros de etanol. No mesmo período, o Brasil produziu 23 bilhões de litros vindos da cana-de-açúcar. Os EUA contam com cerca de 220 unidades produtoras de etanol. Iowa é o maior estado americano produtor de milho, tendo 41 usinas de etanol em operação, responsáveis pela produção de 14 bilhões de litros do biocombustível renovável por ano, correspondentes a 28% da produção americana de etanol. Esta já responde por, aproximadamente, 10% da gasolina consumida pelos EUA atualmente. Os EUA vêm expandindo rapidamente sua produção de etanol, mesmo sendo menos competitiva que a de origem na cana-de-açúcar – produzida no Brasil e, potencialmente, em muitos outros países canavieiros –, por reconhecer sua importância estratégica e seus efeitos na atividade econômica doméstica.

O milho encontra diversas finalidades de emprego, englobando o grão como alimento humano e animal, a produção de óleo, de etanol, de farelo, de pipoca, o milho doce etc. O melhoramento genético do grão deve levar em consideração a finalidade de uso. A base genética para o milho comporta mais de 60% do custo do etanol; a qualidade do grão é uma soma de diversos fatores que influenciam, principalmente, na produtividade por área e rendimento em etanol. Decisões de manejo da plantação são responsáveis pela densidade da cultura e aplicação de fertilizantes no solo. Fatores climáticos influenciam a adaptação do grão para fermentação. Decisões de manejo na colheita influenciam na qualidade do grão, assim como a maior quantidade de água e elevadas temperaturas geram redução na produção de etanol por unidade de grão. Em más condições de estocagem, a concentração de amido pode ser reduzida pela ação de insetos e microrganismos contaminantes. Nos EUA, a qualidade do milho para a produção de etanol é definida e padronizada pelo Departamento de Agricultura, envolvendo parâmetros de odor, infestação por insetos, injúrias, umidade do grão, massa (densidade do grão), danos físicos e matéria estranha.

As usinas americanas de etanol a partir do milho se modernizam, em diversos aspectos, incluindo mudanças na destilação com tecnologia molecular, aprimoramento no uso de enzimas hidrolíticas (amilases e glucoamilases), assim como nas fermentações com mosto de alta densidade a partir de milho moído (ou fracionado), que facilita a hidrólise enzimática e aumenta o rendimento em etanol. Uma maneira de aumentar o rendimento do etanol de milho é a fermentação a partir de mostos com altas concentrações de açúcar (ACA), também chamado de alta densidade (*high gravity fermentation*). Esta tecnologia consiste no uso de meio contendo quantidade superior a 25% (p/v) de açúcares totais, objetivando atingir concentração maior que 15% (v/v) de etanol, no mosto fermentado.

O interesse por este tipo de fermentação decorre de vantagens econômicas, tais como: alto rendimento em etanol, redução de custos de mão-de-obra e energia por litro de etanol produzido, diminuição do consumo de água, menor investimento de capital, melhor assepsia, facilidade de limpeza e sanitização. Com o atual interesse pela tecnologia de fermentações com mostos ACA, devido tanto à qualidade do produto quanto à redução dos custos de produção, pesquisas estão sendo realizadas para compreensão do metabolismo das leveduras com relação aos processos da produção de etanol, excreção de subprodutos e tolerância das células de leveduras, as quais requerem nutrientes específicos para sobreviver ao estresse osmótico e manter suas funções metabólicas.

A planta do milho tem potencial, também, para contribuir com a produção de etanol a partir da biomassa (palha e espiga do milho), constituindo o etanol de segunda geração, conhecido como etanol celulósico. Companhias de sementes trabalham para aumentar a produção de etanol por unidade de grão e ampliar o valor dos coprodutos. Aumentos na produtividade do milho e na biomassa contribuem para alto rendimento de etanol, por unidade de área plantada, reduzindo o uso dos recursos naturais para a geração do biocombustível, aumentando, assim, a possibilidade de avanços na usina de etanol proveniente de matéria-prima alimentar.

Diferentemente do processo de produção de etanol a partir da cana-de-açúcar, a produção a partir do milho se inicia com a limpeza dos grãos, que passam por um processo de desintegração mecânica e térmica, a fim de gelatinizar o amido presente no grão e prepará-lo para o processo de sacarificação enzimática, em temperaturas entre 65ºC e 80ºC. Os grãos são triturados em moendas e cozidos em água fervente ou vapor. A hidrólise do amido ou sacarificação é feita, principalmente, através de método enzimático. O mosto de milho sacarificado, após ser diluído a aproximadamente 15% de açúcar, é colocado numa dorna, juntamente com nutrientes para as leveduras. O pé de cuba consiste de fermento previamente cultivado e multiplicado em uma dorna separada, objetivando aumentar o volume de inóculo, já que, neste processo, não há reciclo de fermento.

Com a adição do fermento na dorna, as células de levedura continuam a se multiplicar e, simultaneamente, produzem etanol. A fermentação leva aproximadamente de 28 a 30 horas, permitindo a degradação de 94% dos açúcares do mosto. Em condições práticas, um quilograma de amido produz 520 g ou 670 mL de etanol. Diferentemente da produção de álcool a partir da cana-de-açúcar, o fermento não pode ser separado do vinho devido à natureza física do mosto de milho, mais denso e com material sólido em suspensão. Assim, após o término da fermentação, todo o conteúdo da dorna é destilado, passando pelas etapas de destilação, retificação e desidratação.

O álcool anidro obtido é armazenado e a vinhaça, que contém os resíduos do milho e as células mortas de levedura, é processada e destinada à alimentação animal. A vinhaça obtida neste processo contém alta concentração de proteína.

Apesar de a produção de etanol ser, no Brasil, basicamente proveniente da cana-de-açúcar, uma opção cogitada no país é a produção do etanol de milho. Favorecido pelos preços competitivos do milho, pela redução dos custos de produção associada a essa tecnologia e à produção em expansão no Brasil, o etanol de milho pode vir a ser uma realidade não tão distante no país. A produção brasileira de milho tem apresentado elevadas taxas de crescimento. Nos últimos 37 anos, passou de 19 milhões de toneladas, em 1976, para 79 milhões de toneladas na safra que se encerra em 2013. A produtividade média dobrou nos últimos 10 anos, chegando a 5.200 kg/ha na safra atual. Alguns produtores do Estado do Mato Grosso, que participa com 22 milhões de toneladas da produção nacional, já começaram a cogitar o uso do excedente de produção de milho para geração de etanol, buscando saídas para o destino da grande safra, já que os preços da saca caem e os custos de transporte se mantêm, tornando proibitivo colocar o milho nos portos.

A produção de etanol de milho gera também DDG (*distillers' dried grains*), um subproduto com alto valor proteico, que pode substituir e reduzir o custo da proteína para ração animal. Uma tonelada de milho produz, aproximadamente, 380 litros de etanol e 250 kg de DDG. A produção de etanol de milho poderia vir a complementar a oferta do biocombustível no país, uma vez que a previsão de demanda para os próximos cinco anos é de 50 a 60 bilhões de litros. No entanto, para isso seriam necessárias adaptações nas instalações das usinas ou a construção de plantas exclusivas para a produção de etanol de milho, o que implicaria investimentos substanciais. Outro ponto importante é ter conhecimento e domínio das tecnologias empregadas no processo de produção de etanol de milho, que apresentam diferenças substantivas em relação às empregadas na produção de etanol de cana-de-açúcar.

* ***Aline Marques Bortoletto*** *é doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da USP/ESALQ (aline.bortoletto@gmail.com) e* ***André Ricardo Alcarde*** *é professor associado do Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição da USP/ESALQ (andre.alcarde@usp.br).*

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

INGLEDEW, W. M.; KELSALL, D. R.; AUSTIN, G. D.; KLUHSPIES, C. *The Alcohol Textbook*. 5. ed. Nothingham: Nothingham University Press, 2009. 541 p.

JONES, A. M.; INGLEDEW, W. M. Fuel alcohol production: Optimization of temperature for efficient very-high-gravity fermentation. *Applied and Environmental Microbiology*, Washington, v. 60, n. 3, p. 1048-1051, 1994.

Versatilidade

Processamento e industrialização do milho para alimentação humana

Marisa Aparecida Bismara Regitano-d´Arce, Marta Helena Fillet Spoto e Ana Carolina Leme Castellucci*

FREEIMAGES / ZEESHAN QURESHI

Apesar de apresentar uma ampla gama de usos possíveis, apenas 15% da produção nacional de milho é destinada à alimentação humana direta

O milho é um cereal versátil, que apresenta uma vasta gama de utilizações, desde o consumo direto – na forma de milho verde, comercializado por pequenos produtores –, até a produção de subprodutos por grandes indústrias de áreas diversas, como: química, farmacêutica, de bebidas e de combustível. O milho é fonte de energia, proteína, gordura e fibras; sua composição (em base seca) é de aproximadamente 72% de amido, 9,5% proteínas, 9% fibra e 4% de óleo. O grão é dividido em três partes, sendo elas: endosperma, que representa a maior parte do grão e é constituído basicamente de amido e menor quantidade de proteínas; gérmen, fonte de óleo; e o pericarpo, que é a casca (Paes, 2006).

Segundo a Associação Brasileira das Indústrias do Milho (Abimilho), o volume destinado à alimentação humana representa apenas 15% do milho produzido nacionalmente; o consumo em 2013 girava em torno de 2,2 milhões de toneladas na indústria de moagem a seco; 2,4 milhões de toneladas na indústria de moagem úmida; e 1,02 milhão de toneladas para o consumo humano *in natura*. Existem vários tipos de milho, e a qualidade exigida dos grãos é determinada conforme o destino ou o uso final; por exemplo: amilose (milho *waxy*), com propriedades importantes para indústria alimentícia e de papel; amilopectina (milho ceroso), para indústria alimentícia e produção de adesivos; ácido graxo oleico, para produção de margarinas e também óleos de fritura especiais; aminoácidos (lisina e triptofano), com melhor qualidade proteica; milhos com amido de fácil extração, destinados à indústria de produção de álcool etc. (Paes, 2006).

De forma geral, a indústria alimentícia utiliza os grãos secos, que são transformados em diversos produtos. As principais etapas pós-colheita do milho são: recepção do produto na unidade armazenadora; se o produto for colhido úmido, deve seguir para as operações de pré-limpeza, secagem e limpeza e, a partir daí, para ser armazenado ou seguir para a indústria; para o milho que já foi seco no campo, a etapa de secagem não é necessária, sendo feita apenas a limpeza e armazenamento. Na indústria, os derivados do milho são adquiridos por dois processos diferentes: moagem seca, em que o grão é separado basicamente em gérmen, pericarpo e endosperma, originando produtos como as farinhas, fubá, farelo, extrusado e óleo refinado; e moagem úmida, que apresenta como adicional em relação à moagem seca a etapa de maceração dos grãos, em que é utilizada uma solução de dióxido de enxofre em condições controladas que propiciam a separação dos componentes do grão e maior extração do amido e da proteína, sendo possível obter uma vasta gama de produtos (Figura 1). Temos, ainda, o seguimento que utiliza o milho na forma imatura – milho verde, que é comercializado a granel ou em bandejas para consumo, como milho cozido ou assado, utilizado na elaboração de pamonha, cural, creme de milho, bolos etc.; ou ainda destinado à indústria de enlatados e conservas.

DIVULGAÇÃO/PEPSICO

Moagem industrial de milho: indústria alimentícia utiliza os grãos secos, transformados em diversos produtos

MILHO DOCE

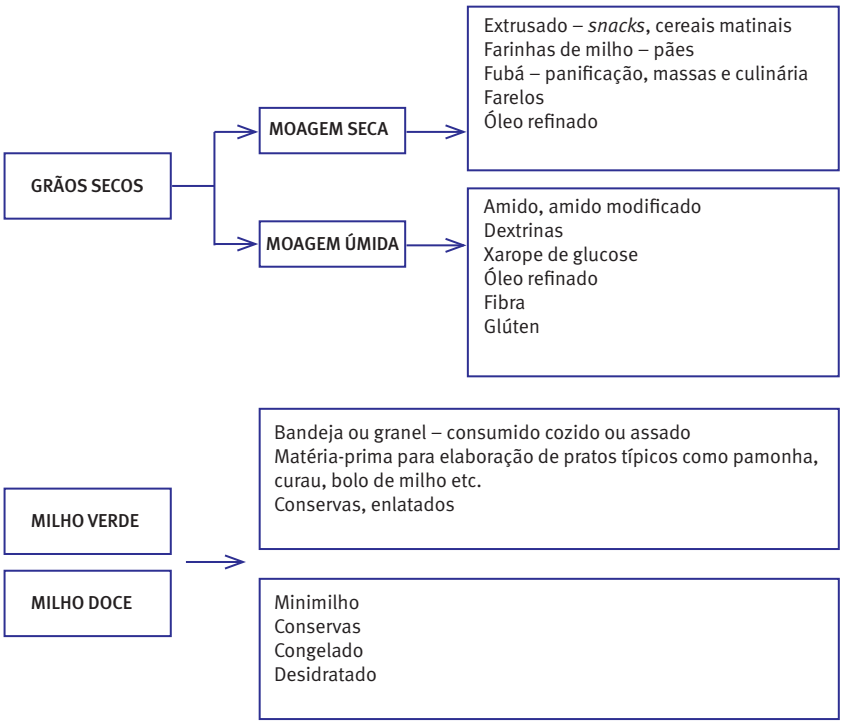
O milho doce é utilizado em conserva, congelado, desidratado ou como *baby* corn, ou minimilho (quando colhido antes da polinização). Devido a uma mutação, tem a capacidade de bloquear a conversão dos açúcares em amido, apresentando elevado teor de açúcar e sabor adocicado; também se caracteriza pela película do grão mais fina e pelo menor teor de amido, se comparado ao milho verde comum, apresentando maior maciez, o que propicia melhor qualidade para o consumo *in natura* ou enlatado na forma de conserva. Seu uso para esses fins está em expansão no Brasil, mas existe certa relutância no emprego do milho doce exatamente por apresentar gosto mais doce que o milho verde comum, que os brasileiros estão acostumados a consumir. Apesar de ser um bom produto para a indústria, estas características inviabilizam o processamento de alguns pratos, como o curau e a pamonha. O milho comum tem em torno de 3% de açúcar e entre 60% e 70% de amido, enquanto o milho doce tem de 9% a 14% de açúcar e de 30% a 35% de amido (Pereira Filho, Cruz e Costa, 2013).

Algumas características são almejadas tanto no milho comum quanto no doce para atender a interesses da indústria de envasamento e de produção para o uso *in natura*, sendo elas: possibilidade de plantio durante o ano todo; uniformidade de maturação das espigas; longevidade no período da colheita, com espigas apresentando teor de umidade entre 68% e 75% (adequado para o envasamento e para o consumo *in natura*); índice de espiga igual a um (01) e que tenha comprimento em torno de 20 cm; formato cilíndrico e número de fileiras maior ou igual a 14; espigas cilíndricas e grandes; grãos com equilíbrio entre teores de açúcar e amido para milho comum; teor de sólidos solúveis acima de 30 Bx para o milho doce; grãos profundos e de coloração amarelo intenso ou alaranjado; espessura de pericarpo acima de 45 *micra* e rendimento industrial igual ou maior que 30%.

Os cuidados na pós-colheita, tanto para o milho verde comum quanto para o milho doce, são importantes para manter a qualidade do produto, pois apresenta

FREEIMAGES / ALEXANDRE JAEGER VENDRUSCOLO

FIGURA 1. PRODUTOS OBTIDOS DO MILHO



Fonte: Elaborado pelos autores

atividade metabólica alta e é muito perecível, pelo que se deve proceder a colheita nas primeiras horas do dia e fazer o resfriamento das espigas o mais rápido possível, para remoção do calor de campo. Utilizam-se, nesta etapa, processos como o vácuo e o hidrorresfriamento, que consistem na imersão das espigas em água fria; posteriormente, o produto é armazenado em temperatura próxima de 0ºC e segue para a indústria (Pereira Filho, Cruz e Costa, 2013).

MILHO-PIPOCA

O milho utilizado para preparar a pipoca vem de um tipo especial de espiga que tem como principal característica grãos pequenos, contendo amido duro ou cristalino, com propriedade de expansão quando submetidos ao aquecimento, originando a pipoca. O milho-pipoca atinge maturação fisiológica em, aproximadamente, 100 a 110 dias após o plantio. A partir deste período, deve-se monitorar a umidade dos grãos para determinação do ponto de colheita (16% a 17% de umidade). Durante a colheita, o armazenamento e o processamento, deve-se tomar cuidado com os danos no grão por ação mecânica, pois isso compromete a capacidade de expansão do milho, assim como se deve evitar a secagem rápida e com altas temperaturas, que causam trincamento do endosperma, depreciando a qualidade e a capacidade de expansão da pipoca. Recomenda-se, então, o processo de secagem lenta, utilizando baixas temperaturas (menores que 35°C). Características importantes do milho-pipoca são: aparência e tamanho do grão e capacidade de expansão, fator que é interferido pela umidade do grão; resistência do pericarpo;, teor de amido e tamanho de grão (grãos maiores têm maior quantidade de amido e, quanto mais amido, maior a capacidade de expansão).

De forma geral, independentemente do seguimento a que se destina o milho, deve haver entendimento entre produtor e indústria para que tanto a produção quanto as etapas pós-colheita sejam melhoradas, atendendo às exigências da indústria e propiciando produtos de melhor qualidade para suprir novas demandas e conceitos de qualidade que surgem conforme as pesquisas evoluem.

***Marisa A. B. Regitano-d´Arce** é docente no Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição da USP/ESALQ (marisadarce@usp.br), **Marta Helena Fillet Spoto** é docente no Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição da USP/ESALQ (martaspoto@usp.br) e **Ana Carolina Leme Castellucci** é egressa do Programa de Pós-graduação em Energia Nuclear na Agricultura do CENA (acastelluc-ci@cena.usp.br)*

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE MILHO (Abimilho). Disponível em: ‹http://abimilho.com.br/estatisticas/consumo›. Acesso em: 10 nov. 2013.

PAES, M. C. D. *Aspectos físicos, químicos e tecnológicos do grão de milho*. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2006. (Embrapa Milho e Sorgo, Circular Técnica 75).

PEREIRA FILHO, I. A.; CRUZ, J. C.; COSTA, R. V. da. Milho doce. In: *Agência Embrapa de Informação Tecnológica*. Disponível em: ‹http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/arvore/CONT000fy779fnk02wx5ok0pvo4k3wpdjd8h.html>. Acesso em: 19 set. 2015.

OETTERER, M.; REGITANO-D'ARCE, M. A. B.; SPOTO, M. H. F. *Fundamentos de Ciência e Tecnologia de Alimentos*. São Paulo: Manole, 2006. cap. 9.

