

**Desenvolvimento do milho segunda safra:
fatores genético-fisiológicos, plataforma de
conhecimento e práticas de manejo de cultivo e
uso, visando sustentabilidade de produção e
produtividade no binômio soja/milho**



**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Milho e Sorgo
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**

DOCUMENTOS 258

**Desenvolvimento do milho segunda safra:
fatores genético-fisiológicos, plataforma de
conhecimento e práticas de manejo de cultivo e
uso, visando sustentabilidade de produção e
produtividade no binômio soja/milho**

Paulo César Magalhães
Emerson Borghi
Décio Karam
Israel Alexandre Pereira Filho
Sara de Almeida Rios
Samuel Campos Abreu
Elena Charlotte Landau
Lauro José Moreira Guimarães
Maria Marta Pastina
Frederico Ozanan Machado Durães

Esta publicação está disponível no endereço:
<https://www.embrapa.br/milho-e-sorgo/publicacoes>

Embrapa Milho e Sorgo
Rod. MG 424 Km 45
Caixa Postal 151
CEP 35701-970 Sete Lagoas, MG
Fone: (31) 3027-1100
Fax: (31) 3027-1188
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações
da Unidade Responsável

Presidente
Maria Marta Pastina

Secretário-Executivo
Elena Charlotte Landau

Membros
*Cláudia Teixeira Guimarães, Mônica Matoso
Campanha, Roberto dos Santos Trindade e Maria
Cristina Dias Paes*

Revisão de texto
Antonio Claudio da Silva Barros

Normalização bibliográfica
Rosângela Lacerda de Castro (CRB 6/2749)

Tratamento das ilustrações
Mônica Aparecida de Castro

Projeto gráfico da coleção
Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Editoração eletrônica
Mônica Aparecida de Castro

Fotos da capa
Emerson Borghi

1ª edição
Publicação digital (2020).

Todos os direitos reservados.

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

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Embrapa Milho e Sorgo

Desenvolvimento do milho segunda safra: fatores genético-fisiológicos, plataforma
de conhecimento e práticas de manejo de cultivo e uso, visando
sustentabilidade de produção e produtividade no binômio soja/milho /
Paulo César Magalhães [et al.]. – Sete Lagoas : Embrapa Milho e Sorgo,
2020.

44 p. : il. -- (Documentos / Embrapa Milho e Sorgo, ISSN 1518-4277; 258).

1. *Zea mays*. 2. Safrinha. 3. *Glycine max*. I. Magalhães, Paulo César. II. Borghi,
Emerson. III. Karam, Décio. IV. Pereira Filho, Israel Alexandre. V. Rios, Sara de
Almeida. VI. Abreu, Samuel Campos. VII. Landau, Elena Charlotte. VIII. Guima-
rães, Lauro José Moreira. IX. Pastina, Maria Marta. X. Durães, Frederico Ozanan
Machado. XI. Série.

CDD (21. ed.) 633.15

Autores

Paulo César Magalhães

Engenheiro-Agrônomo, Doutor em Fisiologia de Plantas, Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas-MG.

Emerson Borghi

Engenheiro-Agrônomo, Doutor em Agronomia, Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas-MG.

Décio Karam

Engenheiro-Agrônomo, Doutor em Ciência das Plantas Daninhas, Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas-MG.

Israel Alexandre Pereira Filho

Engenheiro-Agrônomo, Mestre em Fitotecnia, Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas-MG.

Sara de Almeida Rios

Engenheira-Agrônoma, Doutora em Genética e Melhoramento, Pesquisadora da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas-MG.

Samuel Campos Abreu

Engenheiro-Agrônomo, Analista da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas-MG.

Elena Charlotte Landau

Bióloga, Doutora em Ecologia, Pesquisadora da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas-MG.

Lauro José Moreira Guimarães

Engenheiro-Agrônomo, Doutor em Genética e Melhoramento, Pesquisador e Chefe-adjunto de Transferência de Tecnologia da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas-MG.

Maria Marta Pastina

Engenheira-Agrônoma, Doutora em Genética e Melhoramento, Pesquisadora e Chefe-adjunta de Pesquisa e Desenvolvimento da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas-MG.

Frederico Ozanan Machado Durães

Engenheiro-Agrônomo, Doutor em Fitotecnia, Pesquisador e Chefe-geral da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas-MG.

Apresentação

A dinâmica da agricultura brasileira e a evolução dos dados das safras agrícolas, notadamente de grãos, colocam o binômio soja/milho segunda safra, em alto grau de participação, em área, volume de negócios e tecnologia, em relação a cerca de 15 espécies comerciais cultivadas, de verão e inverno, e indicam desafios apontando sinais para a expansão produtiva em bases técnico-científicas modernas.