Alimentação animal

Altos teores de energia e rendimento tornam milho mais usado para silagem

João Luiz Pratti Daniel e Luiz Gustavo Nussio*

RODRIGO ALMEIDA

Silagens de qualidade dependem de colheita adequada e com velocidade, picagem, compactação, vedação de silo e manejo

TABELA 1 | EFEITO DA ESTRATÉGIA DE VEDAÇÃO NA PROPORÇÃO DE SILAGEM DETERIORADA, VALOR NUTRITIVO DA SILAGEM E PRODUÇÃO DE LEITE

ITEM	LONA PRETA	LONA DUPLA FACE	LONA DE POLIAMIDA	LONA + COBERTURA C/ BAGAÇO DE CANA
Silagem visualmente deteriorada (%)	9,0	7,8	5,6	3,4
Digestibilidade in vitro da silagem (%)	57,9	60,4	59,4	61,5
Produção de leite[1] (kg/d)	30,4	32,9	32,3	34,4

[1] Rações continham 51% de silagem e 49% de concentrados

Fonte: Amaral (2010)

Dentre as plantas forrageiras utilizadas para a alimentação animal, o milho é a mais empregada para produção de silagem, em virtude de seu teor elevado de energia por unidade de matéria seca e de sua alta produtividade. A facilidade de conservação e a boa aceitação por parte dos animais são características adicionais que promovem a adoção de silagem de milho em sistemas de produção ao redor do planeta. Durante o processo de conservação, a cultura do milho passa por transformações que acarretam perdas de nutrientes de diversas magnitudes. Elas ocorrem na colheita, na fermentação e após a abertura do silo, quando a silagem entra em contato com o oxigênio atmosférico.

A obtenção de silagens com alta qualidade depende de fatores diversos, tais como: colheita de plantas com maturidade adequada, velocidade da colheita, picagem, compactação, vedação do silo e manejo de retirada da silagem. Logo, silagens com alto valor nutritivo, livres de patógenos e toxinas e com estabilidade à exposição ao oxigênio são passíveis de ser obtidas se todos os pontos críticos citados forem executados com sucesso, culminando em baixas perdas de nutrientes (‹15%) e aumento de eficiência produtiva. Ao contrário, falhas nestes processos podem levar a perdas de matéria seca superiores a 30%, resultando em silagens de custos elevados, baixo valor nutritivo e qualidade higiênico-sanitária reduzida.

O primeiro passo importante para o alcance de alta eficiência é ter noção da magnitude das perdas potenciais. Nesse sentido, a contabilidade da entrada e da saída da forragem no silo é indispensável. Somente após conhecer a proporção da forragem que "desapareceu" durante a conservação é que o produtor se dispõe a tomar providências para corrigir os possíveis erros cometidos. A seguir, serão discutidas estratégias de contenção das perdas ao longo do processo de ensilagem da cultura do milho.

Tudo começa com o planejamento agrícola, que deve contemplar a adequação do sistema produtivo à base física da propriedade, escolha do material genético, tamanho do ciclo fisiológico, época de semeadura, preparo e correção do solo, adubação e controle de pragas. Ainda na fase de planejamento, deve-se decidir pelo serviço de colheita (próprio ou terceirizado), tipo e tamanho de silo, uso (ou não) de aditivos e estratégia de vedação. Em seguida, a operação de colheita deve ser feita quando as plantas apresentarem teores de matéria seca entre 32% e 35%, ponto de maturidade em que apresentam alto valor nutritivo e condições ótimas de ensilabilidade (umidade, carboidratos solúveis, população de bactérias láticas).

A escolha da colhedora de forragem é, também, fundamental, pois não são raros casos em que o equipamento causa perdas de até 20% no campo, enquanto o aceitável é de, no máximo, 7%. A eficiência, nesta fase, está diretamente ligada ao modelo, manutenção e regulagem do equipamento; além do treinamento dispensado aos operadores. Para a picagem, recomenda-se que as partículas tenham, em média, 1,5 cm (1 a 2 cm). Para se atingir essa meta, o produtor deve estar atento à frequência de afiação das facas, que deve ser diária. No Brasil, frequentemente, convivemos com problemas decorrentes de partículas longas demais. Forragem mal picada prejudica a compactação, no momento da ensilagem, dificulta a homogeneização da ração e agrava a seleção dos ingredientes, no cocho, desbalanceando a dieta consumida pelos animais e aumentando o risco de distúrbios metabólicos (acidose ruminal). Silagens de milho bem picadas têm ao menos 80% dos grãos com algum grau de dano mecânico; as maiores partículas não devem exceder 2,5 cm.

Após a colheita, o material picado deve ser transportado, brevemente, até o silo. Para uma compactação eficiente da forragem em silos horizontais (trincheira, *bunker*, superfície), algumas normas devem ser atendidas: (

I) a carga de forragem que chega ao silo deve ser espalhada em camadas com espessura máxima de 30 cm; (

2) o peso do trator deve ser igual ou superior a 40% da massa de forragem que chega ao silo por hora de trabalho – exemplo: taxa de colheita de 10 toneladas/hora requer trator com peso igual ou superior a quatro toneladas;

(3) a extensão de compactação dever ser igual ou superior ao tempo de colheita – exemplo: turno de colheita de 10 horas/dia requer turno de compactação igual ou superior a 10 horas/dia; (4) a

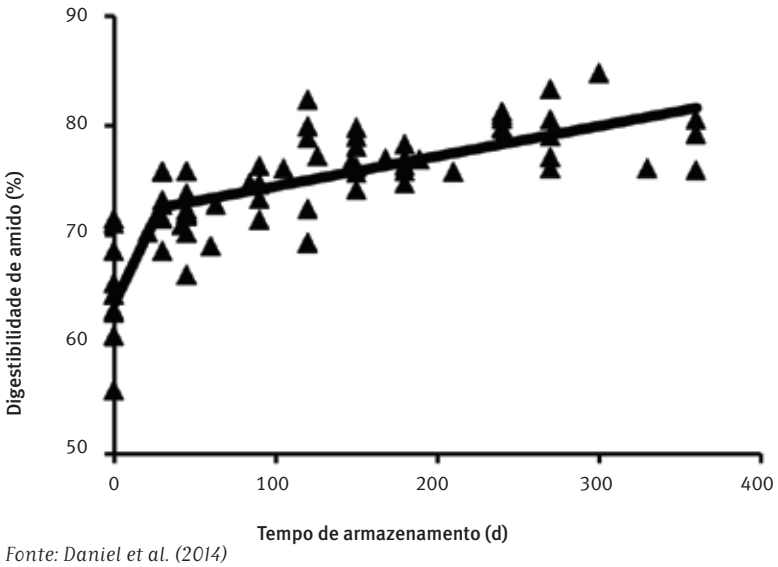
Embora ainda incipiente, comercialização de silagens se estabelece, no Brasil, como oportunidade promissora

taxa instantânea de compactação dever ser de um a três minutos/tonelada de forragem – exemplo: esforço de compactação maior que um minuto/tonelada.

Ao final do enchimento, o silo deve ser vedado de forma a evitar ou diminuir a infiltração de ar e água para dentro da massa. No Brasil, a maior parte da silagem é armazenada em silos horizontais, que são mais propensos às trocas gasosas, em especial nas zonas superiores e próximas às paredes do silo. Em condições tropicais, em particular quando as estratégias de vedação não são eficientes, a silagem visualmente deteriorada pode atingir 9% da massa ensilada, sem contabilização das perdas invisíveis. Por outro lado, com procedimentos de vedação adequados, as perdas visuais podem ser reduzidas a 3% (Tabela I). Além de reduzir o valor nutritivo, a deterioração diminui, também, a qualidade higiênica da silagem, aumentando os riscos de proliferação de microrganismos indesejáveis (incluindo patógenos) e de produção de toxinas (micotoxinas e compostos biogênicos), com impactos negativos no desempenho e na saúde dos animais. Além disso, alguns desses compostos toxigênicos podem ser excretados no leite, seguindo para o consumidor final. Portanto, porções de silagens visualmente deterioradas não podem ser fornecidas aos animais e devem ser descartadas do painel do silo antes do descarregamento da silagem.

É de conhecimento comum que o valor nutritivo de silagens é, tipicamente, menor do que aquele da cultura fresca que a deu origem. Entretanto, pesquisas recentes com silagens de milho e com silagens de grãos de milho reportaram aumento de digestibilidade da matéria seca quando as silagens são armazenadas por períodos longos. De acordo, vários produtores e técnicos de campo confirmam ter observado maior quantidade de grãos de milho nas fezes e queda na produção de leite quando as vacas passaram a receber silagens "novas", ou seja, silagens fermentadas por períodos curtos. Provavelmente isto ocorre porque o aporte total de energia líquida consumida pelos animais

FIGURA 1. EFEITO DO TEMPO DE ARMAZENAMENTO NA DIGESTIBILIDADE DE AMIDO DE SILAGENS DE MILHO



Fonte: Daniel et al. (2014)

diminui quando a silagem "nova" passa a compor a dieta, devido a menor digestibilidade desta silagem comparativamente à silagem estocada por tempo mais longo.

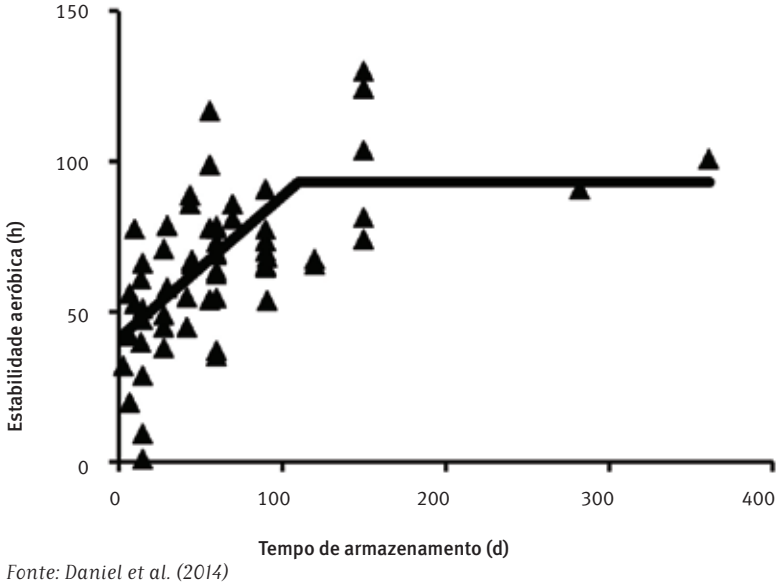
Embora o abaixamento e a estabilização do pH de silagens ocorram entre três e sete dias, períodos entre 21 e 30 dias são amplamente divulgados como adequados para a estabilização da fermentação. Não obstante, vários trabalhos corroboram que a fermentação prossegue além de três a sete dias, com aumentos significativos nas concentrações de produtos de fermentação, por exemplo, amônia. Em silagens, a amônia é considerada produto de deaminação de aminoácidos. Como a atividade da maior parte das proteases provenientes de células vegetais é inativada pelo abaixamento de pH da massa ensilada, o aumento na concentração de amônia sugere proteólise microbiana, incluindo quebra da fração proteica constituinte do endosperma do grão. A matriz proteica que envolve os grânulos de amido em grãos de milho é composta primariamente de prolaminas e representa fator inibitório à digestão de amido. De tal modo, diversos estudos reportaram aumentos significativos de digestibilidade de amido ao longo do armazenamento e, embora os ganhos sejam contínuos, os maiores benefícios ocorrem no primeiro mês de fermentação (Figura 1). Portanto, com vistas aos ganhos de digestibilidade da fração amido, recomenda-se estocar a silagem por no mínimo um mês. Ao contrário de culturas pobres em amido e ricas em proteína (por exemplo, alfafa, azevém, capins tropicais), a ocorrência de proteólise pode ser considerada menos negativa em silagens de milho e de grãos de milho com alta umidade. Em silagens de grãos úmidos ou planta inteira de milho, as concentrações de proteína solúvel e amônia apresentam correlação positiva com a digestibilidade da fração amido. Além disso, estudos recentes têm apontado o potencial de proteases exógenas para manipular a digestibilidade do amido em silagens de milho.

Assim, como o aumento em digestibilidade de amido, a estabilidade aeróbia de silagens de milho aumenta com o tempo de estocagem (Figura 2). Para que a estabilidade aeróbia seja maximizada, recomenda-se estocar a silagem por, no mínimo, de três a quatro meses. Mudanças observadas nas concentrações de produtos de fermentação, após várias semanas, sugerem que a atividade microbiana persiste mesmo quando o pH da silagem se encontra baixo. Por exemplo, algumas cepas de *Lactobacillus buchneri* continuam metabolicamente ativas por longos períodos e têm capacidade de converter açúcares e ácido lático em ácido acético e 1,2-propanodiol. Adiante, o 1,2-propanodiol pode ser convertido em propanol e ácido propiônico por cepas de L. diolivorans. Como resultado, obtêm-se silagens com menores concentrações de ácido lático e açúcares e maiores conteúdos de ácidos orgânicos fracos (acético e propiônico), comparativamente às silagens estocadas por períodos curtos. Ácidos orgânicos fracos são agentes antifúngicos potentes, capazes de melhorar a estabilidade aeróbia de silagens.

Outro fato observado ao longo do armazenamento é a diminuição da população de leveduras, principais microrganismos deterioradores da silagem. A exposição prolongada aos produtos de fermentação com ação antifúngica, em meio anaeróbio e ácido, é uma razão possível para a queda nas contagens de leveduras ao longo da fermentação das silagens bem preservadas. O maior investimento em estruturas de armazenamento e estoque de forragens deve ser avaliado durante a tomada de decisão em relação ao tempo de armazenamento. Por exemplo, se, ao invés de 3 semanas, o produtor decidir esperar 16 semanas (4 meses) antes de iniciar o fornecimento aos animais, o estoque de forragem deverá ser 24% maior.

Ignorar boas práticas de conservação pode resultar em redução do potencial de ganho em valor nutritivo, que será, possivelmente, sobreposto por maiores perdas de nutrientes, culminado com elevação de custos da produção forrageira e dos produtos gerados pelos animais (por exemplo, leite e carne). Quanto maior for o tempo de estocagem, maior será a ex-

FIGURA 2. EFEITO DO TEMPO DE ARMAZENAMENTO NA ESTABILIDADE AERÓBIA DE SILAGENS DE MILHO



Fonte: Daniel et al. (2014)

posição do silo a intempéries climáticas (por exemplo, raios UV) e, consequentemente, maiores serão as chances de infiltração de ar na massa ensilada. A adoção de estratégias de vedação com eficiência elevada e o uso de aditivos que melhorem a estabilidade aeróbia devem ser considerados.

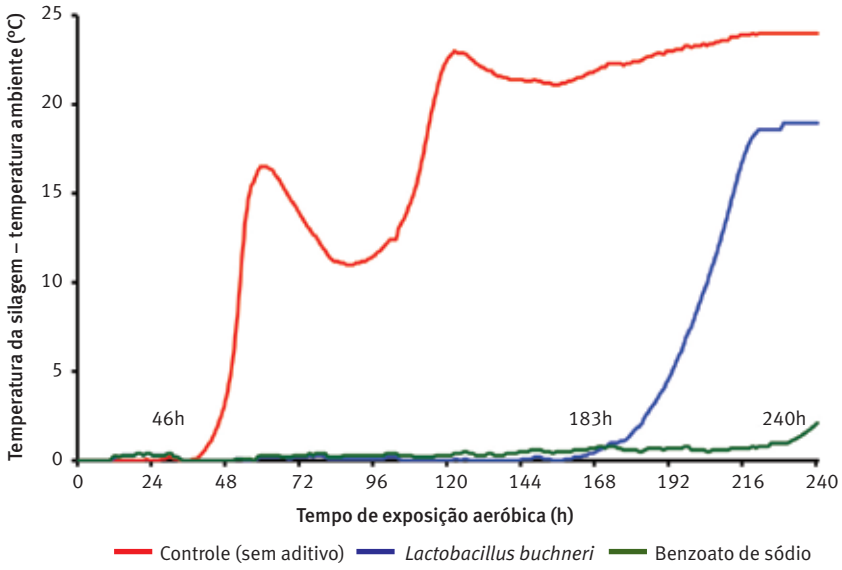
Quando o silo é aberto e o descarregamento iniciado, a silagem é exposta ao oxigênio atmosférico. Se o silo for mal manejado nesta fase pós-abertura, microrganismos deterioradores, como leveduras, voltam a crescer e degradam os produtos de fermentação, principalmente o ácido lático. O aumento de temperatura, causado pelo metabolismo das leveduras, e o aumento de pH, ocasionado pelo consumo de ácido lático, estimulam o desenvolvimento de outros microrganismos oportunistas, como fungos e bactérias deterioradoras. Consequentemente, mais calor é produzido, aumentando o crescimento de todos os microrganismos espoliadores e resultando em destruição massiva dos nutrientes e em geração de toxinas (por exemplo, micotoxinas e aminas biogênicas).

Para prevenir ou atenuar o processo de deterioração aeróbia, algumas estratégias podem ser adotadas além de vedação adequada do silo, discutida anteriormente. Uma delas é a aplicação, no momento da ensilagem, de aditivos capazes de aumentar a estabilidade aeróbia da silagem, ou seja, de manter a silagem "fresca" por mais tempo após exposta ao ar. A inoculação da forragem com cepas de bactérias heterofermentativas (por exemplo, *L. buchneri, L. brevis, L. kefiri e L. hilgardii*) ou a aplicação de aditivos químicos à base de ácidos orgânicos fracos (por exemplo, benzoato de sódio e sorbato de potássio) são estratégias com eficácia comprovada (Figura 3).

O uso destes aditivos também tem se mostrado promissor para acelerar os ganhos em estabilidade aeróbia frente às silagens não inoculadas, o que acontece naturalmente ao longo do armazenamento. Outra estratégia se fundamenta no dimensionamento adequado do silo. Durante a fase de planejamento, suas dimensões devem ser definidas considerando aspectos como: bitola do trator (largura do silo deve ser no mínimo duas vezes a bitola do trator), dimensões de filmes plásticos disponíveis no mercado, altura atingível por implementos desensiladores e, especialmente, a quantidade de silagem a ser consumida, o que determinará a espessura da fatia de silagem a ser descarregada diariamente.

Trabalhos recentes indicam que a recomendação tradicional de taxa de retirada de 15 cm/dia pode funcionar, durante o inverno, em países de clima temperado; mas, durante estações com temperaturas elevadas, ou, durante o ano todo, em regiões de clima tropical, são necessárias taxas mínimas de retirada de aproximadamente 30 cm/dia, para evitar a deterioração aeróbia do painel do silo. Por fim, descarregar a silagem sem descompactar a massa remanescente e manter o painel do silo sem irregularidades (liso) são ações importantes para conter perdas na fase de pós-abertura. Embora ainda em escala incipiente, a comercialização de silagens se estabelece, no Brasil, como oportunidade promissora. A exemplo do ocorrido em outros países, a evolução do mercado segue no sentido de valorizar a qualidade nutricional da silagem como critério de negociação. Por esse motivo, nesta cadeia de produção, a preservação dos nutrientes torna-se um componente fundamental para justificá-la como ingrediente para rações animais.