Nesta trajetória, os esforços correntes e as perspectivas futuras colocam o Brasil, instituições e profissionais, públicas e privadas, com fortes desafios de alianças, protagonismo de estratégia de ação e de busca de soluções para inovação e mercado, focadas em produção e produtividade. Modelos produtivos, volumes e formas negociais, com vantagens competitivas e comparativas das atividades econômicas, estão desafiando as alianças e as estratégias produtivas, em cenários de complexidades para crescentes demandas por alimentos, bioenergia, biomoléculas e bioprodutos.

Em extensas áreas tropicais e subtropicais, a agricultura em campo é uma atividade a “céu aberto”, com grandes oportunidades para impactos econômicos e sociais, mas também é um empreendimento de riscos, notadamente em razão de fatores genético-fisiológicos e ambientais, e condições de suporte subótimas. Isto significa que, para as *commodities agrícolas*, que são sistemas complexos de grande relevância para a segurança alimentar e nutricional, em todo o mundo, focar na “estabilidade de produção” frente às “instabilidades ambientais” implica considerar que para toda tomada de decisão (*planejar, semear, colher, vender, entregar*) deve-se estabelecer, de forma estruturada, os agentes e os elementos das cadeias de valor. Especialmente, nos casos de milho e soja, que são dependentes de Chicago (*bolsa*), câmbio (*taxa de conversão de moeda, nas relações de troca*) e estrutura produtiva (*arranjos produtivos*), deve-se estabelecer, na parceria público-privada, planos, programas e arranjos produtivos por região, época de semeadura (safra e/ou segunda safra), tipo e dimensão de mercado, este último levando em consideração também a logística empregada desde a retirada dos grãos do campo até o destino final.

Nestes cenários, há, objetivamente, grandes oportunidades e riscos técnico-científicos, produtivos e mercadológicos. *Metas de inovação, metas de mercado e metas de impactos* são frutos de alianças e parcerias estratégicas que são capazes de integrar inteligência estratégica, empreendedorismo e uma forte *participação produtiva compartilhada*, em vários níveis, para que a *inovação* aconteça e produza *impactos relevantes para beneficiários - diretos e indiretos*.

O Sistema Antecipe, no contexto de maior eficiência produtiva, na parceria público-privada, inspira todos nós sobre a modelagem e a implementação de uma estratégia de ação institucional, em parceria pública e privada, com inteligência estratégica de conhecimento, desenvolvimento mercadológico e ação temática e territorial para alianças e parcerias, arranjos técnico-científicos, institucionais e produtivos e sistemas pautados em inovação, empreendedorismo e desenvolvimento.

É um modelo de cultivo pautado numa plataforma inédita para semeadura antecipada do milho nas entrelinhas da soja, focada em potencializar o conhecimento sobre os estádios fenológicos do milho e da soja, associados com práticas de cultivo no binômio soja/milho, que o Brasil considerou estabelecer em escala crescente como “milho de segunda safra”, após o cultivo da soja de verão, e que considerou denominar, desde a sua origem, na década de 1990, de “safrinha do milho”.

O conhecimento, pautado no ativo intangível, que fundamenta esta estratégia de ação em franco progresso e expansão na parceria público-privada, é um cultivo intercalar do milho de segunda safra, com semeadura antecipada em até 20 dias, sob certas condições genético-fisiológicas e ambientais, nas entrelinhas da soja antes de sua colheita. Basicamente, esta estratégia de ação e procedimentos operacionais, em aderência aos estádios de desenvolvimento do milho e da soja, recomenda a tomada de decisão agrônômica e gerencial para o Sistema Antecipe, nos estádios V5 para o milho e a partir de R5 para a soja cultivada.

Os padrões de desenvolvimento - *da semente à planta e ao grão* -, que resultam no estabelecimento destas espécies cultivadas, em um dado ambiente, demonstram que as diferentes espécies produtoras de grãos possuem características fisiológicas distintas em seu ciclo de vida, incluindo uma fase em que não há produção exposta de estruturas reprodutivas, ou ainda em fase embrionária, ou seja, de crescimento vegetativo, e uma fase reprodutiva, em que as estruturas reprodutivas são drenos importantes, e qualquer interferência pode ocasionar perdas qualitativas e quantitativas.

Os ciclos de vida das plantas de milho e soja são regidos por estádios de desenvolvimento, que encerram o crescimento, a diferenciação e a morfogênese. Cada uma destas fases contribui para a explicação genético-fisiológica da cultivar, sua interação com o ambiente, e ajuda no manejo da espécie cultivada, favorecendo a tomada de decisão do agricultor, em bases técnicas e gerenciais.

Frederico Ozanan Machado Durães

Chefe-Geral da Embrapa Milho e Sorgo

Sumário

| | |
|--|----|
| Introdução | 09 |
| Ciclo de vida do milho e os padrões de desenvolvimento vegetal | 11 |
| Ciclo de vida e estádios de desenvolvimento..... | 12 |
| Ecofisiologia da soja e sua relação com a escolha de cultivares para o binômio soja/milho..... | 17 |
| Escolha de cultivares de milho e soja para o Sistema Antecipe | 18 |
| Cultivo do milho: padrões de desenvolvimento e graus-dia | 23 |
| Sistema Antecipe - Cultivo intercalar de milho nas entrelinhas de soja | 26 |
| Sistema Antecipe: evolução e dinâmica das safras de soja e milho no Brasil e regiões | 29 |
| Sistema Antecipe: casos de campo associados ao binômio soja/milho | 31 |
| Sistema Antecipe: oportunidades de PD&I e negócios com base em ciência | 34 |
| Considerações Finais..... | 38 |
| Referências..... | 40 |

Introdução

Cadeias de valor agropecuário representam complexidade de produção, infraestrutura, e logística de armazenagem, escoamento e mercado, sendo considerados negócios típicos da parceria público-privada. As cadeias de valor do milho e da soja são exemplos de um negócio da bioeconomia, de interesse público e privado, porquanto se tratam de bioalimentos de base vegetal com mercados potencializados de proteína animal, bioenergia, bioprocessos, biomoléculas, bioprodutos, biomateriais e uma diversidade de usos industriais e de consumo humano.

As cadeias produtivas do milho e da soja são usualmente descritas enfatizando suas oportunidades e gargalos, relatando bem a situação brasileira de commodities agrícolas relevantes. Entretanto, para estas cadeias de valor, devem-se buscar avanços na agenda de interesse para o Brasil, visando orientar e alinhar firmemente os agentes e instituições públicos e privados, nos vários segmentos da cadeia de produção (antes, dentro e pós-porteira) para os cenários e as vantagens competitivas e comparativas relacionadas aos volumes de negócios. Além disso, deve-se promover a disponibilidade das alternativas tecnológicas, mercadológicas e de logística de produção, distribuição e usos.

Os dados do Valor Bruto da Produção Agropecuária (Brasil, 2020a) registram que o milho (15,7%, R\$ 85,3 bilhões) e a soja (38,2%, R\$ 207,3 bilhões) respondem por volta de 54% do faturamento anual nas lavouras, equivalente a R\$ 543,1 bilhões. As lavouras têm participação de 67,3% (R\$ 543,1 bilhões) e a pecuária, 32,7% (R\$ 263,6 bilhões). Os resultados regionais mostram que sete estados representam 76% do valor da produção das lavouras e da pecuária no País: Mato Grosso, Paraná, São Paulo, Minas Gerais, Rio Grande do Sul, Goiás e Mato Grosso do Sul. Os produtos nos quais esses estados se destacam são soja, milho, algodão, café, leite, carne bovina e carne de frango.

Para a safra 2020/2021, o ICG (International Grain Concil, 2020) projeta uma produção global de grãos, apontando uma colheita para o milho de 1,156 bilhão de toneladas e para a soja uma produção de 370 milhões de toneladas. No Brasil, na safra 2020/2021, a estimativa de área plantada, produção e produtividade de grãos (Acompanhamento da Safra Brasileira [de] Grãos, 2020b) indica 67 milhões de hectares cultivados com grãos, totalizando uma produção de 269 milhões de toneladas e produtividade média de 4.008 kg/ha, considerando 10 espécies de verão e seis de inverno. Milho e soja representam 84% em área plantada e 89% em volume de produção.

No Brasil continental e diverso, as zonas de cultivo do milho e da soja são conhecidas, do ponto de vista territorial e edafoclimático. E, neste tema, é preciso focar em “estabilidade de produção” frente às “instabilidades ambientais”, o que implica considerar cenários, arranjos (técnico-científicos, institucionais e produtivos), mecanismos e sistemas de cultivos para favorecer toda tomada de decisão e implementação de modelos produtivos capazes de produzir produtividade e sustentabilidade.