FIGURA 3 | EVOLUÇÃO DA TEMPERATURA DE SILAGENS DE MILHO EM RELAÇÃO À TEMPERATURA AMBIENTE, DURANTE A EXPOSIÇÃO AERÓBIA



Obs. As doses de aditivos foram: 5×10^5 ufc/g de *L. buchneri* ou 0,2% de benzoato de sódio

Fonte: Daniel e Nussio (USP/ESALQ, dados não publicados)

***João Luiz Pratti Daniel** é docente no Departamento de Zootecnia da UEM/Maringá-PR (jlpdaniel@uem.br) e **Luiz Gustavo Nussio** é docente no Departamento de Zootecnia da USP/ESALQ (nussio@usp.br).*

Processamento

Derivados do milho são usados em mais de 150 diferentes produtos industriais

Sueli Strazzi *

FREEIMAGES / MIKAEL CRONHAMN

Uso do milho na alimentação humana deve acompanhar aumento do consumo de alimentos funcionais, pré-bióticos, prontos, congelados e de preparo rápido

Embora o milho seja utilizado, em maior escala, na alimentação animal, mais de 5,5 milhões de toneladas de milho são destinadas, anualmente, para o consumo humano e outras aplicações industriais no Brasil. O milho é um cereal essencialmente energético, formado por quatro principais estruturas físicas: endosperma (a maior parte do grão, constituído principalmente de amido), gérmen (onde se concentra quase a totalidade dos lipídeos e minerais do grão), pericarpo (casca) e ponta (Figura 1). As proteínas estão presentes no endosperma e no gérmen (Tabela 1).

As principais formas de processamento de milho para alimentação humana e para fins industriais empregadas no Brasil são: moagem por via seca e moagem por via úmida, que permitem separar o gérmen do endosperma para posterior extração de óleo. Os produtos do endosperma atendem a distintos segmentos, que têm seus próprios requisitos de qualidade. Este mercado tem crescido, acompanhando o aumento de consumo no país, em função da melhoria das condições de vida dos brasileiros, bem como por demandas de exportações, principalmente para países da África e da Ásia. Com base no crescimento médio

da moagem, no consumo, nas expansões previstas e no potencial dos mercados atendidos, estima-se um crescimento de até 20% na moagem por via úmida, e de 8% a 10% na moagem por via seca, até 2020.

A moagem por via seca é, essencialmente, um processo de quebra física do grão de milho. O teor de umidade do milho limpo é elevado para, aproximadamente, 20%. O gérmen é removido em degerminadores para posterior extração de óleo, e o endosperma remanescente, chamado de canjica, pode ser utilizado tal e qual ou pode também ser direcionado a processos adicionais de moagem e classificação densimétrica para a obtenção de diversas frações, que variam em tamanho e composição (Figura 2). Os principais produtos obtidos são canjicas, farinhas, fubás, *grits* e canjiquinhas (estas duas últimas com partículas maiores que as farinhas e fubás). Também podem ser obtidos outros produtos, como flocos de milho pré-cozidos, farinhas de milho pré-gelatinizadas e fibra de milho (Tabela 2).

Além do consumo doméstico, estes produtos são empregados na produção de diversos alimentos, tais como salgadinhos (*snacks*), pipoca doce, cereais matinais e alimentos infantis, e na fabricação de pães (panificação) ou, ainda, nas indústrias cervejeira e farmacêutica e até na mineração (Tabela 3). O principal produto da moagem úmida é o amido, que pode ainda ser processado para a produção de amidos modificados, maltodextrinas (amidos levemente degradados), xaropes, álcool e outros produtos químicos e farmacêuticos derivados da fermentação. Óleo, fibras e proteínas são obtidos nesse processo. As proteínas e fibras são utilizadas, principalmente, como ingrediente para alimentação animal (Tabela 4).

FIGURA 1 | COMPOSIÇÃO BÁSICA DO GRÃO DE MILHO

Fonte: Associação Brasileira das Indústrias do Milho (Abimilho)

Na moagem por via úmida, o milho é macerado em grandes tanques com água aquecida entre 50ºC e 54ºC, por um período de 36 a 48 horas, com pequenas quantidades de ácido sulfuroso, derivado do gás dióxido de enxofre, que controla a fermentação e ajuda na separação do amido e das proteínas. Durante a maceração, os componentes solúveis são extraídos do grão; a água é drenada e concentrada em evaporadores, resultando no liquor concentrado. Logo após, os grãos de milho são submetidos a uma moagem grossa e separados do gérmen em hidrociclones. O material fibroso é separado por peneiração; o amido e a proteína são separados pela diferença de densidade entre os mesmos, por meio de moagens adicionais e de centrifugação (Figura 3).

Diversos processos são empregados para ampliar o uso alimentício e industrial do amido, tais como: conversão ácida, branqueamento ou oxidação, hidrólise enzimática, modificação física e substituição. Como exemplo, o amido pode ser quimicamente modificado para não alterar produtos, quando refrigerados, ou podem ainda ser tratados com enzimas para produzir xaropes com altos teores de glicose, para atender principalmente à indústria de refrigerantes e doces;, e, de maltose, para a produção de cervejas. O amido natural e os xaropes de glicose e maltose são os produtos preponderantes na moagem por via úmida.

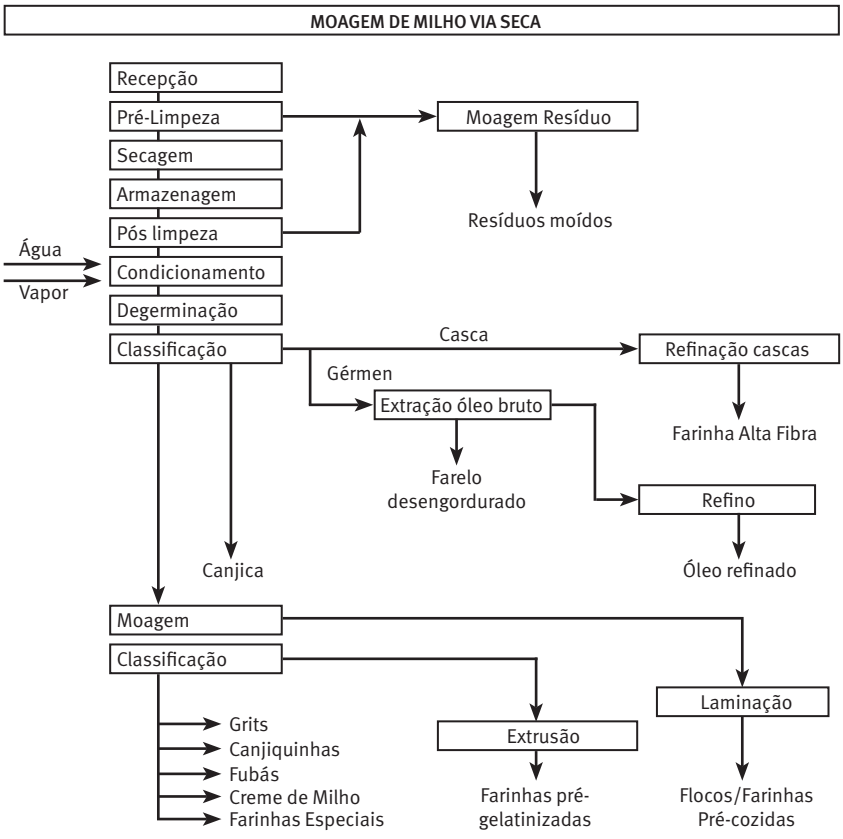
O amido é comumente empregado

TABELA 1 | COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO GRÃO DE MILHO E SEUS COMPONENTES

FRAÇÃO	GRÃO (%)	AMIDO (%)	LIPÍDEOS (%)	PROTEÍNA (%)	AÇÚCARES (%)	CINZAS (%)
Grão inteiro	100,0	73,4	4,4	9,1	1,9	1,4
Endosperma	82,9	87,6	0,8	8,0	0,6	0,3
Gérmen	11,1	8,3	33,2	18,4	10,8	10,5
Pericarpo	5,3	7,3	1,0	3,7	0,3	0,8
Ponta	0,8	5,3	3,8	9,1	1,6	1,6

Fonte: Watson S. A., 2003

FIGURA 2 | MOAGEM DE MILHO POR VIA SECA



Fonte: Associação Brasileira das Indústrias do Milho (Abimilho)

como adesivo na indústria de papel; como veículo, na indústria farmacêutica, dentre outros usos (Tabela 5). Tem sido amplamente estudado e apresenta elevado potencial para uso como ingrediente na produção de vários produtos químicos derivados do petróleo. Tanto o processo por via seca quanto o por via úmida resultam em diversos subprodutos, utilizados como ingredientes de alta qualidade na indústria de alimentação animal. O percentual de óleo no milho é baixo e sua extração, a partir do gérmen obtido por meio dos dois processos, atende basicamente às demandas do mercado interno.

O milho também tem sido processado, no Brasil, embora em menor quantidade, pela maceração da canjica para a produção de farinha de milho biju e pelo enriquecimento com cal do grão inteiro, cozimento e moagem, para produção de uma massa utilizada na produção de *snacks*, chamados tortilhas *chips*. Além, é claro, de seu consumo *in natura*, como milho verde, pamonha, curau/canjiquinha e canjica/munguzá. Pode ainda ser processado e consumido de muitas formas ainda não difundidas no Brasil, principalmente para a produção de álcool combustível. Do fubá ao papel, do cereal matinal ao medicamento, os derivados de milho são utilizados em mais de 150 produtos de diferentes setores.

A classificação do milho nas transações leva em consideração a qualidade do cereal, baseada em itens como pureza, cor, quantidade de grãos quebrados, impurezas, matérias estranhas, grãos danificados pelo calor, por fungos, pelo clima ou por doenças. Os padrões oficiais, no entanto, são utilizados apenas como indicadores da qualidade do milho, que deve ser definida de acordo com os requerimentos de cada indústria. O milho de alta qualidade para a produção de amido, por exemplo, pode ser considerado como de baixa qualidade para a produção de *grits* para *snacks* e vice-versa. Os milhos duros e semiduros são mais adequados para a moagem por via seca, por serem mais resistentes à quebra, resultando em rendimentos mais elevados e produtos de melhor qualidade, ao passo que podem retardar a extração de amido no processamento por via úmida.

Na indústria química, o milho apresenta significativas vantagens quando comparado a muitas matérias-primas

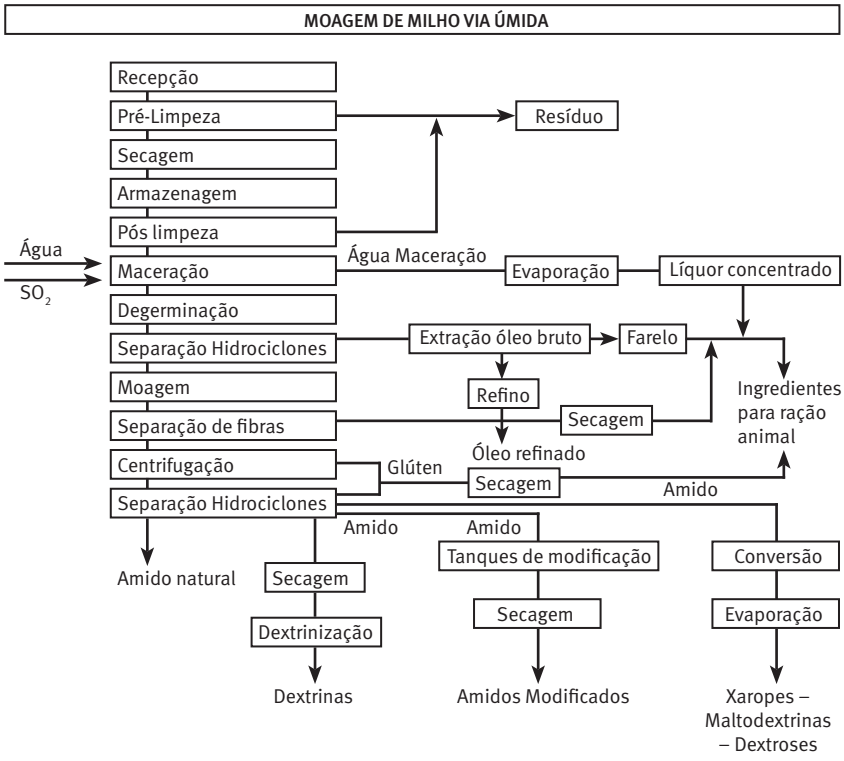
TABELA 2 | RENDIMENTO MÉDIO NA MOAGEM DE MILHO POR VIA SECA

PRODUTO	RENDIMENTO MÉDIO
Canjica*	68%
Farinhas/fubás	22%
Grits/canjiquinhas	12%
Canjicas	14%
Produtos pré-cozidos/flocos	20%
Gérmen	30%
Óleo	4%
Farelo	26%
Quebra	2%

* Os produtos obtidos da canjica variam de acordo com o segmento de mercado atendido por cada indústria e seu desenho industrial.

Fonte: Associação Brasileira das Indústrias do Milho (Abimilho)

FIGURA 3 | MOAGEM DE MILHO POR VIA ÚMIDA



Fonte: Associação Brasileira das Indústrias do Milho (Abimilho)

empregadas atualmente e pode expandir significativamente sua presença neste segmento. Além do amido, pode ser utilizado como substrato em diversos processos que empregam microrganismos, na produção de produtos químicos e farmacêuticos; também pode ser convertido pelo uso de técnicas químicas não microbianas.

Há grande oferta deste cereal em território nacional, apresentando-se como fonte renovável de matéria-prima. No consumo humano, a Associação Brasileira das Indústrias do Milho (Abimilho) tem realizado diversos trabalhos de divulgação sobre as propriedades do cereal, ainda pouco valorizados por grande parte da população brasileira, buscando promover o aumento do consumo. O consumo *per capita* brasileiro não atinge 20 kg/habitante/ano, quantidade pequena quando comparada à do México, país com características sócio-econômicas similares às do Brasil, que registra consumo de 63 kg/habitante/ano; três vezes e meia maior que o brasileiro.

Para mudar este quadro, a Abimilho vem operando em diferentes frentes, num esforço de comunicação que envolve publicações dirigidas, cursos com nutricionistas e donas de casa, bem como ações de divulgação junto a escolas. As farinhas de milho são enriquecidas com ferro e ácido fólico (vitamina B9) como parte do programa do governo para reduzir os níveis de deficiência destes nutrientes na população brasileira. Além do impacto positivo na qualidade nutricional da alimentação, o desejado aumento do consumo de milho na alimentação humana atuaria, seguramente, como propulsor econômico da cadeia produtiva, dando início a um círculo virtuoso em que o aumento da demanda atrairia investimentos industriais e

TABELA 3 | MOAGEM POR VIA SECA: PRINCIPAIS PRODUTOS E APLICAÇÕES INDUSTRIAIS

PRODUTOS	PRINCIPAIS APLICAÇÕES
Canjicas	Pipoca doce, alimentos matinais (corn flakes), farinha biju, bebidas alcoólicas
Canjiquinhas	Salgadinhos (snacks)
Grits	Cervejarias, salgadinhos (snacks), mineração, extrusados para a substituição de isopor
Farinhas e fubás	Alimentos infantis, colorífico, panificação, misturas preparadas para bolo, biscoitos e massas alimentícias, tecelagem, explosivos, indústrias de ração animal
Farinha de milho pré-gelatinizada	Alimentos instantâneos, fertilizantes, perfuração de poços de petróleo, fundição, indústria de ração animal
Flocos de milho e farinhas de milho pré-cozidas	Sopas, biscoitos, indústrias de ração animal
Farelos de milho e de gérmen desengordurado	Ração animal

Fonte: Associação Brasileira das Indústrias do Milho (Abimilho)

FREEIMAGES / MIA P

TABELA 4 | RENDIMENTO MÉDIO NA MOAGEM DE MILHO POR VIA ÚMIDA

PRODUTO	RENDIMENTO MÉDIO
Amido*	68%
Solúveis	8%
Fibra	10%
Glúten	6%
Gérmen	8%

*Os produtos derivados do amido não estão contemplados nesta tabela.

Fonte: Associação Brasileira das Indústrias do Milho (Abimilho)

TABELA 5 | MOAGEM POR VIA ÚMIDA: PRINCIPAIS PRODUTOS E APLICAÇÕES INDUSTRIAIS

PRODUTOS	PRINCIPAIS APLICAÇÕES
Amido de milho	Pós para sobremesas, panificação, misturas preparadas para bolos e outras, fermento em pó, alimentos infantis, produtos cárneos, mostardas, sopas, massas alimentícias, produtos farmacêuticos, processos de fermentação, papel, papelão ondulado, tecelagem, mineração, explosivos, adesivos, giz, cosméticos, produtos de limpeza, recuperação industrial da água
Amidos modificados	Balas de goma, bebidas, alimentos instantâneos, alimentos infantis, alimentos pré-cozidos congelados, veículos para aromas e corantes, molhos, papel, papelão ondulado, fitas gomadas, tecelagem, perfuração de poços de petróleo
Dextrina	Adesivos, lixas, papéis abrasivos, estampagem de tecidos, sacos de papel multifoliado, cartonagem, mineração
Xaropes de glicose e maltose	Balas duras, balas mastigáveis, gomas de mascar, doces, creme e suco de frutas, geleias e compotas, coberturas, produtos cárneos e embutidos, misturas preparadas (bolos, alimentos infantis, pós para pudins), xaropes, sorvetes, cervejas, refrigerantes, molhos, bebidas alcoólicas, alimentos matinais, panificação, molhos, produtos farmacêuticos
Liquor de milho	Antibióticos, produtos farmacêuticos, enzimas, produtos de fermentação, ração animal
Gérmen, glúten e fibras.	Formulação de rações

Fonte: Associação Brasileira das Indústrias do Milho (Abimilho)

investimentos dirigidos para o ganho de produtividade no campo, fortalecendo o agronegócio.

O potencial de crescimento do uso do milho na alimentação humana deverá acompanhar o aumento do consumo dos alimentos funcionais, pré-bióticos, alimentos prontos, congelados e de preparo rápido, bem como a busca por novos ingredientes de fontes renováveis. Além disso, para suportar as demandas de emprego na alimentação humana e as aplicações industriais, a pesquisa para o desenvolvimento de materiais (híbridos) customizados se tornou extremamente importante, buscando possibilitar a melhoria do rendimento e a qualidade proteica do cereal.

***Sueli Strazzi** é consultora, foi membro do Conselho Técnico Econômico da Associação Brasileira das Indústrias do Milho (Abimilho) (1998-2011) (cte@abimilho.com.br). A autora agradece a colaboração de Sandro Márcio Benassi, secretário executivo da Abimilho.*

FREEIMAGES / HARPREET PADAM

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

JOHNSON, L. A.; MAY, J. B. Wet Milling: The Basis for Corn Biorefineries. In: WHITE, J. P.; JOHNSON, L.A. (Ed.). *Corn*: Chemistry and Technology. 2. ed. Minnesota: American Association of Cereal Chemists, 2003.

PAES, M. C. D. *Aspectos Físicos, Químicos e Tecnológicos do Grão de Milho*. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2006. (Embrapa Milho e Sorgo, Circular Técnica 75).

SINGH, N.; ECKHOFF, S. P. Wet Milling of Corn – A Review of Laboratory – Scale and Pilot Plant – Scale Procedures. *Cereal Chemistry*, v. 73, n. 6, p. 659-667, 1996.

WATSON, S. A. The Corn Kernel. In: WHITE, J. P.; JOHNSON, L. A. (Ed.). *Corn*: Chemistry and Technology. 2. ed. Minnesota: American Association of Cereal Chemists, 2003.