No geral, o milho é cultivado em todo o território nacional, e a soja, em zonas de produção (indicação de cultivares por região edafoclimática distinta, conhecidas por macrorregiões sojícolas (Alliprandini et al., 2009)). Entretanto, é fato relevante que cerca de 80% da soja e do milho cultivados no Brasil estão nas regiões Centro-Oeste e Sul. Assim, é razoável argumentar sobre algumas evidências e cenários possíveis:

(1) Milho e soja, por exemplo, são culturas agroindustriais, e a parte agrícola é uma fração essencial, mas reduzida, da cadeia total de grãos;

(2) A expansão da cultura agrícola do milho segunda safra é dependente da dinâmica da cultura da soja;

(3) Sistemas (complexos) de intensificação agropecuária, que associam estratégias de ação para maior eficiência de cultivo de soja/milho segunda safra, têm relevância quanto às novas alianças e arranjos produtivos, visando expansão de produção e produtividade;

(4) O Sistema Antecipe - cultivo intercalar do milho nas entrelinhas da soja - é uma oportunidade de intensificação agrícola que permite a abertura de “janelas” para a segunda safra agrícola, e tem grande potencial para a utilização de médios e pequenos produtores, e frações de áreas em grandes lavouras;

(5) O Zoneamento Agrícola de Risco Climático (Zarc), focado em estabilidade de produção frente às instabilidades ambientais, implica considerar toda tomada de decisão para as commodities agrícolas, por exemplo, soja e milho. O Zarc, enquanto política pública e instrumento de gestão, é uma ferramenta útil para mitigar riscos e maximizar os ganhos da estrutura produtiva.

No contexto do milho e da soja, nas agendas globais e na produção brasileira de grãos, demandas tecnológicas e os sistemas complexos intensificados de produção agrícola, grãos, proteína animal, bioenergia e biomoléculas, o Sistema Antecipe é um sistema de cultivo inédito, estruturado, intensificado e integrativo, na parceria público privada (PPP) que abarca conhecimento intangível, tangível, patente de maquinaria semeadora-adubadora, alianças, aderência às políticas públicas por exemplo, Plano Safra - Agrícola e Pecuário, AgroNordeste, Zarc por espécies (44 delas), Programa Nacional de Bioinsumos, Plano Nacional de Agricultura de Baixo Carbono (Plano ABC), etc. O sistema é também uma plataforma âncora, que estabelece e cria oportunidades para a construção colegiada de um Plano de Produção e Uso de Milho Tropical para o Brasil, em PPP, incluindo fundos de participação, consórcios público-privados e agendas estratégicas de PD&I para interdependência tecnológica, segurança alimentar e nutricional, focadas em produtividade e sustentabilidade.

O Zarc é, necessariamente, uma ferramenta para futuro, mas requer a compreensão do efeito de trajetória das safras e mercado, bem como das variações do esforço corrente e da evolução dos cultivos no campo. O Zarc Milho foca estabilidade de produção frente às instabilidades ambientais.

Assim, o Sistema Antecipe, no contexto de maior eficiência produtiva na parceria público-privada, inspira a todos sobre a modelagem e a implementação de uma estratégia de ação institucional, com inteligência estratégica de conhecimento, desenvolvimento mercadológico e ação temática e territorial para alianças e parcerias, arranjos técnico-científicos, institucionais e produtivos, e sistemas pautados em inovação, empreendedorismo e desenvolvimento (Figura 1).

| | |
|--|---|
| <p>Sistema Antecipe - Cultivo intercalar antecipado de milho nas entrelinhas de soja, na PPP. (Sistema Embrapa® e parceiros)</p> | <p>A Embrapa a caminho do campo. Ciência com propósito. Conexões para Inovação, empreendedorismo e desenvolvimento produtivo. (Sistema Produtivo + Máquina + App + Marca + Serviços) IE e Modelagem (Metas de Inovação. Metas de Mercado. Metas de Impacto)</p> |
| <p>Sistema produtivo (intangíveis)</p> | <p>Cultivo intercalar antecipado de milho nas entrelinhas de soja (Tecnologia Embrapa)</p> |
| <p>Máquina semeadora/adubadora (processo e PI) (intangíveis e tangíveis)</p> | <p>Protótipo de máquina (PI máquina Embrapa e co-desenvolvimento na parceria Jumil)</p> |
| <p>Produtos (tangíveis) Insumos biológicos (bioinsumos: cultivares, bioinoculantes, protetivos, ...) químicos e mecânicos; PI/Proteção</p> | <p>Plataforma - utilização de Insumos biológicos, químicos e mecânicos (Tecnologias)</p> |
| <p>Serviços (intangíveis) App, Consultoria, Estudos e Cenários</p> | <p>Plataforma para Serviços Estratégicos, incluindo APP Antecipe (favorece tomada de decisão pelos agricultores usuários do Sistema Antecipe)</p> |
| <p>Transferência (intangíveis) Know How, Marca, Provedor/Mediador</p> | <p>Plataforma para Transferência de Conhecimento em sintonia com Políticas Públicas e Iniciativa Privada, e promoção de ativos de inovação, territoriais, valor, impactos e inclusão sócioprodutiva.</p> |

Figura 1. Framework de conhecimento do Sistema Antecipe, na parceria público-privada (PPP): alianças e desenvolvimento do sistema produtivo, maquinaria, produtos, processos e serviços de qualidade.