Considerado nobre pelo consumidor, óleo de milho alcança bons preços no mercado

Marisa Aparecida Bismara Regitano-d'Arce e Thais Maria Ferreira de Souza Vieira

O milho é fonte de carboidratos (60% a 80%) e proteínas; essencialmente não reconhecido como oleaginosa, apresenta entre 3% e 5% de lipídeos no grão. De seu processamento úmido, recupera-se o germe que, devido à baixa capacidade de conservação microbiológica e química, deve ser rapidamente processado em óleo ou ração. O grão degerminado é matéria-prima para a indústria de amidos e farinhas. O germe (embrião) representa 9% do grão, contendo cerca de 80% de lipídeos, sendo que o restante está distribuído no endosperma (15%) e na fração casca/farelo (2%).

Os principais ácidos graxos que compõem o óleo de milho são: linoleico (59,6%), oleico (25,4%), palmítico (10,9%), esteárico (2%) e linolênico (1,2%). Apesar de ser considerado um óleo saudável, o baixo teor de ácido linolênico (ômega 3) representa uma preocupação para os nutrólogos, devido ao desequilíbrio que provoca na relação ácidos graxos (ômega 6/ômega 3), bem distante do padrão dietético recomendado. Por outro lado, é graças a essa composição em ácidos graxos, associada à presença de antioxidantes naturalmente presentes no óleo, que sua estabilidade oxidativa é reconhecidamente boa. O óleo de milho contém de 1,3% a 2,3% de material insaponificável (fitosteróis, tocoferóis e esqualeno). Os fitosteróis encontrados são β-sitosterol (55% a 70%), campesterol (19% a 24%), σ5-avenasterol (4% a 8%) e estigmasterol (4% a 8%). Destaca-se a presença incomum, na maioria dos óleos vegetais, de tocotrienóis, isômeros mais potentes dos antioxidantes naturais, além dos tocoferóis.

PROCESSAMENTO

O germe segue para extração de óleo, que pode ocorrer por prensagem, em unidades menores, ou com solvente hexano, com extratores contínuos, normalmente localizados na proximidade da indústria processadora do milho degerminado. A mesma planta que processa o germe de milho pode processar a soja, garantindo menor ociosidade à instalação industrial. Uma vez separado do solvente, o óleo bruto pode ser degomado para a retirada dos fosfolipídios e posterior processamento; ou é levado diretamente à unidade de refino, em que é submetido às etapas de neutralização, clarificação, winterização e desodorização, para a remoção de ácidos graxos livres, pigmentos, ceras e compostos de odor, respectivamente. O refino visa a conferir condições de conservação adequada aos óleos brutos. Promove a retirada de substâncias não-glicerídicas, aumentando a pureza triglicerídica de 95% a 99% no óleo.

Existe a alternativa de não se degomar o óleo de milho e conduzi-lo diretamente ao refino. Contudo, os fosfolipídios, em algum momento, devem ser obrigatoriamente retirados, pois escurecem com o aquecimento e podem formar precipitados no óleo. Se não removidos durante a degomagem, estes compostos acabam sendo perdidos na etapa de neutralização, sob a forma de sabão. Ácidos graxos livres (AGL) são formados da hidrólise dos triglicerídeos. Esta reação ou a presença dos AGL é considerada um indicativo de perda de qualidade dos grãos armazenados, uma vez que é favorecida por condições de oscilação de umidade relativa e de temperatura de armazenagem. Uma vez formados, são substrato para a oxidação e diminuem o ponto de fumaça dos óleos, propriedade importante para óleos empregados em frituras.

Também a etapa de clarificação pode ser suprimida em função da qualidade do óleo bruto e dos equipamentos do parque industrial, uma vez que a redução da cor conferida pelos pigmentos carotenoides acontece durante a desodorização, visto que são termolábeis. A supressão (ou não) desta operação dependerá da presença de compostos primários de oxidação, de metais e de sabões no óleo neutralizado. O óleo de milho contém entre 150 e 500 mg/kg^{-1} de ceras, que apresentam alto ponto de fusão e se cristalizam com o resfriamento. Este é o princípio da sua remoção, durante a winterização, seguida de filtração. A desodorização ocorre por destilação sob alto vácuo e alta temperatura e age como uma operação de acabamento, precedendo o envase do óleo. AGL residuais, compostos de odor e de cor são removidos por arraste de vapor seco. Um coproduto resultante da extração do óleo do germe é o germe desengordurado, com 20% de proteínas, empregado na composição de rações animais.

ASPECTOS NUTRICIONAIS

Os óleos vegetais contêm lipídios que fornecem à dieta o dobro das calorias de proteínas ou carboidratos, 9 kcal/g; contudo, trazem um aporte de compostos essenciais ao metabolismo humano e animal, tais como ácidos graxos essenciais, ácidos linoleico e linolênico, além de vitaminas A e E. Como tal, devem ser consumidos com parcimônia. Na comparação com os outros óleos disponíveis para consumo, destaca-se por apresentar maior concentração de ácidos insaturados, mono (ácido oleico) e di-insaturados (ácido linoleico). Não pode ser considerado uma fonte de ômega 3 na dieta. Apesar de o milho concorrer com a soja pela posição de grão mais produzido no país, sua conversão em óleo é significativamente menor, pois o grão tem aproveitamento integral para a alimentação animal. Com a menor oferta e o crescimento da demanda estimulado por ações de *marketing* eficientes, seus preços são mais altos que os da soja. Também por isso é considerado um óleo nobre, induzindo o consumidor à sua escolha no momento da compra.

* ***Marisa A. B. Regitano-d'Arce*** *é docente no Departamento de Agroindústria, alimentos e nutrição da ESALQ/USP(marisadarce@usp.br) e* ***Thais M. F. S. Vieira*** *é docente no Departamento de Agroindústria, alimentos e nutrição da ESALQ/USP (tvieira@usp.br)*

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

GUNSTONE, F. D.; HARWOOD, J. L.; DIJKSTRA, A. J. *The Lipid Handbook*. Boca Raton: CRC Press, 2007. 808 p.

REGITANO-D` ARCE, M. A. B. Extração e refino de óleos vegetais. In: OETTERER, M.; REGITANO-D` ARCE, M. A. B.; SPOTO, M. H. F. *Fundamentos de ciência e tecnologia de alimentos*. São Paulo: Manole, 2006. cap. 7, p. 300-351.

ILUSTRAÇÃO FABIO MARIANO

Processamento aumenta aproveitamento do milho e eficiência de rações animais

Flávio Augusto Portela Santos, Fernanda Batistel e Jonas de Souza*

Rações com teores mais altos de concentrado propiciam a bovinos de corte ganhos de peso mais rápidos, melhor conversão alimentar, carcaças com melhor acabamento e, para os bovinos leiteiros, maior produção de leite e de sólidos totais. Em virtude desses fatos e do custo elevado da energia contida em forragens conservadas, a inclusão de alimentos concentrados nas rações tem se tornado uma alternativa viável para o aumento da energia da dieta. De maneira geral, as formulações de concentrados utilizadas no Brasil para bovinos de corte e leiteiros possuem como principais fontes de energia grãos de cereais, principalmente o milho. A inclusão de milho pode chegar a 40% nas dietas de gado leiteiro e a 80% nas de gado para corte em confinamento, sendo, portanto, o cereal de maior importância para a alimentação animal.

O amido representa entre 60% e 70% da maior parte dos grãos de cereais. Portanto, otimizar o uso deste nutriente é fundamental para se obter alta eficiência alimentar de animais confinados, com dietas ricas em cereais. A digestibilidade do amido do milho pode ser afetada por vários fatores, tais como: a presença e o grau de associação das matrizes proteicas com grânulos de amido, o grau de compactação dos grânulos de amido no endosperma, os teores de amilopectina e de amilose no amido e a camada externa dos grãos.

Em determinadas regiões do mundo, como na América do Sul, predomina a produção e a utilização de milho do tipo duro (ou *flint*), com alta proporção de endosperma vítreo. Quanto maior a vitreosidade do grão de milho, menor a degradabilidade ruminal do amido.

Híbridos brasileiros, representando extremos de dureza do grão, foram comparados com híbridos de milho cultivados nos Estados Unidos. A vitreosidade dos híbridos brasileiros, no estágio maduro, variou de 64,2% a 80,0% do endosperma, com média de 73,1%.

Nos híbridos norte-americanos, a vitreosidade variou de 34,9% a 62,3% do endosperma, com média de 48,2%. O híbrido brasileiro menos vítreo teve maior vitreosidade que o híbrido mais vítreo dos Estados Unidos. Neste estudo, a correlação entre vitreosidade e degradabilidade ruminal foi negativa e alta e teve comportamento bem semelhante ao observado por pesquisadores franceses, trabalhando com outra população de plantas. Por isso, torna-se fundamental processar os grãos a serem fornecidos a animais.

O processamento do milho objetiva, principalmente, aumentar a digestibilidade do amido no trato digestório e, assim, ampliar o teor de energia dos grãos de cereais, o que, de modo geral, resulta em melhor eficiência alimentar dos animais. A diferença em digestibilidade do amido no trato digestório é considerável quando se comparam formas diferentes de processamento deste grão de cereal. A digestibilidade do amido de milho dentado (produzido nos EUA), no trato digestório de bovinos de corte em crescimento e/ou terminação, é menor para grão inteiro, intermediária para grão laminado a seco e maior para grão ensilado úmido ou floculado. Em trabalhos recentes conduzidos no Brasil, com milho *flint* e animais zebuínos terminados em confinamento, foram relatados valores de digestibilidade total do amido de 72,7% a 81,8% para o milho inteiro, de 81,2% a 85,7% para o milho laminado e de 93,3% a 98,7% para o milho floculado.

Grãos de milho não processados (inteiros) ou pouco processados (quebrados, laminados ou moídos grossos) apresentam menor digestão ruminal do amido do que os materiais mais processados, resultando em passagens de quantidades significativas de amido para o intestino delgado. O que poderia se constituir em vantagem energética para estes métodos de processamento acaba não ocorrendo, em virtude da baixa digestibilidade do amido no intestino delgado (de apenas 64,64% para milho inteiro, e 58,83% para o milho laminado). Isso resulta em passagem de quantidades significativas de amido para o intestino grosso, onde a digestibilidade é ainda mais baixa e com maiores perdas energéticas, uma vez que a proteína microbiana formada no intestino grosso é toda excretada nas fezes. O resultado final é a baixa digestibilidade do amido no trato digestório total, com grãos inteiros ou pouco processados. Assim, na conjuntura atual em que o preço do milho está em alta, torna-se fundamental obter maior aproveitamento do milho nas dietas dos animais. Os métodos de processamento aumentam o aproveitamento animal e permitem aumentar a eficiência do sistema.

* ***Flávio Augusto Portela Santos*** *é professor do Departamento de Zootecnia da USP/ESALQ (fapsantos@usp.br),* ***Fernanda Batistel*** *é pós-graduanda em Ciência Animal e Pastagens da USP/ESALQ (fernandabatistel20@usp.br) e* ***Jonas de Souza*** *é pós-graduando em Ciência Animal e Pastagens da USP/ESALQ (jonassouza@usp.br).*

Estudo

Estrutura dos custos de produção do milho no Brasil comparada à de outros países

Mauro Osaki, Lucilio Rogerio Aparecido Alves e Geraldo Sant'Ana de Camargo Barros *

FREEIMAGES / ANDREW PEDEN

Custos agrícolas para produção de milho: estudos podem sinalizar necessidade de políticas ampliem nossa competitividade do produto nacional

O objetivo deste artigo é descrever as estruturas de custos agrícolas para produção de milho no Brasil na primeira e na segunda safra, assim como comparar com as estruturas observadas em outros países, como Argentina e Estados Unidos. As safras de milho avaliadas englobarão o valor médio das temporadas de 2008/09 a 2011/12. Sabe-se que o acompanhamento de custos via orçamentos e os efetivamente realizados é uma das mais importantes ferramentas no gerenciamento de qualquer atividade. Quem não sabe quanto custa seu produto, não sabe se efetivamente está tendo alguma lucratividade. Além disso, independentemente da lucratividade, é preciso ter a estrutura de custos detalhada para se verificar os fatores prós e contras, identificando aspectos que podem ser melhorados. Em termos governamentais, os custos podem ser sinalizadores da necessidade de se fazer uma política que vise a ampliar a competitividade da produção nacional.

COMPARAÇÕES DOS CUSTOS

Iniciando as análises deste trabalho, na Figura 1 constam os custos operacionais e totais e a receita bruta da produção de milho em regiões selecionadas do Brasil, Argentina e Estados Unidos. As regiões avaliadas no Brasil são Cascavel (PR) e Sorriso (MT); na Argentina, Zona Núcleo (principal região produtora do país) e província de Buenos Aires; nos Estados Unidos, os condados de Iowa e Dakota do Norte. O Brasil é o único país produtor que apresenta a opção de semear duas safras de milho em uma mesma temporada de produção. Na Figura 1 esta situação é representada pela região de Cascavel, com BR195PR para safra verão e BR195PR2 para o milho segunda safra. No caso de Sorriso, os produtores semeiam o milho na segunda temporada.

A região paranaense registrou os maiores custos operacionais médios para o milho verão e segunda safra, dentre as regiões pesquisadas, ficando em US$ 114,87/t e US$ 163,64/t, respectivamente. O custo operacional do milho verão, em Cascavel (BR195PR, ficou 31% maior que o custo operacional médio das lavouras de Iowa (US700IA) e 8,8% superior em relação à produção de Dakota do Norte (US400ND). Em comparação às fazendas da Argentina, o milho verão de Cascavel ficou 88,7% mais caro que o da região da Zona Núcleo de Buenos Aires (AR330ZN), 53% maior em relação à região Sul de Buenos Aires (AR700SBA) e 71,8% superior à lavoura da região Oeste de Buenos Aires (AR900WBA). Quanto ao custo operacional do BR195PR2, observa-se que seu valor médio ficou 86,7% mais caro em relação a US700IA e 55% acima da US900ND. O cenário fica mais desvantajoso se comparado com as fazendas argentinas. O custo operacional de BR195PR2 ficou 168,8% maior em relação a AR330ZN,

118% diante da AR700SBA e 144,8% sobre AR900WBA.

A principal razão que explica a desvantagem de produzir milho verão e segunda safra em Cascavel é o elevado desembolso com insumos. No caso do milho verão, os gastos com fertilizantes, sementes, fungicidas e inseticidas tornam a região de Cascavel menos competitiva, em relação às fazendas de Buenos Aires, Iowa e Dakota do Norte. A necessidade de aplicar maior quantidade de macronutrientes no solo de Cascavel se traduz em maiores custos com adubos. Essa justificativa se aplica, também, para o caso do milho segunda safra em Cascavel e Sorriso. O gasto médio com fertilizantes para a produção de milho verão, em Cascavel, foi de US$ 35,89/t, 42,8% mais caro em relação à Iowa, 21,6%adiante de Dakota do Norte, 113% maior que o de AR330ZN, 61% superior a AR700SBA e 67,2% sobre AR900WBA (Figura 2). Para produzir milho segunda safra, o gasto com fertilizantes ficou em US$ 44,09/, em Cascavel, 75,4% mais caro que em Iowa e 161,5% em relação a Zona Núcleo de Buenos Aires. Para a região de Sorriso, o custo foi US$ 30,51/t, o que representa um valor 21,4% superior a Iowa e 81% sobre a Zona Núcleo de Buenos Aires (Figura 2).

As despesas com sementes também chamam atenção, na produção de Cascave, no período de verão, em que o custo de US$ 25,13/t é o maior entre as regiões analisadas. Por outro lado, a região AR330ZN ficou com custo de US$ 10,23/t, equivalente a 40,7% do valor gasto na região paranaense. Ao comparar a região de Iowa com Cascavel, o gasto com semente na fazenda americana é 18% menor que a paranaense. A competitividade diminui, quando se compara os gastos com sementes para a produção de milho em segunda safra. Em relação a Cascavel, a Zona Núcleo de Buenos Aires e a região de Iowa tiveram custos 75% e 49%, respectivamente.

No grupo de defensivos agrícolas, a produção milho (verão e segunda safra)

EMBRAPA / OLIMPIO FILHO

Colheita do milho: no Brasil, operação mecânica, transporte, financiamento do capital de giro, mão de obra e remuneração da terra são os fatores que merecem maior atenção dos produtores

registra gastos com fungicidas e inseticidas, mesmo trabalhando com tecnologias geneticamente modificadas. O controle de percevejos e a quebra de resistência contra lagartas de algumas cultivares motivaram o uso de inseticida. Já o fungicida é utilizado para o controle de mancha foliar (*Phaeosphaeria maydis*), ferrugem (*Puccinia polysora*) e cercospora (*Cercospora zeae-maydis*). O gasto com mão de obra, também, chama a atenção, na produção mundial de milho. Na Argentina, os grandes grupos agrícolas têm incorporado as fazendas de pequeno e médio porte, concentrando os gastos com mão de obra contratada e eliminando o trabalho familia, na atividade. Nos casos dos EUA (Iowa e Dakota do Norte) e do Brasil (Cascavel e Sorriso), ainda se registra a presença de famílias no campo; mas a menor produtividade da lavoura brasileira eleva o custo com mão de obra por tonelada produzida.

O custo com serviço terceirizado é bastante elevado, nas fazendas argentinas. Este resultado se deve à contratação de serviços para o semeio, tratos culturais e colheita da lavoura de milho, justificando também o menor gasto com mão de obra da fazenda. Por outro lado, as lavouras das propriedades norte-americanas e brasileiras realizam as operações mecânicas com equipe e máquinas próprios, o que explica o maior gasto com a mão de obra e a depreciação das máquinas e implementos. O custo da terra também tem elevado o custo de produção do milho, em todas as regiões analisadas. A boa lucratividade do setor agrícola, em anos recentes, em termos gerais, tem feito aumentar a procura por terra, para novos investimentos. O aumento do custo da terra é maior onde não existem novas áreas disponíveis, a exemplo de Iowa, Buenos Aires e Cascavel.

ESTRUTURA DOS CUSTOS NO BRASIL

Na Tabela 1, constam as participações dos itens que compõem a estrutura dos custos agrícolas: os dados indicam que os insumos são os que têm maior representatividade no custo total, para a safra de milho verão, nas três praças avaliadas, no Brasil – Uberaba, MG; Rio Verde, GO e Cascavel, PR. Quanto à sequência de representatividade de outros itens, não são semelhantes e variam para cada região produtora. Mas, independentemente da ordem, nota-se que a remuneração da

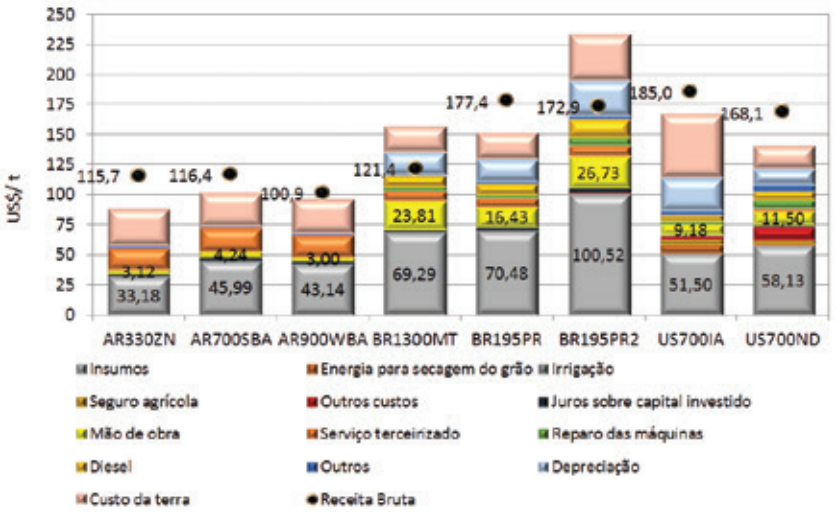
terra, a operação mecânica, o transporte da produção (frete), o financiamento do capital de giro e a mão de obra são os que merecem maior atenção dos produtores, para as duas tecnologias avaliadas.

No caso de milho segunda safra, os gastos com insumos também são os de maior importância, na estrutura do custo total de produção. Os demais itens seguem ordem de importância distinta, para cada região. Mas, em linhas gerais, a operação mecânica, a remuneração da terra, a mão de obra, o transporte da produção e a depreciação são os mais representativos, na estrutura de custo total do milho segunda safra (Tabela 2).

Ao analisar, especificamente, o grupo de insumo, nos últimos anos, observou-se mudança significativa na estrutura de custo de produção de milho verão e segunda safra, com a introdução da tecnologia geneticamente modificada. A elevação de gasto com sementes transgênicas resistentes ao ataque de lagartas e a redução do uso de inseticidas nas lavouras de milho foram as principais alterações observada, nos anos-safras de 2009/10 a 2011/12. Em Uberaba, MG, para a produção de milho verão, a participação da semente do milho convencional (NoGM) respondeu por 20,1%, enquanto a semente geneticamente modificada (GM) representou 32,5%. Este comportamento também se observa em Rio Verde e Cascavel, onde a semente convencional representou 20,8% e 24,3%, respectivamente. Já a semente GM, na mesma ordem, representou 32,0% e 34,3% do custo operacional do item insumo. No caso do milho segunda safra, em Sorriso, MT, a semente do milho GM representou 37,9% dos custos com insumos, contra 22,6% no milho convencional. Em Rio Verde, GO, a semente GM representou 36,3, e a convencional, 22,6%. No caso de Cascavel, a semente GM e convencional representaram, respectivamente, 40% e 25,2% do desembolso médio com insumo, nestas últimas três safras (Figura 3).

O gasto com inseticida na produção

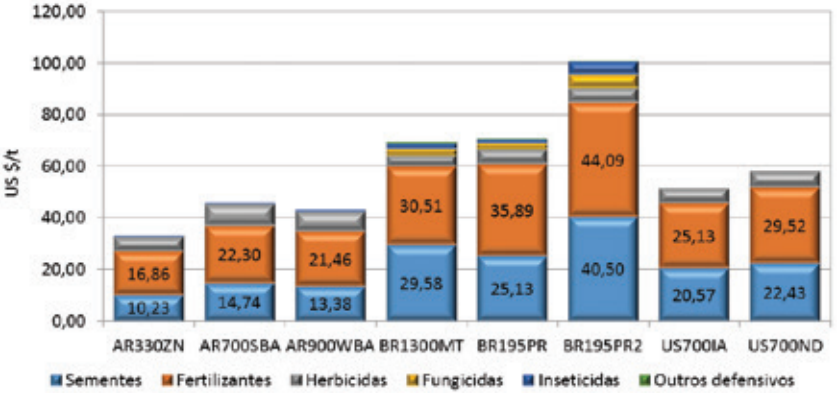
FIGURA 1. ANÁLISE COMPARATIVA DOS CUSTOS DE PRODUÇÃO DO MILHO NA ARGENTINA, EUA E BRASIL; SAFRA 2008/09 A 2010/11 (US$/T)



AR330ZN: propriedade de 330 ha da Zona Núcleo de Argentina; AR700SBA: 700 ha do Sul de Buenos Aires; AR900WBA: 900 ha do Oeste de Buenos Aires; BRI300MT: I.300 ha do Mato Grosso, BRI95PR: I95 ha do Paraná (Oeste); US700IA: 700 ha Iowa, EUA; e US900ND: 900 ha Dakota do Norte, EUA.

Fonte: Agribenchmark – Cepea/vTI, 2011

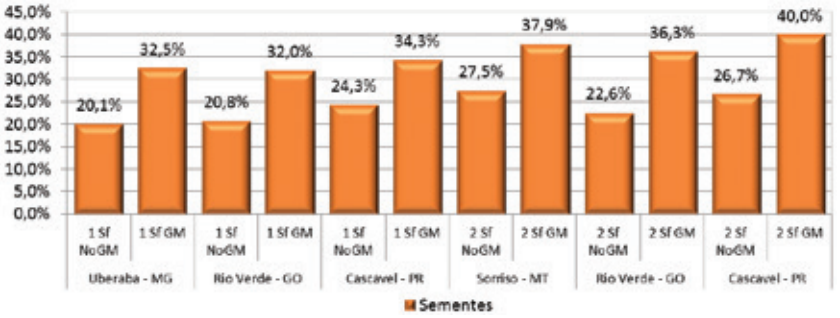
FIGURA 2 | ANÁLISE COMPARATIVA DO CUSTO COM INSUMOS PARA PRODUÇÃO DE MILHO NA ARGENTINA, EUA E BRASIL; SAFRA 2008/09 A 2010/11 (US$/T)



AR330ZN: propriedade de 330 ha da Zona Núcleo de Argentina; AR700SBA: 700 ha do Sul de Buenos Aires; AR900WBA: 900 ha do Oeste de Buenos Aires; BRI300MT: I.300 ha do Mato Grosso, BRI95PR: I95ha do Paraná (Oeste); US700IA: 700 ha Iowa, EUA; e US900ND: 900ha Dakota do Norte, EUA.

Fonte: Agribenchmark – Cepea/Vti, 2011

FIGURA 3 | GASTOS MÉDIOS COM SEMENTES PARA PRODUÇÃO DE MILHO EM REGIÕES SELECIONADAS; SAFRAS 2009/10 A 2011/12



Fonte: Cepea/CNA

de milho utilizando sementes geneticamente modificadas foi reduzido, em relação às variedades convencionais. Na média do período analisado, para o milho verão, na região de Rio Verde, GO, o custo com inseticida para a produção do milho NoGM representava 8,3% do grupo de insumo, enquanto a produção GM foi de 1,4%. Em Cascavel, o gasto com inseticida representava, dentro do grupo insumo, respectivamente 5,0% e 1,1, para a produção de milho NoGM e GM. Em Uberaba, o custo com inseticida representava 3,7% do gasto com o grupo insumo, para a produção de milho NoGM, e 0,7% para GM. Para o milho segunda safra, em Sorriso, o inseticida participa com 8,9% para produção demNoGM, contra 2,4% para GM. Em Cascavel e Rio Verde, os gastos com inseticidas para milho NoGM equivaleram, respectivamente, a 6,7% e 6,1%, enquanto o milho GM gastou 3,6% e 1,8% (Figura 4).

No custo de produção do milho segunda safra, observa-se que a semente tem maior peso no custo com insumo, em relação à safra verão, para as tecnologias convencional e transgênica. Tal situação ocorre devido à menor participação do fertilizante no grupo de insumos, que tem relação com a cultura anterior, exigindo menor quantidade de fertilizante para a segunda safra. O milho segunda safra foi introduzido como opção de rotação de cultura, no final da década de 1990, no Paraná e em estados do Centro-Oeste. Enquanto o produtor não dominava o cultivo nas condições edafoclimáticas de cada região, os investimentos eram mínimos na lavoura. Com o passar dos anos e a maior disponibilidade de sementes precoces da soja e de cultivares de milho adaptadas às diferentes regiões, a produtividade das lavouras aumentou ao longo da década de 2000. Entre as safras 2009/10 e 2011/12, em algumas regiões produtoras, como em Cascavel, PR, o peso da participação da semente GM no custo de produção do milho segunda safra tem superado o gasto com fertilizan-

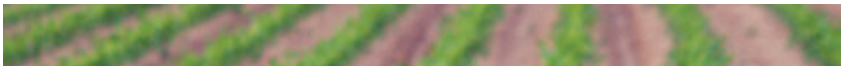


TABELA 1 | PARTICIPAÇÃO MÉDIA DOS ITENS NO CUSTO TOTAL PARA A PRODUÇÃO DE MILHO NA SAFRA VERÃO; 2009/10 A 2011/12

DESCRIÇÃO	UBERABA, MG		RIO VERDE, GO		CASCAVEL, PR	
	NOGM	GM	NOGM	GM	NOGM	GM
Insumos	52,8%	51,3%	52,2%	48,5%	47,0%	45,2%
Operações mecânicas	7,5%	7,6%	9,4%	8,6%	10,8%	7,5%
Transporte da produção	4,8%	5,6%	4,6%	5,9%	5,6%	6,2%
Mão de obra	1,6%	2,5%	3,1%	2,7%	1,4%	2,0%
Comercialização/ armazenamento	2,6%	0,0%	3,2%	0,0%	0,7%	0,0%
Arrendamento	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Impostos	2,0%	2,4%	2,2%	1,9%	2,7%	2,7%
Seguro	0,4%	0,5%	0,6%	0,5%	0,6%	0,6%
Assistência técnica	0,8%	1,3%	0,7%	1,3%	0,7%	1,2%
Financiamento de capital de giro	6,5%	4,5%	6,7%	8,1%	3,7%	3,6%
Depreciação	5,0%	5,8%	7,0%	7,4%	6,7%	6,7%
Remuneração da terra	13,1%	14,0%	6,2%	8,8%	14,8%	18,9%
Juros sobre capital investido	2,9%	4,5%	4,1%	6,2%	5,4%	5,4%

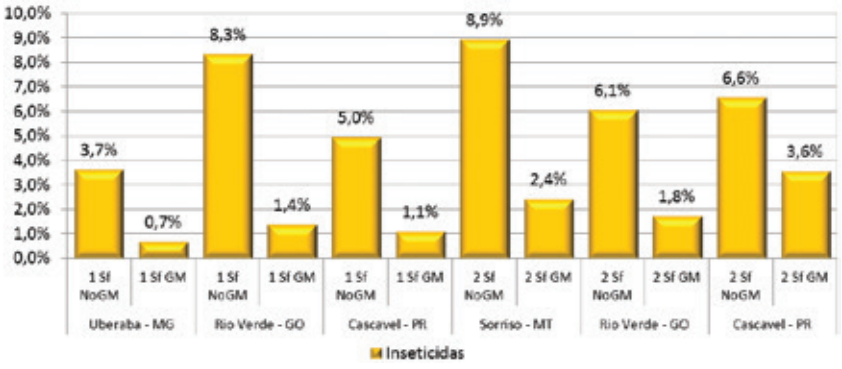
NoGM: Convencional e GM: Geneticamente modificada.
Fonte: Cepea/CNA

TABELA 2 | PARTICIPAÇÃO MÉDIA DOS ITENS NO CUSTO TOTAL PARA A PRODUÇÃO DE MILHO SEGUNDA SAFRA; 2009/10 A 2011/12

DESCRIÇÃO	SORRISO, MT		RIO VERDE, GO		CASCAVEL, PR	
	NOGM	GM	NOGM	GM	NOGM	GM
Insumos	49,7%	46,9%	52,5%	50,5%	48,3%	49,0%
Operações mecânicas	9,0%	8,2%	7,2%	7,5%	12,6%	10,3%
Transporte da produção	5,2%	6,1%	7,2%	7,2%	4,1%	4,8%
Mão de obra	2,6%	2,5%	3,0%	3,5%	1,9%	2,7%
Comercialização/ armazenamento	7,4%	7,8%	0,0%	0,0%	0,9%	0,0%
Arrendamento	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Impostos	1,9%	2,0%	2,7%	2,6%	1,8%	2,1%
Seguro	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%	0,6%	0,7%
Assistência técnica	0,9%	1,2%	1,3%	1,3%	0,9%	1,3%
Financiamento de capital de giro	5,4%	5,8%	6,6%	5,7%	4,8%	5,5%
Depreciação	7,0%	7,2%	6,6%	6,5%	7,7%	7,9%
Remuneração da terra	5,8%	5,8%	7,2%	9,2%	10,0%	9,4%
Juros sobre capital investido	4,5%	5,9%	5,2%	5,5%	6,1%	6,3%

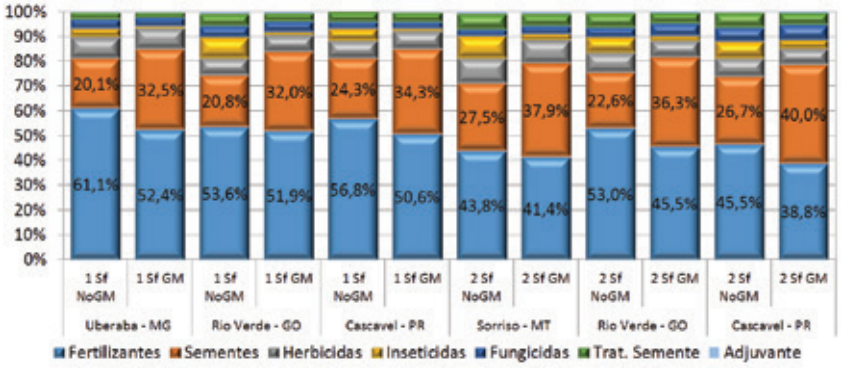
NoGM: Convencional e GM: Geneticamente modificada.
Fonte: Cepea/CNA

FIGURA 4 | GASTOS MÉDIOS COM INSETICIDAS PARA PRODUÇÃO DE MILHO EM REGIÕES SELECIONADAS; SAFRAS 2009/10 A 2011/12



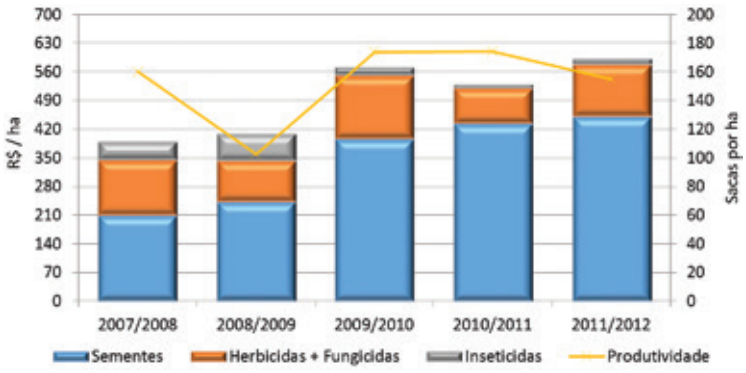
Fonte: Cepea/CNA

FIGURA 5 | GASTOS MÉDIOS COM INSUMOS PARA PRODUÇÃO DE MILHO EM REGIÕES SELECIONADAS; SAFRAS 2009/10 A 2011/12



Fonte: Cepea/CNA

FIGURA 6 | EVOLUÇÃO DOS CUSTOS COM INSUMOS PARA PRODUÇÃO DE MILHO VERÃO EM CASCAVEL (PR); SAFRAS 2007/08 A 2011/12



Fonte: Cepea/CNA

tes. Este fato, que era incomum antes da introdução da tecnologia geneticamente modificada, torna ainda mais importante o planejamento do sistema de produção da propriedade, visto que o semeio da cultura fora da "janela" de produção pode comprometer significativamente a rentabilidade do produtor (Figura 5).

Na Figura 6, consta a evolução dos custos com sementes para a produção de milho verão, na região de Cascavel, entre 2007/08 e 2011/10. O gasto com sementes para produção de milho verão aumentou a uma taxa média de 23,5% a.a., proporcionando uma diferença de custo com sementes de 2,11 vezes, entre 2007/08 e 2011/12. Por outro lado, a produtividade do cereal não apresentou ganho expressivo, aumentando a uma taxa de 4,8% a.a, na região de Cascavel. No caso do inseticida, a nova tecnologia proporcionou a redução nos gastos para as primeiras safra, após a introdução do milho resistente a insetos; mas produtores citam que a resistência está sendo menor, havendo necessidade de aplicação de inseticidas.

* ***Mauro Osaki*** *é técnico de nível superior do Departamento de Economia, Administração e Sociologia da USP/ESALQ, pesquisador do Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (Cepea – USP/ ESALQ) (mosaki@usp.br),* ***Lucilio Rogerio Aparecido Alves*** *é professor doutor do Departamento de Economia, Administração e Sociologia da USP/ESALQ e pesquisador do Cepea – PSP/ESALQ (lralves@usp.br) e* ***Geraldo Sant'Ana de Camargo Barros*** *é professor titular do Departamento de Economia, Administração e Sociologia da USP/ESALQ e coordenador científico do Cepea – USP/ESALQ (gscbarro@usp.br).*

Dinâmica e sistemas de custeio das safras de milho no Estado do Paraná

Robson Mafioletti e Gilson Martins *

O estado do Paraná tem sua base econômica na produção de grãos e carnes. Apresenta grande desenvolvimento no cultivo do milho, tanto para abastecimento da produção industrial, especialmente de rações, quanto para exportação. É o maior produtor de aves e está entre os três maiores produtores de suínos e bovinos de leite, do Brasil. A produção total de milho cresce ano a ano, no Paraná. Um fato curioso é a "inversão das safras" ocorrida no estado. Outrora, a principal safra de milho concentrava-se no verão (primeira safra); e havia uma safra subsequente menor, chamada de safrinha (segunda safra).

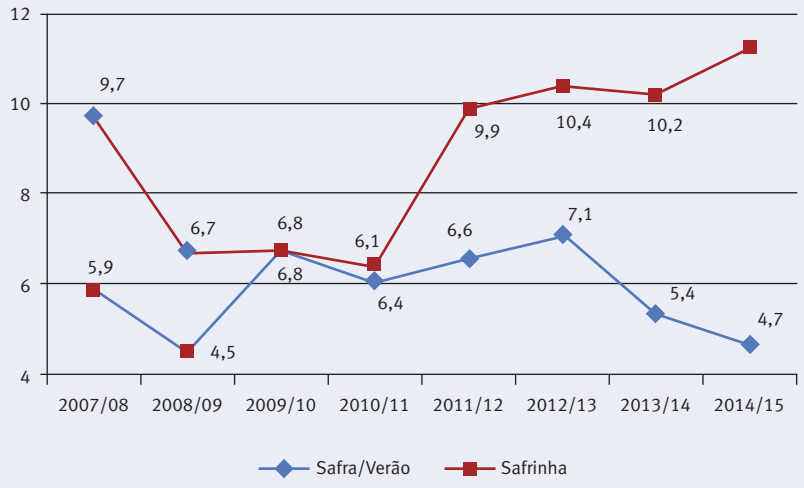
Nos últimos anos, esta relação mudou e o milho de segunda safra ultrapassou, em volume de produção, o milho de primeira safra. Isso é evidenciado na Figura 1, que demonstra a inversão entre as safras de 2009/10 e 2010/11, fato que também ocasionou aumento na produção total. Em 2007/08, o estado produzia 13,6 milhões de toneladas, passando para 15,9 milhões de toneladas em 2014/15, um salto de 17%. Segundo o Departamento de Economia Rural (Deral) da Secretaria da Agricultura e do Abastecimento (**Seab**) do Paraná, com base em agosto de 2015, o custo variável de produção do milho para a safra 2015/16, no estado, estava estimado em R$ 18,28/saca de 60 kg. Deste montante, os custos passíveis de operações de troca (fertilizantes, sementes e agrotóxicos) somavam R$ 12,99/saca de 60 kg, que podem ser financiados via crédito rural ou por relação de troca destes insumos pela produção de milho.