Ciclo de vida do milho e os padrões de desenvolvimento vegetal

O milho (*Zea mays* L.) é uma planta que pertence à família *Poaceae/Gramineae*. O caráter monoico e a sua morfologia característica resultam da supressão, condensação e multiplicação de várias partes da anatomia básica das gramíneas. Os aspectos vegetativos e reprodutivos da planta de milho podem ser modificados através da interação com os fatores ambientais que afetam o controle da ontogenia do desenvolvimento. Contudo, o resultado geral da seleção natural e da domesticação foi produzir uma planta anual, robusta e ereta, com um a quatro metros de altura, que é esplendidamente “construída” para a produção de grãos, e biomassa para silagem, bioenergia e palhada para uso como condicionador de solos em sistemas conservacionistas como o plantio direto, por exemplo.

O crescimento e desenvolvimento das plantas estão relacionados com fatores internos, como a genética e hormônios vegetais – auxinas, giberelinas, citocininas, etileno e ácido abscísico, e fatores externos, destacando-se os bióticos, como macro e microrganismos benéficos e causadores de estresses, danos e restrições via doenças, pragas, matocompetição, além dos abióticos, como luz, temperatura, água e nutrientes.

O ciclo de vida do vegetal superior é compreendido pelos seus estádios de desenvolvimento (crescimento, diferenciação e morfogênese). O crescimento é um termo quantitativo, relacionado a todo aumento em tamanho, massa, área e volume. Diferenciação é um termo qualitativo, que diz respeito ao processo de especialização celular, isto é, ao aumento de complexidade do organismo. A morfogênese diz respeito ao estudo da emergência e da forma dos novos órgãos e seu arranjo espacial. Cada uma destas fases contribui para a explicação e o manejo da espécie cultivada. (Magalhães; Durães, 2006).

Cada um dos pontos de crescimento contribui para a explicação do estágio, fases e performances do vegetal. Quando associados aos fatores internos (genéticos, fitormônios, metabólitos) e externos (ambientais - bióticos e abióticos), podem contribuir, de forma relevante, para orientar boas práticas de manejo da espécie cultivada. Os tecidos responsáveis pelo crescimento primário das plantas são os meristemas apicais (caule e raiz), regiões que permanecem embrionárias, cujas células se dividem, e crescem para formar todo o corpo das plantas. Com o reinício das divisões durante a germinação, recomeça também o processo de diferenciação celular. Para crescer, é necessário que ocorra a entrada de água nos vacúolos das novas células produzidas por divisões das iniciais meristemáticas. Com a entrada de água, as células sofrem aumento irreversível de volume, e assim a planta aumenta de tamanho. A auxina é responsável por aumentar a elasticidade da parede celular, permitindo sua expansão, com alongamento celular, processo de expansão da célula, responsável pelo seu crescimento.

Uma importante lição aprendida deste conhecimento é sobre ponto de crescimento vegetal, e também que o crescimento por alongamento das células e a diferenciação são críticos para o perfeito estabelecimento do organismo do vegetal. Os padrões de desenvolvimento de vegetais indicam que as plantas possuem estruturas potencialmente embrionárias em seus corpos adultos.

Desenvolvimento vegetal é quando o crescimento e a diferenciação ocorrem, ou seja, é o resultado da diferenciação celular que forma os tecidos e órgãos do indivíduo e estabelece o crescimento, pelo aumento do tamanho e/ou de número dessas células. Como tais processos resultam na alteração da forma, o desenvolvimento também é conhecido como morfogênese. Assim, os vegetais mantêm, durante seus ciclos de vida, a capacidade morfogênica, de formar continuamente novas estruturas em seu corpo, de maneira ordenada. Cada espécie de planta tem um modo, um padrão de crescimento e desenvolvimento. Esse padrão é o resultado das informações genéticas que caracterizam a espécie e é fortemente afetado pelas condições ambientais.

As plantas de milho apresentam um padrão de desenvolvimento (estágios de crescimento). Entretanto, o intervalo de tempo específico (velocidade de sua progressão) entre os estágios e o número total de folhas desenvolvidas pode variar em função de *background* genético, de fatores ambientais e da interação genótipo e ambiente. Estes fundamentos explicam e orientam as performances diferentes de cultivares, local e data de semeadura, ano agrícola e safra, práticas de manejo (aplicações de fertilizantes, protetivos, água), e gerenciamento da cultura.