CASE DAS COOPERATIVAS

No caso das cooperativas agropecuárias paranaenses, mais de 80% do custeio da lavoura de milho ocorre via Manual de Crédito Rural (MCR), do Banco Central do Brasil (BCB), que prevê o montante de até R$ 1,2 milhão por mutuário e por safra. Conforme consta no capítulo 3 – MCR 3-2-5 –, a taxa de juros é de 7,5% a.a. para mutuários enquadrados no Programa Nacional de Apoio ao Médio Produtor Rural (Pronamp/BNDES) e de 8,75% a.a. para demais produtores. No capítulo 5 do MCR há, também, o crédito para aquisição de insumos e de bens para fornecimento a cooperados com recurso controlado, limitado por ano agrícola a R$ 500 mil por cooperado. As cooperativas, com atuações em toda a cadeia produtiva do milho, conseguem levantar a demanda por recursos dos cooperados que cultivam o cereal, o suporte através da assistência técnica que conta com mais de 2.200 profissionais – 1.500 engenheiros agrônomos – fazem a transferência de tecnologia, via extensão rural e assessoramento técnico de planejamento da produção. Com base em levantamento feito por esses profissionais, a cooperativa se articula junto aos agentes financeiros para levantar o montante de recursos de crédito rural para aquisição de insumos em larga escala e repasse posterior aos cooperados.

Os agentes mais atuantes no agronegócio paranaense são o Banco do Brasil, a Sicredi (cooperativa de crédito) e a Caixa Econômica Federal (CEF), sendo este último mais recente na oferta de recursos para crédito rural. Via de regra, os recursos de crédito rural de "pré-custeio", levantados nos bancos, propiciam uma negociação favorável junto às indústrias de agroquímicos, fertilizantes e sementes, pois o pagamento é realizado à vista, com recursos do crédito rural. As compras são antecipadas e as campanhas de venda para a safra de verão (semeada a partir de setembro) são realizadas nos

FIGURA 1 | EVOLUÇÃO DA PRODUÇÃO DE MILHO NO PARANÁ, NA PRIMEIRA E NA SEGUNDA SAFRAS (EM MILHÕES DE T.)



Fonte: Seab/Deral; elaboração: Ocepar/Getec; out. 2015

meses de maio e junho e, a partir de 1º de julho, já podem se transformar em financiamentos, dentro do plano agrícola e pecuário do Governo Federal.

Nas regiões do estado com forte participação de cooperativas, os fertilizantes, sementes, herbicidas, inseticidas e fungicidas necessários à produção do milho chegam aos produtores em condições mais vantajosas quando comparadas a regiões em que as cooperativas têm menor presença. Desse modo, ressalta-se que operações de troca, ou barter, em inglês, são menos difundidas no Sul e Sudeste do Brasil, especialmente no Paraná, onde o Sistema Cooperativista responde por 56% da produção agrícola do estado. Também, 92% dos produtores rurais da região são considerados pequenos e médios, cultivando até 100 hectares, sendo plenamente atendidos pelo Sistema Nacional de Crédito Rural (SNCR/BCB) – custeios da safra.

OCEPAR - SAMUEL MILLÉO FILHO

Custos de produção passíveis de operações de troca podem ser financiados via crédito rural ou por relação de troca de insumos pela produção de milho

OPERAÇÕES DE BARTER

As operações de barter têm relevância para o custeio da safra nas demais regiões do Brasil; mas, normalmente, têm custos finais mais elevados para os produtores que as de crédito rural. Nessas negociações, nas paridades, ocorre, geralmente, deságio dos preços dos produtos ou elevação dos preços dos insumos para os produtores, em relação ao mercado. O sucesso das operações de barter depende da paridade (insumos x produto), pois é ela que determina a adesão ou não dos produtores. Outro fator fundamental é a gestão de riscos da operação. No Brasil, registraram-se casos em que os contratos não foram cumpridos, devido ao descolamento do preço de mercado em relação ao estabelecido na paridade ou em momentos de frustração de safra.

A confiança entre os produtores e distribuidores de insumos é fundamental para o sucesso da operação. Assim, as tradings evitam, atualmente, atuar diretamente neste sistema, deixando-os ao encargo das revendas e dos distribuidores regionais, que melhor conhecem os produtores rurais e realizam operações de médio e longo prazo, o que é característico ao setor do agronegócio. Finalmente, é fundamental, para se operar neste mercado, o conhecimento das realidades e dos atores regionais, de modo que ocorra sustentabilidade nas operações. Como citado anteriormente, o modelo não tem sido muito utilizado no Paraná, prevalecendo o custeio da safra via crédito rural oficial.

DINÂMICA DOS PREÇOS

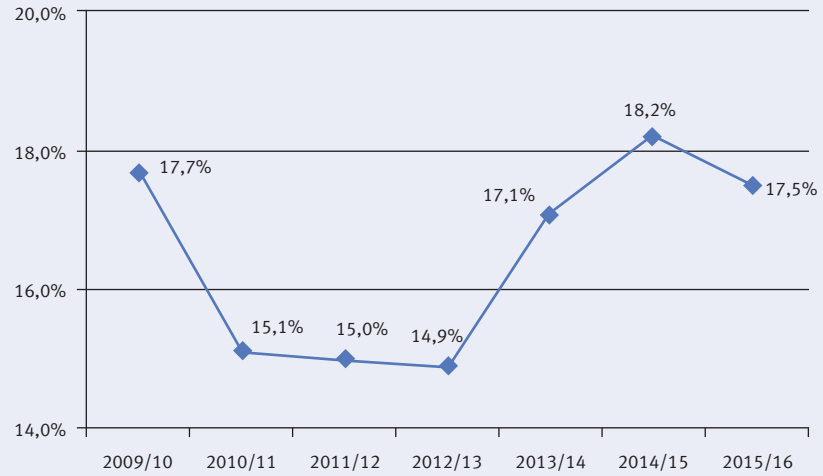
As análises dos preços das commodities agrícolas milho, soja e trigo são de fundamental importância para se entender o mercado e os níveis de rentabilidade dos cultivos. A dinâmica dos mercados agrícolas, na última década, tem dificultado a previsibilidade dos preços, devido a fatores como a globalização e liberalização dos mercados, a destinação dos produtos agrícolas para a produção de energia (etanol e biodiesel) e a financeirização dos mercados, movidos pelos fundos de investimentos, pensão e especulativos no setor.

Os fundos tiveram forte entrada nos mercados agrícolas, entre 2006 e setembro de 2008. Um dos grandes motivos para esse boom dos fundos nos mercados agrícolas foi a aprovação da Lei de Energia nos Estados Unidos, em 2007, que garantiu demanda de mais de 150 milhões de toneladas de milho, para produção de etanol (mandatório de 10% de mistura de etanol na gasolina). Isso alavancou tanto o mercado de milho quanto os de soja e de trigo, devido às substituições de área cultivada e ao consumo dos produtos. Apesar disso, os fatores fundamentais que movimentam o mercado (oferta × demanda) ainda têm peso significativo na determinação dos preços. A relação entre estoque final e consumo é a mais utilizada, uma vez que é de fácil entendimento e inversamente proporcional aos preços internacionais da commodity em análise. Baixas relações de estoque e consumo tendem a influenciar os preços para cima; relações altas ocasionam baixas nos preços.

No mercado de milho, uma relação estoque final/consumo que demonstre equilíbrio no abastecimento e preços mundiais razoáveis parece se situar entre 15% e 20%, considerando-se que a previsão da produção mundial é superior a 978 milhões de toneladas. A safra mundial de milho 2015/16 inicia-se em outubro, com a colheita nos Estados Unidos. Este país possui uma safra estimada superior a 365 milhões de toneladas. Entre junho e outubro de 2015, as cotações do primeiro vencimento em Chicago aumentaram cerca de 10,5%, aproximando da média histórica de US$ 4,0/ bushel.

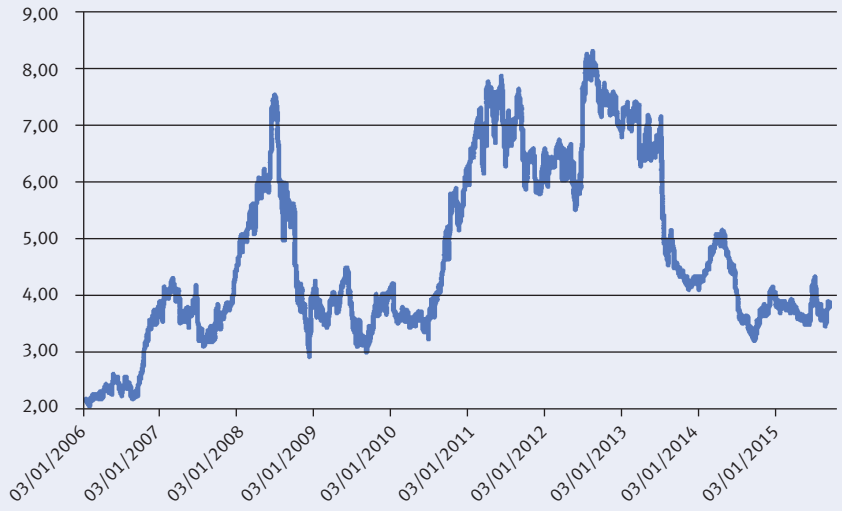
** **Robson Mafioletti** é engenheiro agrônomo, mestre em economia aplicada e coordenador técnico da Organização das Cooperativas do Estado do Paraná (Sistema Ocepar) (robson.mafioletti@sistemaocepar.coop.br) e **Gilson Martins** é engenheiro florestal, doutor em economia industrial e assessor técnico da Organização das Cooperativas do Estado do Paraná (Sistema Ocepar) (gilson.martins@sistemaocepar.coop.br).*

FIGURA 2 | EVOLUÇÃO DA RELAÇÃO ESTOQUE FINAL/CONSUMO (%) DO MILHO MUNDIAL



Fonte: United States Department of Agriculture (USDA); elaboração: Ocepar/Getec; out. 2015

FIGURA 3 | EVOLUÇÃO DOS PREÇOS DO MILHO EM CHICAGO; JAN. 2006 A OUT. 2015*



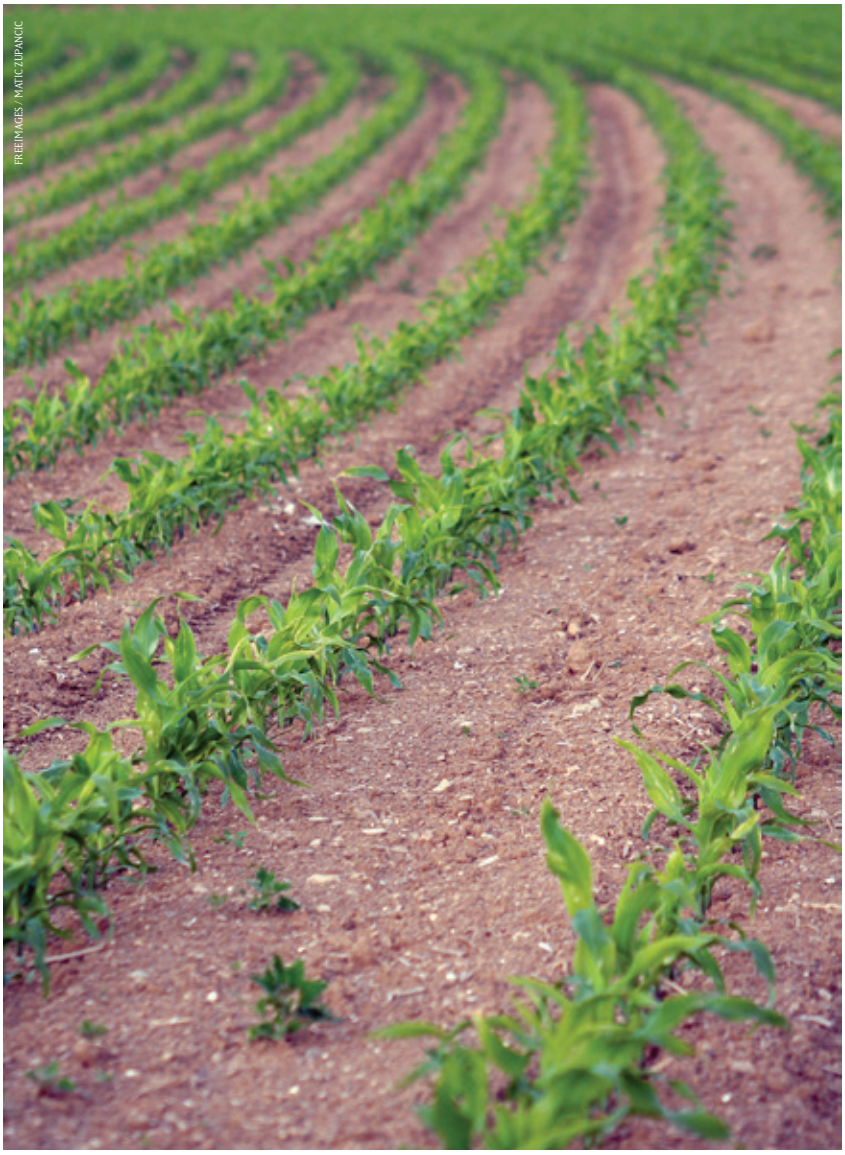
*Bushel de milho = 25,400 kg.

Fonte: CMEGroup; elaboração: Ocepar/Getec; 2015

Indicadores

Referenciais do mercado e formação do preço do milho no Brasil

Lucilio R.A. Alves e Geraldo Sant'Anna de Camargo Barros *



FREEIMAGES / MATIC ZUPANCIC

Volátil, mercado de milho eleva os riscos para agentes envolvidos na cadeia produtiva

Este texto objetiva apresentar algumas breves considerações sobre a formação do preço do milho no Brasil: o crescimento da produção de cereal, puxado principalmente pelo cultivo de segunda safra, faz com que a colheita do grão ocorra de janeiro a setembro de cada ano. Além disso, como a taxa de crescimento da oferta é maior do que a de consumo, há geração de excedentes, que precisam ser exportados. Com isso, atualmente, o mercado brasileiro tem maior relação com o mercado internacional e agentes passam a buscar uma interação entre as cotações externas e internas, visando a antecipar tendências de preços que ajudem na decisão de comercialização.

Em geral, a paridade de exportação é importante para a definição do preço interno. Porém, pode-se afirmar que ainda prevalecem características regionais diferenciadas, que se refletem nos preços do mercado interno. Isso faz com que ocorram diferenças expressivas de oscilações de cotações regionais em uma mesma semana, o que não acontece em muitos outros mercados, como o de soja. Entre os fatores que corroboram as diferenças, podem ser citados os custos do transporte, a tributação complexa e o descompasso entre a oferta e a demanda em diferentes momentos do ano. No geral, o mercado de milho é predominantemente volátil, o que eleva os riscos para os agentes envolvidos na cadeia.

Há duas referências de preços em bolsas de valores que os agentes podem utilizar, visando ao entendimento dos preços futuros da *commodity*: contratos futuros da BM&FBOVESPA e contratos futuros da CME Group (Bolsa de Chicago). Os contratos futuros da Bolsa CME/CBOT (1) são considerados referências para os preços mundiais, apesar de os mesmos terem sido elaborados com base nas condições de oferta e demanda dos Estados Unidos. Para o Brasil, o contrato é recente, especialmente quando se analisa o modelo atual, em que há liquidação financeira. Na BM&FBOVESPA (2), o contrato vigente é um dos mais líquidos dentre os agropecuários da BM&FBOVESPA. A região-base para a formação de preços no contrato futuro da BM&FBOVESPA é a de Campinas, SP.

FREEIMAGES / JANDERSON ARAUJO

No mercado brasileiro, agentes buscam interação entre cotações externas e internas, objetivando antecipar tendências de preços

O contrato futuro de Chicago é 4,7 vezes maior que o da BM&FBOVESPA, equivalente a cerca de 127 toneladas, contra 27 toneladas no Brasil. A cotação nos Estados Unidos é em *cents* de dólares por *bushel* (25,4016 kg), enquanto, no Brasil, é em reais por saca de 60 kg. Outras características importantes são os meses de negociação/vencimento. Os vencimentos comuns, em ambos os contratos, são os meses de março, maio, julho e setembro. Especificamente em Chicago, há o contrato dezembro, enquanto, na BM&FBOVESPA, há, também, os contratos janeiro, agosto e novembro. O último dia de negociação de cada contrato na BM&FBOVESPA é o dia 15 de cada mês, ou o dia útil subsequente, caso no dia 15 a Bolsa estiver fechada. Em Chicago, os contratos vencem no dia útil anterior ao dia 15 do mês de vencimento.

Os procedimentos de liquidação dos contratos é que diferem, sendo praticamente inovadores no Brasil. Nos Estados Unidos, as entregas são de produto físico. Caso o comprador queira receber, há notificação para entrega do produto. No Brasil, a liquidação é financeira. Isto significa que as posições em aberto, após o encerramento do pregão do último dia de negociação, serão liquidadas pela BM&FBOVESPA na data de vencimento, pela média aritmética dos últimos três dias (incluindo o dia de vencimento) do Indicador Esalq/BM&FBOVESPA – elaborado pelo Centro de Estudos Avançados de Economia Aplicada (Cepea) – para a região de Campinas/SP.

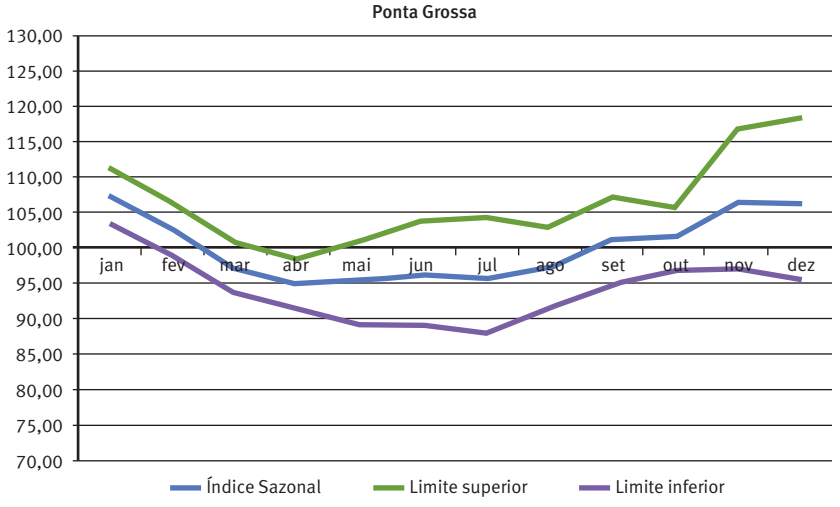
Outra referência considerada importante pelos agentes do mercado é o preço na região de Campinas (SP). Segundo informações da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo (Seab-SP), o estado necessita importar cerca de 45% do milho que consome. Isso faz com que São Paulo – e a região de Campinas, em especial – tenha interação com diferentes estados do Brasil, absorvendo parte das alterações de preços das demais regiões, assim como impactando os preços das mesmas. Vale observar que, da oferta de milho disponível em São Paulo, cerca de 75% são oriundas de primeira safra, fazendo com que compradores do Estado passem a demandar o produto de fora com maior intensidade no segundo semestre.