Ciclo de vida e estágios de desenvolvimento

O crescimento e desenvolvimento de uma planta de milho é dividido em dois grandes estágios: o vegetativo e o reprodutivo (Tabela 1). Durante o estágio vegetativo, que possui um número relativo de estágios entre VE (emergência) e VT (pendoamento), ocorre o **desenvolvimento da planta**. Durante o estágio reprodutivo, que é dividido em seis estágios, ocorre o **desenvolvimento da espiga** de milho. Subdivisões dos estágios vegetativos são designados numericamente como V1, V2, V3 até Vn; em que (n) representa a última folha emitida antes do pendoamento (VT).

O primeiro e o último estágios V são representados, respectivamente, por (VE, emergência) e (VT, pendoamento).

Tabela 1. Estádios vegetativos e reprodutivos da planta de milho.

| Vegetativo | Reprodutivo |
|-----------------------------|----------------------------|
| VE, emergência | R1, Embonecamento |
| V1, 1ª folha desenvolvida | R2, Bolha d'água |
| V2, 2ª folha desenvolvida | R3, Leitoso |
| V3, 3ª folha desenvolvida | R4, Pastoso |
| V4, 4ª folha desenvolvida | R5, Formação de dente |
| V5, 5ª folha desenvolvida | R6, Maturidade Fisiológica |
| V6, 6ª folha desenvolvida | |
| V(n), nº folha desenvolvida | |
| VT, pendoamento | |

Durante a fase vegetativa, cada estágio é definido de acordo com a formação visível do colar na inserção da bainha da folha com o colmo. Assim, a primeira folha de cima para baixo, com o colar visível, é considerada completamente desenvolvida e, portanto, é contada como tal. Esse sistema é semelhante ao utilizado por Ritchie e Hanway (1989), Magalhães e Durães (2006).

A planta de milho nos **estádios V3 e V4** apresenta o ponto de crescimento abaixo da superfície do solo (Figura 2). Assim, caso haja danos provocados por geada, granizo ou perda parcial de área foliar, a planta tem a capacidade de recuperação, em razão da localização do ponto do crescimento.

No **estádio V5** (cinco folhas completamente desenvolvidas), tanto a iniciação das folhas como das espigas vai estar completa e a iniciação do pendão já pode ser vista microscopicamente, na extremidade de formação do caule, logo abaixo da superfície do solo. Esse é o último estágio de desenvolvimento vegetativo antes do ponto de crescimento romper a superfície do solo.

No **estádio V6 (6 folhas desenvolvidas)**, o ponto de crescimento e o pendão estão acima do nível do solo (Figura 2), além do colmo já estar iniciando um período de alongação acelerada. Danos mecânicos provocados nas plantas nesse estágio prejudicam seu desenvolvimento, e a perda de produtividade vegetal é iminente, não havendo medidas culturais para a recuperação do potencial produtivo.

Durante os **estádios V6 a V11** as plantas de milho iniciam um período de alongamento muito rápido do internódio. O ponto de crescimento se move acima da superfície do solo no estágio de V6, e a planta agora fica suscetível às lesões ambientais ou mecânicas que podem danificar o ponto de crescimento.

Estádios vegetativos finais (V12 a VT). O comprimento da espiga (número de grãos por fileira) é determinado nas últimas semanas antes do pendoamento. O estresse nesse momento pode reduzir o número de grãos produzidos em cada fileira, entretanto, o número de grãos final é determinado durante e após a polinização.

Estádio de Transição (VT a R1). A transição do desenvolvimento vegetativo para reprodutivo (VT para R1) é um período essencial para a determinação do rendimento do grão. Neste ponto, a gema da espiga superior torna-se dominante. Nos **estádios de VT (todos os ramos do pendão são visíveis e os “cabelos” ainda não estão emergidos) a R1 (embonecamento e polinização)**, a planta de milho é mais vulnerável às intempéries da natureza que qualquer outro período, pelo pendão e todas as folhas estarem completamente expostas. A remoção de folhas nesse estágio resultará em perdas na colheita. O **estádio R1** inicia quando os estilos-estigmas (cabelos) estão visíveis, para fora das espigas. A polinização ocorre quando o grão de pólen liberado é capturado por um dos estilos-estigmas.