Para esta região, o Cepea/ESALQ/USP possui um indicador em parceria com a BM&FBOVESPA, chamado de Indicador ESALQ/BM&FBOVESPA, utilizado na liquidação financeira dos contratos futuros da Bolsa. Isso eleva a importância de se analisar o ritmo de negociação no físico nesta região e sua relação com os valores dos contratos futuros. A evolução dos dados e os detalhes da metodologia considerada constam em ‹http://cepea.esalq.usp.br/milho/›. Para melhor entendimento da relação entre os preços das bolsas de futuros e no mercado físico de Campinas, apresenta-se a evolução das cotações entre janeiro de 2010 e dezembro de 2013 (Figura 1). Os dados mostram que os valores da BM&FBOVESPA e do Indicador ESALQ/BM&FBOVESPA são extremamente próximos entre si, distanciando-se apenas quando o primeiro vencimento da Bolsa envolve alguns meses à frente. Todos os valores têm, também, tendências semelhantes de longo prazo, mas há muitos períodos em que as cotações se distanciam. Os casos mais extremos ocorrem quando há fatores climáticos adversos, como a seca de 2012 nos Estados Unidos, que reduziu

FIGURA 1 | EVOLUÇÃO DAS COTAÇÕES DIÁRIAS DOS PRIMEIROS VENCIMENTOS DOS CONTRATOS DE MILHO NA BM&FBOVESPA, NA CME GROUP (BOLSA DE CHICAGO) E NO MERCADO FÍSICO EM CAMPINAS (SP) *

* Indicador ESALQ/BM&FBOVESPA, em R$/saca de 60 kg – jan. 2010-dez. 2013.
Fonte: BM&FBOVESPA, CME Group, Cepea/ESALQ/USP

FIGURA 2 | ÍNDICE DE SAZONALIDADE PARA PREÇOS DE MILHO; REGIÃO DE PONTA GROSSA, PR, JAN. 2006-SET. 2013



Fonte: Elaborado pelos autores

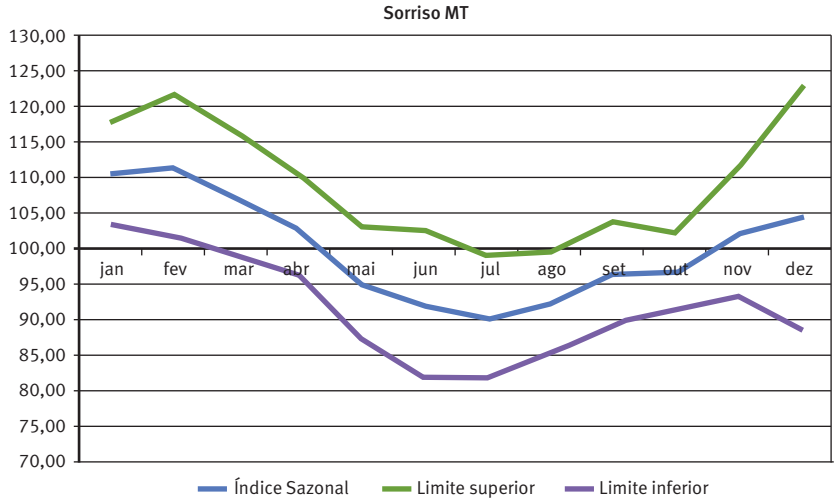
FREEIMAGES / MATIC ZUPANCIC

a oferta daquele país e deixou o milho americano mais caro que o brasileiro.

Em termos regionais, é preciso considerar os períodos de safra e entressafra nas regiões para melhor entendimento das tendências de preços, assim como elaborar um índice de sazonalidade para verificar os padrões médios observados em anos recentes. Considerando preços médios mensais de janeiro de 2006 a setembro de 2013 e selecionando apenas duas regiões do Brasil, observa-se que em Ponta Grossa, em média, os níveis mais baixos de preços foram observados em abril (Figura 2). No entanto, o limite inferior mostra que também pode ser registrada em julho. A maior dispersão do índice foi observada nos meses de novembro e dezembro. Para a região mato-grossense de Sorriso (Figura 3), o índice de sazonalidade mostrou tendência mais clara de preços maiores nos dois primeiros meses de cada ano (entressafra) e preços menores de junho a agosto (pico de safra). Porém, as dispersões foram maiores em vários meses do ano, mostrando maior incerteza na previsibilidade de preços na região.

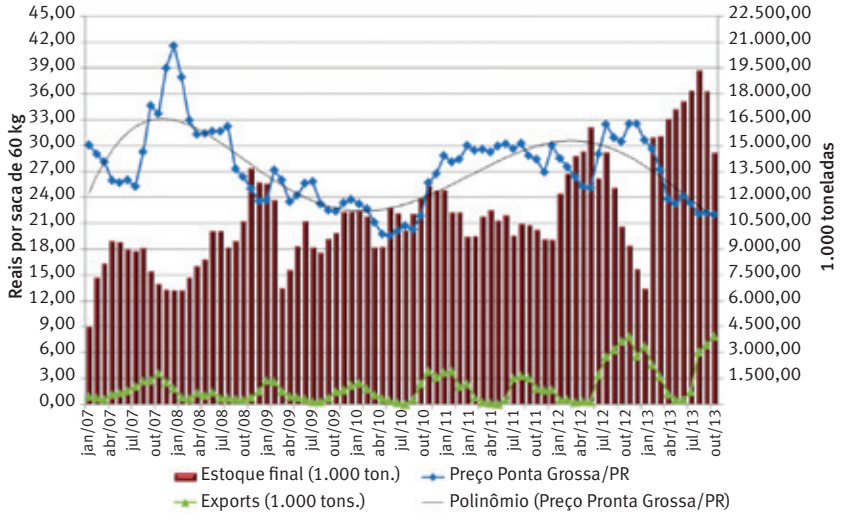
Em nível nacional, diversos fatores podem representar choques não esperados nos preços. Entre as variáveis, podem ser citados os estoques finais previstos para cada ano-safra e o volume mensal de exportação. Os estoques finais são obtidos por meio da subtração da disponibilidade interna pelo consumo interno e exportação. A disponibilidade interna é dada pela soma dos estoques iniciais com a produção e importação no ano-safra em análise. Entre as variáveis consideradas, talvez a que mais sofra ajustes durante o ano seja a exportação de um determinado ano-safra. Para a Companhia Nacional de Abastecimento (Conab), o ano-safra envolve o período de fevereiro a janeiro do ano seguinte. Os estoques finais de um ano-safra, portanto, são os previstos para o final de janeiro. Em março de um ano, por exemplo, a previsão de estoque é para janeiro do ano seguinte. Entretanto,

FIGURA 3 | ÍNDICE DE SAZONALIDADE PARA PREÇOS DE MILHO; REGIÃO DE SORRISO, MT, JAN. 2006-SET. 2013



Fonte: Elaborado pelos autores

FIGURA 4 | PREÇOS MÉDIOS MENSAIS EM PONTA GROSSA, PR – VOLUME MENSAL DE EXPORTAÇÃO E ESTOQUES FINAIS DA SAFRA EM ANDAMENTO; JAN. 2007-OUT. 2013



Fonte: Cepea/ESALQ/USP, Secex e Conab

FREEIMAGES / MATIC ZUPANCIC

os ajustes são feitos até início de fevereiro do ano seguinte, quando os dados efetivos de exportação e consumo são observados.

Se há ajustes nas previsões de exportação, há impacto direto nos estoques finais. Pelos dados da Figura 4, observa-se que toda vez que as exportações efetivas aumentam, os estoques finais decrescem. O inverso também é verdadeiro. Assim, para se antecipar níveis de estoques, é preciso analisar estimativas de exportação futura. Os dados também sinalizam que toda vez que os dados de estoques finais se elevam, os preços médios mensais caem (tomando como referência os preços médios mensais para a região de Ponta Grossa, PR), encontrando sustentação apenas quando as informações de estoques se alteram. Novamente, antecipar volumes de exportação pode sinalizar impactos em estoques e, consequentemente, o impacto inverso sobre os preços. Esta análise, portanto, parece indicar que a variável mais importante de se analisar é a exportação mensal, que resultará no volume total em um determinado ano-safra.

(1) Disponíveis em: ‹http://www.cmegroup.com/trading/agricultural/grain-and-oilseed/corn.html›. Acesso em: 20 set. 2015.

(2) Disponível em: ‹http://www.bmfbovespa.com.br/pt-br/mercados/mercadorias-e-futuros.aspx?idioma=pt-br›. Acesso em: 20 set. 2015.

* ***Lucilio Rogerio Aparecido Alves*** *é professor doutor do Departamento de Economia, Administração e Sociologia da ESALQ/USP e pesquisador do Cepea – ESALQ/USP (lralves@usp.br) e* ***Geraldo Sant'Ana de Camargo Barros*** *é professor sênior do Departamento de Economia, Administração e Sociologia da ESALQ/USP e coordenador científico do Cepea – ESALQ/USP (gscbarro@usp.br).*

Garantias

Mercados futuro e de opções permitem gerenciar preços e reduzir riscos

Fabiana Perobelli, Raphael Hodge Viegas e Vinicius Madrid Vivo*

APPA / RODRIGO LEAL

Mercado do milho: risco de preço está associado à possibilidade de oscilação indesejada, que reduz rentabilidade

Nas últimas décadas, o agronegócio brasileiro tem passado por constante profissionalização em todas as etapas do processo produtivo e de comercialização, tornando-se relevante na geração e exportação de diversos produtos agropecuários (Tabela 1). Sua manutenção nesse patamar exige a busca constante por instrumentos modernos de produção e comercialização para mitigar riscos de preço. O risco de preço está associado à possibilidade de uma oscilação indesejada, que pode resultar na redução da rentabilidade. Assim, é importante que os agentes busquem instrumentos de garantia ao tomarem suas decisões de produção. O crescimento das negociações com mercados futuros e opções, no Brasil e nas demais bolsas do mundo, reflete a necessidade e o interesse dos agentes por estes instrumentos eficientes de gerenciamento de risco.

A Figura l traz a evolução dos volumes negociados, de futuro e opções agropecuárias, na BM&FBOVESPA. Na comercialização contemporânea, os produtores agropecuários associam o processo de produção ao momento de venda da mercadoria; ao antecipar o processo de venda, podem garantir rentabilidade às suas atividades, sem precisar se expor ao preço de mercado quando forem entregar seus produtos aos compradores. Dada a imprevisibilidade dos preços e a não associação da comercialização ao processo produtivo, podem-se verificar reduções expressivas nas margens de rentabilidade. A Tabela 2 traz uma medida de sensibilidade sobre a imprevisibilidade dos preços: são apresentadas as volatilidades anuais para os diversos produtos agropecuários, desde 2003.

GARANTIA ANTECIPADA

Para garantir, antecipadamente, o preço de venda ou de compra, os agentes podem utilizar os mercados futuros e de opções, disponíveis para negociações na BM&FBOVESPA. Para operar nesses mercados, é desejável que os agentes conheçam seu custo de produção em reais e em dólares – já que alguns insumos são adquiridos com base na moeda americana. Com esta informação, podem avaliar se os preços cotados na Bolsa remuneram ou não sua atividade. Além disso, os agentes devem trabalhar com a ideia de formação de um preço médio; ou seja, vender (ou comprar) aos poucos, sempre que o preço remunerar sua atividade. O produtor, quando fixa seu preço de venda e trava a variação cambial na BM&FBOVESPA, faz um hedge (seguro, cobertura) de venda de seus animais ou de sua produção. Se o preço do milho, por exemplo, cair, ele receberá a diferença entre o preço fixado anteriormente e o preço desvalorizado, compensando, assim, a desvalorização ocorrida no mercado físico. Por outro lado, se o preço subir, o produtor pagará a diferença entre o preço fixado anteriormente e o preço valorizado. Note que, se o preço cair, o produtor estará protegido e, se o preço subir, apenas deixará de ganhar – mas, neste caso, considerando-se que ele havia definido um preço de venda na Bolsa que considerava suficiente para a rentabilidade desejada. Este é o princípio do mecanismo de hedge – garantir ou fixar um determinado preço que o produtor considera adequado à sustentabilidade do seu negócio, ao longo do tempo.

Temos também, como exemplo, o caso do pecuarista confinador, que tem necessidade de garantir um preço de compra para o milho e poderá fixá-lo na BM&FBOVESPA. Neste caso, ele faz um *hedge* de compra de milho; se o preço do milho subir, receberá a diferença entre o preço fixado anteriormente e o preço valorizado, compensando assim, o aumento ocorrido no mercado físico. Por outro lado, se o preço cair, o confinador pagará a diferença entre o preço fixado anteriormente e o preço desvalorizado. Observe que, se o preço subir, o confinador estará protegido e, se o preço cair, ele apenas deixará de ganhar. Tanto no hedge de venda quanto no de compra, o agente estará definindo um momento futuro para o vencimento de seu contrato. Porém, em uma inversão de preços, em que deixa de ganhar, poderá efetuar uma operação inversa na Bolsa e sair do contrato, evitando possíveis desembolsos desnecessários, como será analisado mais à frente.

A Figura 2 traz o comportamento do preço à vista do milho em Campinas e do vencimento em setembro de 2013, como exemplos de ajustamentos. Note que, durante o período de negociação do contrato com vencimento em setembro de 2013, os preços negociados atingiram a máxima de R$ 33,28/saca e a mínima de R$ 22,23/saca. Ou seja, o movimento dos ajustes do contrato acompanhou as oscilações do preço à vista, convergindo para este mais próximo do vencimento, que fechou a R$ 25,28/saca. Portanto, durante o período de negociação, ocorreram diversas oportunidades de fixação, vantajosas tanto para compradores quanto vendedores.

Com o uso do mercado futuro, os agentes podem planejar melhor suas atividades. Ao fixar seus preços de venda, determinam o quanto irão produzir de acordo com o retorno que poderão obter. No dia a dia dos negócios, os produtores continuarão vendendo o milho para seus parceiros comerciais, com os quais mantêm relações de negócios; porém, o preço de venda não será conhecido apenas no momento da entrega da produção para a cooperativa ou para a *trading*, mas sim no momento da fixação de preço na BM&FBOVESPA.

Vale destacar que os agentes podem liquidar seus contratos a qualquer momento, realizando a operação inversa. Caso tenham vendido 40 contratos, deverão comprar 40 contratos. Caso decidam permanecer até o vencimento, o contrato será liquidado pelo preço médio dos últimos três dias úteis, de acordo com o Indicador à vista USP/ESALQ/BM&FBOVESPA. A BM&FBOVESPA disponibiliza, para negociação, os seguintes produtos agropecuários: açúcar, etanol anidro, etanol hidratado, café arábica, milho, soja e boi gordo; e o produto de dólar. A Tabela 3 traz um resumo dos produtos; mais detalhes podem ser obtidos no site da BM&FBOVESPA (‹www.bmfbovespa.com.br› Acesso em: 20 set. 2015).

MERCADO DE OPÇÕES

O mercado de opções é outra modalidade operacional de fixação de preços para uma data futura. O produtor ou investidor pode negociar contratos através da compra de uma opção de venda (*put*) ou da compra de uma opção de compra (*call*), pagando por elas um prêmio ao vendedor (lançador) da opção. O comprador, ao pagar o prêmio ao vendedor da opção, detém o direito, mas não a obrigação, de exercê-la em uma data futura. Porém, o lançador possui uma obrigação futura, caso o titular exerça seu direito.

TABELA 1 | PARTICIPAÇÃO DO BRASIL NA PRODUÇÃO E EXPORTAÇÃO MUNDIAL

PRODUTO	AÇÚCAR	AVES	CAFÉ	CANA-DE-AÇÚCAR	CARNE	MILHO	SOJA	SUCO DE LARANJA	SUÍNOS	TABACO
Ranking de produção	1º	3º	1º	2º	2º	4º	2º	1º	4º	2º
Ranking de exportação	1º	1º	1º	1º	1º	3º	2º	1º	4º	1º

Fonte: USDA (Departamento de Agricultura dos Estados Unidos)

TABELA 2 | VOLATILIDADES ANUALIZADAS PARA DIVERSOS PRODUTOS AGROPECUÁRIOS*

PRODUTO/ANO	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Açúcar	13,6	13,1	9,6	8,1	7,2	6,0	8,8	12,5	9,4	8,7
Boi gordo	3,9	2,4	6,0	6,7	4,6	5,8	8,0	8,1	6,7	6,6
Café	28,1	32,4	37,3	24,5	19,9	23,6	17,2	21,6	23,2	23,9
Milho		8,4	9,6	11,7	9,9	9,7	8,9	12,7	11,7	13,6
Soja				17,3	14,7	25,5	20,0	14,6	18,1	17,6

** Volatilidade estimada através de suavização exponencial (EWMA), com fator de decaimento λ = 0,94.*
Fonte: Cepa/USP/ESALQ; Elaboração: BM&FBovespa

TABELA 3 | RESUMO DOS PRODUTOS AGROPECUÁRIOS DA BM&FBOVESPA

CONTRATO	CÓDIGO	COTAÇÃO	LIQUIDAÇÃO	MESES DE VENCIMENTO	FUTURO	OPÇÃO
Café arábica	ICF	USD por 60 kg	Entrega física	H, K, N, U, Z	Sim	Sim
Boi gordo	BGI	BRL por @	Financeira	Todos os meses	Sim	Sim
Milho	CCM	BRL por 60 kg	Financeira	F, H, K, N, Q, U, X	Sim	Sim
Soja	SFI	USD por 60kg	Financeira	H, J, K, M, N, Q, U,X	Sim	Sim
Minissoja CME	SJC	USD por 60kg	Financeira	F, H, K, N, Q, U, X	Sim	Não
Açúcar cristal	ACF	BRL por 50kg	Financeira	G, J, M, U, Z	Sim	Sim
Etanol hidratado	ETH	BRL metro cúbico	Financeira	Todos os meses	Sim	Sim
Etanol anidro	ETN	BRL metro cúbico	Entrega física	Todos os meses	Sim	Não

Fonte: BM&FBovespa

Crescimento de negociações com mercados futuros e opções, no Brasil e no mundo, reflete interesse de agentes por gerenciamento de risco

FREEIMAGES / WILLIAM SCHENOLD

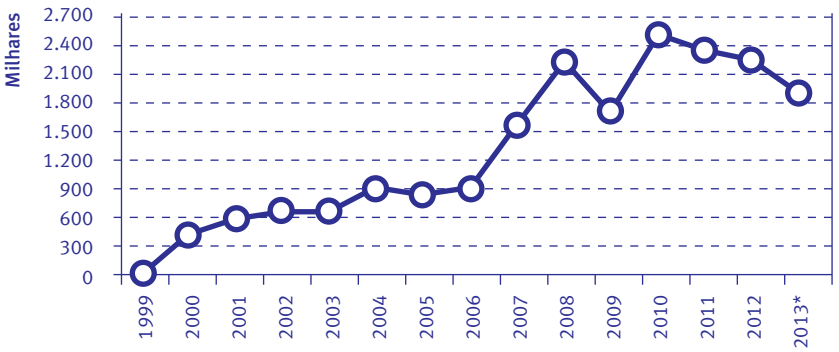
O mercado de opções possui risco limitado e controlável para o comprador. Considerar-se-á um exemplo de opção, para o mercado de milho: o produtor pagará o prêmio de R$ 1,17/saca ao vendedor, para ter o direito de fixar o preço de venda do milho, em novembro, a R$ 24,00/saca. Se no vencimento o preço do milho no mercado físico estiver acima de R$ 24,00/saca – por exemplo, em R$ 30,00/saca –, o produtor não precisa (não é atrativo) exercer seu direito. Venderá o milho para o comprador a R$ 30,00/saca no físico e terá gasto R$ 1,17/saca, pelo prêmio do seguro. A opção é duplamente vantajosa: o produtor compra um seguro contra a queda de preços e não deixa de ganhar com uma possível alta nos preços. Para qualquer preço, no mercado físico, abaixo de R$ 22,83/saca (R$ 24,00 – R$ 1,17) compensará exercer a opção de venda, pois a receita líquida na opção será maior.