A fase reprodutiva do milho corresponde às fases desde a polinização/fecundação (óvulos fertilizados, Estádio R1) até o ponto de maturidade fisiológica (Estádio R6 - camada preta, abscisão total na região da placento-chalaza, que paralisa o acúmulo de matéria nos grãos, com o rompimento de fluxos no pedúnculo do grão). Este período, denominado “período de enchimento de grãos”, em acúmulo de matéria constituinte e diferentes teores de umidade no grão, corresponde efetivamente ao enchimento dos grãos, que é finalizado na maturidade fisiológica. O rendimento final depende do número de grãos em desenvolvimento e da densidade de grãos (tamanho final que eles alcançam).

Este é o estágio em que todos os grãos na espiga alcançam o máximo de acumulação de massa seca e vigor e ocorre cerca de 50 a 60 dias após a polinização. A linha do amido já avançou até a espiga, e a camada preta já foi formada. Neste estágio, além da paralisação total do acúmulo de matéria seca nos grãos, acontece também o início do processo de senescência natural das folhas das plantas, as quais gradativamente começam a perder a sua coloração verde característica.

O ponto de maturidade fisiológica caracteriza o ponto de máxima produção, com cerca de 30-38% de umidade, podendo variar entre híbridos. No entanto, o grão não está ainda em condições de ser colhido e armazenado com segurança, uma vez que, para isso, deveria estar com 13 a 15% de umidade para evitar problemas com a armazenagem. Com cerca de 18 a 25% de umidade no grão, a colheita em campo já pode acontecer, desde que o produto colhido seja submetido a uma secagem artificial antes de ser armazenado. A partir do momento da formação da camada preta, que nada mais é do que a obstrução dos vasos, rompe-se a ligação da planta mãe e do fruto, passando este a apresentar vida independente. Na produtividade da cultura do milho é importante considerar o Índice de Colheita (IC). O IC é a relação entre a massa seca dos grãos e a massa seca de toda a planta. Ele mede a eficiência do material em translocar fotoassimilados para os grãos, ou seja, o índice de partição (IP). Quanto maior o índice, melhor e mais produtiva será a cultivar. Os valores do índice de colheita vão depender do material genético. Convém salientar que adversidades ambientais, na maioria das vezes, podem levar a menores valores de IC. Estudos têm mostrado que o IC de uma cultura é marcadamente influenciado pela densidade de semeadura, disponibilidade de água e nutrientes e temperatura. Os valores dos índices de colheita vão depender do material genético, porém, em geral variam de 0,10 a 0,60 (Durães et al., 2002).

| V3 | V4 | V5 | V6 |
|---|--|---|--|
|  |  |  |  |
| Estádio V3, 3 FCD | Estádio V4, 4 FCD | Estádio V5, 5 FCD | Estádio V6, 6 FCD |
|  | No estádio V4 , apresenta a demanda mais acentuada por nutrientes, especialmente os macro nitrogênio e potássio. | No estádio V5 , o ponto de crescimento ainda se encontra abaixo da superfície do solo. |  |
| O estágio V3 ocorre com aproximadamente nove dias após a emergência da planta. | O estágio V4 ocorre 12 dias após a emergência da planta. | O estágio V5 ocorre 15 dias após a emergência da planta. | O estágio V6 ocorre 18 dias após a emergência de planta. |
| No estágio V3, o ponto de crescimento ainda se encontra abaixo da superfície do solo, e a planta possui pouco caule formado. Todas as folhas e espigas que a planta eventualmente irá produzir estão sendo formadas no V3. Portanto, o estabelecimento do número máximo de grãos ou a definição da produção potencial estão sendo definidos nesse estágio. A partir deste estágio até o V6 deve haver o monitoramento de pragas (percevejos, sobretudo) | O manejo de plantas daninhas é fundamental para reduzir a competição por luz, água e nutrientes. Operações inadequadas de cultivo (profundas ou próximas à planta) podem prejudicar a densidade e a distribuição de raízes com consequente redução na produtividade. | No estágio V5, tanto a iniciação das folhas como das espigas vai estar completa, e a iniciação do pendão já pode ser vista microscopicamente na extremidade de formação do caule, logo abaixo da superfície do solo (Magalhães et al., 1995). | No estágio V6, o ponto de crescimento e os primórdios de pendão estão acima do nível do solo e o colmo está iniciando um período de alongação acelerada. No estágio V6, o sistema radicular nodal (fasciculado) está em pleno funcionamento e em crescimento. A partir desse estágio, danos na parte aérea, sejam por pragas, danos mecânicos ou intempéries da natureza, matam a planta. Neste estágio é muito importante a continuação do monitoramento de pragas. |

Fotos: Guilherme Ferreira Viana

Figura 2. Plantas de milho em estádios de crescimento (V3 a V6, número de folhas completamente desenvolvidas - FCD), de interesse para o Sistema Antecipe - Cultivo intercalar de milho nas entrelinhas de soja.