No geral, os mercados futuros e de opções do milho são importantes alternativas para que produtores e consumidores do produto façam seguros de preço. Dadas as incertezas que existem na produção e comercialização, é importante garantir, de forma antecipada, o preço de venda ou de compra para uma parte da produção ou do consumo. Para operar os contratos futuro e de opções do milho e demais agropecuários, deve-se procurar uma corretora associada à BM&FBOVESPA.

Fabiana Perobelli *é gerente de produtos do agronegócio da BM&FBovespa (fperobelli@bvmf.com.br),* ***Raphael Hodge Viegas*** *é analista de mercado agropecuário da BM&FBovespa (rviegas@bvmf.com.br) e* ***Vinicius Madrid Vivo*** *é analista de mercado agropecuário da BM&FBovespa (vvivo@bvmf.com.br).*

FREEIMAGES / WILLIAM SCHENOLD

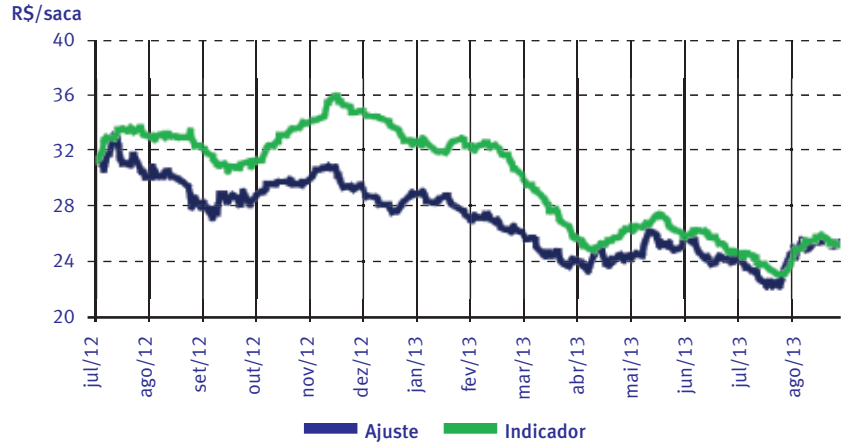
FIGURA 1 | EVOLUÇÃO DO VOLUME DE CONTRATOS (UNIDADES) NEGOCIADOS DE FUTUROS E DE OPÇÕES AGROPECUÁRIAS NA BM&F/BOVESPA



*Dados de 2013, até 1º de novembro.

Fonte: BM&FBovespa

FIGURA 2 | EVOLUÇÃO DO INDICADOR DO PREÇO À VISTA DO MILHO E VENCIMENTO EM SETEMBRO DE 2013



Fonte: BM&FBovespa

L-lisina, aminoácido derivado do milho, potencializa eficiência de rações

Além do uso direto do milho na nutrição animal, seus açúcares geram matéria prima para diversos processos biotecnológicos, originando uma variedade de compostos de interesse. Destaca-se a produção de aminoácidos essenciais, como a L-lisina, por biorrefinarias – grandes complexos industriais baseados no milho. As biorrefinarias têm por objetivo diversificar e agregar valores à cadeia produtiva do grão, e já são uma realidade no Brasil, assim como nos demais grandes produtores do cereal, como EUA e China. A lisina é um aminoácido limitante na formação de proteínas usado como suplemento em rações para aves e suínos, melhorando as taxas de crescimento e reduzindo os impactos ambientais da pecuária. Para sua produção, a dextrose, obtida da hidrólise do amido de milho, é convertida por bactérias em biorreatores, por fermentação. O caldo resultante é, então, concentrado e granulado. A biomassa e os compostos remanescentes, conferem valor nutricional adicional, usados como aditivos em rações modernas. Com o incremento e a profissionalização da produção mundial de carnes, em especial a avicultura e a suinocultura, a demanda por nutrição eficiente, econômica e sustentável tende a crescer. Nesse sentido, a produção de aminoácidos potencializa a eficiência do uso do milho, na atividade pecuária. Informações: Thiago Innocenti (thiago.innocenti@evonik.com) e Murillo Villela (murillo.villela@evonik.com).

Milho biofortificado com pró-vitamina A tem como foco programas sociais

A Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) disponibilizou no mercado, recentemente, uma cultivar de milho denominada BRS 4104 com quantidades de pró-vitamina A (carotenóides) cerca de quatro vezes superior à encontrada em cultivares comuns. A pró-vitamina A se transforma em vitamina A no organismo, a partir de reações químicas. Entre suas funções, estão a manutenção de boa visão, pele saudável e bom funcionamento do sistema imunológico. Sua falta no organismo humano resulta na hipovitaminose A, considerada um dos principais problemas de nutrição no mundo, deficiência associada à perda de visão em crianças. A produtividade média da cultivar é de 5.600 kg/ha; mesma média de outras variedades já lançadas pela Embrapa. Por ser uma variedade, a cultivar tem menor potencial produtivo que os híbridos; mas, por outro lado, suas sementes podem ser plantadas novamente em safras seguintes. O foco da nova cultivar são as comunidades carentes e o uso em programas sociais, como o Programa Nacional de Alimentação Escolar (Pnae). O trabalho de transferência de tecnologia vem sendo feito pela Embrapa por meio da multiplicação de sementes biofortificadas pelas comunidades parceiras. Contatos para mais informações: Paulo Evaristo de O. Guimarães (paulo.guimaraes@embrapa.br), Lauro José Moreira Guimarães (lauro.guimaraes@embrapa.br), Maria Cristina Dias Paes, (cristina.paes@embrapa.br) e Rodrigo Veras da Costa (rodrigo.veras@embrapa.br) – todos são pesquisadores da Embrapa Milho e Sorgo.

Mudança de cardápio: da cana-de-açúcar para o milho

O cupim *Heterotermes tenuis* (Isoptera: Rhinotermitidae) é uma praga importante para a cultura da cana-de-açúcar, devido à sua ampla distribuição em canaviais dos estados de São Paulo, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Goiás e Paraná. Embora esteja também relacionada à fase inicial de estabelecimento da cultura do milho, poucos são os relatos da ocorrência desta praga durantes outras fases de desenvolvimento do cereal. Na safra 2014/15, foi constatado o ataque de cupins subterrâneos em experimentos do programa de avaliação de cultivares de milho safrinha, para plantio em Tocantins. Em virtude das injúrias provocadas no sistema radicular e nas galerias formadas no interior do colmo, associadas à presença de fungos saprófitas, foi observado que cerca de 10% das plantas atacadas ficaram frágeis e quebraram facilmente, pela ação de ventos ou pelo próprio peso da espiga, na base do primeiro internódio. Ninfas e soldados foram coletados no solo e nos colmos de plantas de milho atacadas para fins de identificação da espécie, por meio da análise de caracteres morfológicos e do uso chave taxonômica, sendo identificada a espécie *Heterotermes tenuis* Hagen (Isoptera: Rhinotermitidae). Trata-se de uma praga polifaga considerada importante para cultura da cana-de-açúcar, em várias regiões produtoras do Brasil. A região de Pedro Afonso (TO), onde foi verificado o ataque de *H. tenuis* em milho safrinha, além de ser um polo produtor de grãos, também se destaca na produção de cana-de-açúcar, com extensas áreas plantadas. Portanto, há hipótese de que esta espécie, além de atacar os canaviais da região, também tem potencial para atacar outras culturas, como é o caso do milho safrinha, um fato novo. Com a intensificação dos sistemas de produção na fronteira agrícola do Matopiba e considerando a capacidade adaptativa dos insetos-praga, assim como a polifagia de muitas espécies (caso dos cupins subterrâneos), fatos como os aqui relatados podem se tornar mais frequentes. Estudos de monitoramento e caracterização das mudanças em ataques de insetos-praga são extremamente importantes para estabelecimento de programas de manejo de pragas (MIP). Mais informações com: Daniel de Brito Fragoso, engenheiro agrônomo da Embrapa Arroz e Feijão/Pesca e Aquicultura (daniel.fragoso@embrapa.br); Rodrigo Veras da Costa, engenheiro agrônomo da Embrapa Milho e Sorgo/Pesca e Aquicultura (rodrigo.veras@embrapa.br) ou Rodrigo Estevam Munhoz de Almeida, engenheiro agrônomo da Embrapa Pesca e Aquicultura (rodrigotxarli@yahoo.com.b).

arteria

EXISTEM OS PRODUTORES E OS PRODUTORES INOVADORES. DE QUE LADO VOCÊ ESTÁ?

BAYER

Veritas®

Chegamos para inaugurar uma nova era. Veritas, um produto com ação sistêmica, atuando nas culturas de soja e feijão. Sua tecnologia inédita promove o transporte intracelular do Cálcio, garantindo maior fixação das flores na fase da florada. Ou seja, produtividade além do máximo desejado por hectare. Isso é eficiência de cultivos. **Essa é para você que está à frente do seu tempo.**

Veritas - A diferença entre produzir e produzir de verdade.

Converse Bayer
0800 011 5560
www.bayercropscience.com.br

Bayer CropScience
Se é Bayer, é bom

VISÃO agrícola

ISSN 1806-6402
www.esalq.usp.br/visaoagricola
visaoagricola@usp.br

Faça seu pedido

Nome:

Endereço:

Bairro:

Cidade:

Est.: CEP:

Tel.: Fax:

e-mail:

Empresa:

CNPJ:

IE:

Data:

Assinatura:

Aquisição e/ou reserva de exemplares avulsos, marque abaixo o(s) exemplar(es) que deseja:

( ) nº 1 – Cana-de-açúcar
( ) nº 2 – Citrus
( ) nº 3 – Bovinos
( ) nº 4 – Florestas
( ) nº 5 – Soja
( ) nº 6 – Algodão
( ) nº 7 – Pós-colheita
( ) nº 8 – Agroenergia
( ) nº 9 – Plantio Direto
( ) nº 10 – Agricultura e sustentabilidade
( ) nº 11 – Aquicultura
( ) nº 12 – Cafeicultura
( ) nº 13 – Milho

Como adquirir sua revista:
Favor enviar o comprovante de depósito com os dados pessoais (nome completo, instituição, endereço completo, telefone e *e-mail*), informando o(s) número(s) avulso(s) que deseja receber para o endereço ou para o *e-mail*:
Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz
CNPJ: 48.659.502/0001-55
Banco do Brasil (001) – Agência 3149-6 – conta 4008-8
Encaminhar para:
USP/ESALQ – Visão Agrícola
End.: Av. Pádua Dias, nº 11 CP 9
Prédio da Pesquisa, Cultura e Extensão Universitária
Piracicaba SP 13418-900
visaoagricola@usp.br
tel. (19) 3429 4249

O valor de cada exemplar pode ser consultado no site:
www.esalq.usp.br/visaoagricola

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Reitor
Marco Antonio Zago

Vice-Reitor
Vahan Agopyan

Pró-Reitora de Cultura e Extensão Universitária
Maria Arminda do Nascimento Arruda

ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA "LUIZ DE QUEIROZ"

Diretor
Luiz Gustavo Nussio

Vice-Diretor
Durval Dourado Neto

Prefeito do Campus USP "Luiz de Queiroz"
Fernando Seixas

Presidente da Comissão de Cultura e Extensão Universitária
Pedro Valentim Marques

VISÃO AGRÍCOLA

Editor Responsável
Nelson Sidnei Massola Júnior

Apoio Editorial
Luciana Joia de Lima

Conselho Editorial
Evaristo Marzabal Neves
Suplente: Lucílio Rogério Ap. Alves
Gerson Barreto Mourão
Suplente: Carla Maris Machado Bittar
João Roberto Spotti Lopes
José Alexandre Melo Demattê
Suplente: Paulo Sérgio Pavinato
Lindolpho Capellari Júnior
Suplente: Flávio Bertin Gandara Mendes
Luiz Carlos Estraviz Rodrigues
Suplente: Mario Tomazello Filho
Mateus Mondin
Marta Helena Fillet Spoto
Suplente: Thais Maria Ferreira de Souza Vieira
Simone Rodrigues da Silva
Suplente: Marcel Bellato Sposito
Sônia Maria De Stefano Piedade
Suplente: Arquimedes Lavorenti
Thiago Libório Romanelli
Suplente: Marcos Milan

Coordenadores
Antonio Luiz Fancelli
Lucilio Rogério Ap. Alves
Rodrigo Estevam Munhoz de Almeida

Colaboradores – 13ª edição
Adriano Adelcino Anselmi
Aildson Pereira Duarte
Alexandrius de Moraes Barbosa
Aline Marques Bortoletto
Aluízio Borém
Ana Carolina Leme Castellucci
André Ricardo Alcarde
Antonio Luiz Fancelli
Caio Augusto de Castro Grossi Brunharo
Carlos A. Forcelini
Celso Omoto
Crébio José Ávila
Durval Dourado Neto
Eduardo Fávero Caires
Eduardo Micotti da Gloria
Eduardo Zavaschi
Evandro Chartuni Mantovani
Fabiana Perobelli
Fernanda Batistel
Flávio Augusto Portela Santos
Geraldo Sant'Ana de Camargo Barros
Gilson Martins
Godofredo César Vitti
Gustavo Dias Almeida
Gustavo Maia Souza
Gustavo Vitti Môro
Irineu Lorini
João Domingos Rodrigues
João Luiz Pratti Daniel
Jonas de Souza
José Laércio Favarin
Jose Paulo Molin
Klaus Reichardt
Leonardo Sologuren
Lucilio Rogerio Aparecido Alves
Luiz Gustavo Nussio
Marcelo Rodrigues Alves de Figueiredo
Marco Antonio Tavares Rodrigues
Marcos Henrique Feresin Gomes
Maria Antonia Calori Domingues
Mário Inomoto
Marisa Aparecida Bismara Regitano d'Arce
Marta Helena Fillet Spoto
Mauro Osaki
Oderlei Bernardi
Pedro Jacob Christoffoleti
Pedro Patric Pinho Morais
Quirijn de Jong van Lier
Rafaela Alenbrant Migliavacca
Raphael Hodge Viegas
Ricardo Ferraz de Oliveira
Roberto Fritsche-Neto
Robson Mafioletti
Rodrigo Estevam Munhoz de Almeida
Ronaldo José Durigan Dalio
Samuel Luiz Fioreze
Sérgio F. Paschoalati
Silas Maciel de Oliveira
Sueli Strazzi
Thais Maria Ferreira de Souza Vieira
Thiago A. de Melo
Thiago Augusto de Moura
Vinicius Madrid Vivo

Instituições convidadas 13ª edição
Associação Brasileira das Indústrias do Milho (Abimilho)
Basf
BM&FBovespa
Centro Apta Citros Sylvio Moreira – IAC/ Cordeirópolis
Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA – USP)
Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (Cepea) – USP/ ESALQ
Clarivi Consultoria, Assessoria e Inteligência de Mercado
Embrapa Agropecuária Oeste
Embrapa Milho e Sorgo
Embrapa Pesca e Aquicultura
Embrapa Soja
Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ – USP)
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV) – Unesp
Instituto Agronômico de Campinas (IAC)
Instituto de Biociências – Unesp
Monsanto Company
Organização das Cooperativas do Estado do Paraná (Sistema Ocepar)
Universidade de Passo Fundo (UPF)
Universidade do Oeste Paulista (Unoeste)
Universidade Estadual de Maringá (UEM)
Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG)
Universidade Federal de Pelotas (UFPEL)
Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)
Universidade Federal de Viçosa (UFV)

Edição geral
Pyxis Editorial e Comunicação
Tels. (11) 3564-2930; 99967.3265
www.pyxisnet.com.br
Revisão de textos:
Adele Motta

Projeto gráfico e editoração eletrônica
Fonte Design
Tel. (11) 3864-8974
www.fontedesign.com.br

Características da publicação
Número de páginas: 172
Tiragem: 1000
Foto capa: Rodrigo Almeida
Obs.: Os créditos das fotos usadas como figuras técnicas são, quando não indicados, de responsabilidade do(s) autor(es) dos artigos a elas correspondentes.

Agradecimentos
Associação Brasileira de Sementes e Mudas (Abrasem)
Associação Brasileira dos Produtores de Milho (Abramilho)
Embrapa Milho e Sorgo
Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz (Fealq)
José Adilson Milanêz
Organização das Cooperativas do Estado do Paraná (Ocepar)

USP/ESALQ
Av. Pádua Dias, 11 CP9, 13418-900
Piracicaba, SP CNPJ 63.025.530/0025-81
PABX: (19) 3429-4100
www.esalq.usp.br
diretor.esalq@usp.br

FEALQ

FUNDAÇÃO DE ESTUDOS AGRÁRIOS
LUIZ DE QUEIROZ

Av. Centenário, 1080
13416-000 Piracicaba, SP
Fone: 19 3417.6600

A serviço da ciência
e da tecnologia

www.fealq.org.br | fealq@fealq.org.br

Visão Agrícola

Conteúdo técnico com qualidade editorial

Anuncie em *Visão Agrícola*

Conteúdo produzido por uma instituição pioneira, com mais de cento e dez anos de ensino, pesquisa e extensão, reconhecida no Brasil e no Exterior.

Visão Agrícola atinge um público especializado, composto por profissionais, empresários, estudantes e técnicos das diversas áreas das ciências agrárias.

Adquira um exemplar

Visão Agrícola chega com este exemplar à sua décima terceira edição, cada uma delas enfocando de forma abrangente e detalhada uma área relevante da agricultura brasileira. As edições anteriores continuam disponíveis para os interessados:

nº 1 – Cana-de-açúcar
nº 2 – Cítrus
nº 3 – Bovinos
nº 4 – Florestas
nº 5 – Soja
nº 6 – Algodão
nº 7 – Pós-Colheita
nº 8 – Agroenergia
nº 9 – Plantio Direto
nº 10 – Agricultura e Sustentabilidade
nº 11 – Aquicultura
nº 12 – Cafeicultura

Informações e pedidos

Revista Visão Agrícola
Tel. (19) 3429.4249
visaoagricola@usp.br
www.esalq.usp.br/visaoagricola

Faça seu pedido por email ou pelo Correio (Formulário pág. 172)

AV. PÁDUA DIAS Nº 11 CP 9 PIRACICABA SP 13418-900
PRÉDIO DA PESQUISA, CULTURA E EXTENSÃO UNIVERSITÁRIA
PABX: (19) 3429.4100 | WWW.ESALQ.USP.BR