| Fase (Estágio de crescimento) | Estádio fenológico | Folha desenvolvida | Semana Após Emergência (SAP) | Dias Após Polinização | GD ⁽¹⁾ |
|--|---------------------------------|---|--|-----------------------------|-------------------|
| Vegetativo V0-VE-VT (Plantio-Emergência-Estabelecimento de estande-Pendoamento) | V0 | Semente Plantada / Semeadura | 0 (estádio inicial da planta) | - | |
| | VE | Germinação/ Emergência das Plântulas ⁽²⁾ | (3-5-7 dias após plantio) | - | 65-80 100-120 |
| | V1 | 1ª folha | 1 (SAP) (3-4 dias após emergência) | - | ≈150-180 |
| | V2 | 2ª folha | (7-10 dias após emergência) | - | ≈ 200 |
| | V3 | 3ª folha | 2 (SAP) (10-20 dias após emergência) | - | ≈ 350 |
| | V4 | 4ª folha | 2,0-2,5 (SAP) | - | ≈350-400 |
| | V5 | 5ª folha | 2,5-3,0 (SAP) | - | ≈400-450 |
| | V6 | 6ª folha | 3,0-3,5 (SAP) | - | ≈ 475 |
| | Vn | Enésima Folha Desenvolvida | | - | |
| | VT | Pendoamento | 8 (SAP) | - | |
| Reprodutivo R1-R6 (Maturação fisiológica e período de enchimento de grão, da fertilização ou polinização/fecundação, ao ponto de maturidade fisiológica ou "camada preta"; colheita em campo e peso do grão) | R1 | Embonecamento / Florescimento (anteses ♂ e ♀) / Polinização | - | 9 a 10 | |
| | R2 | Grão Bolha d'água/Leitoso | - | 12 | |
| | R3 | Grão leitoso/pastoso | - | 24 | |
| | R4 | Grão pastoso/farináceo | - | 36 | |
| | R5 | Grão farináceo – dente/duro | - | 48 | |
| | R6 | Maturidade Fisiológica | - | 55 | |
| | RC (IC;IP) | Colheita em campo (Índice de Colheita, IC e Índice de Partição, IP) | - | | |
| Ciclo de Vida do milho | Vegetativo + Reprodutivo | (V0 a VT) + (R1 a R6) + RC | 120-140-150 dias | 2.200-2.700-3.300 GD | |

1 Graus-dias

Figura 3. Fases de Desenvolvimento da Cultura do Milho. Estágios de crescimento e estádios fenológicos da planta de milho. Referências variáveis em função (G, A e G*A) de genótipo-cultivar, época de plantio, condições ambientais e práticas de manejo.

Ecofisiologia da soja e sua relação com a escolha de cultivares para o binômio soja/milho

A produtividade, em qualquer espécie vegetal, é determinada por interações complexas que envolvem aspectos fisiológicos, genéticos, além de fatores bióticos e abióticos (Ainsworth et al., 2012). Segundo Evans e Fischer (1999), a produtividade potencial é definida como a produção máxima de sementes (ou matéria seca) de uma espécie em determinado ambiente, tendo disponível água e nutrientes de acordo com suas necessidades fenológicas e ausência de fatores que podem lhe causar distúrbios.

Desde a safra 2011/2012, ano agrícola em que a produtividade do milho segunda safra superou a produção deste cereal semeado no verão, o avanço tecnológico para o binômio soja/milho cresceu de maneira significativamente progressiva (Karam et al., 2020). Atualmente, o milho segunda safra é semeado em aproximadamente 33% da área cultivada com soja no Brasil (Acompanhamento da Safra Brasileira [de] Grãos, 2020b).

Os avanços incrementais envolvendo conhecimento, tecnologia e inovação foram (e continuam) primordiais para o aumento da produtividade das culturas neste sistema. Segundo Zorato (2020), em razão do grande número de cultivares de soja disponíveis para as diferentes regiões macrossojícolas que praticam o binômio soja/milho, a escolha da cultivar correta e o conhecimento das fases fenológicas que compõem todas as etapas de desenvolvimento e o hábito de crescimento (determinado ou indeterminado) são fatores importantes na determinação da época de semeadura correta e a melhor oportunidade para semear o milho na sequência.

De acordo com Farias et al. (2007), a escolha de uma cultivar para uma determinada região e época de semeadura, buscando o melhor desenvolvimento da soja, deve levar em consideração o seu grupo de maturação relativa (encontramos no País cultivares que vão desde o grupo de maturidade relativa 5 até 9), o qual será resultado do fotoperíodo e da duração do período juvenil (a duração do período juvenil determina a época de florescimento da soja).

Outro importante conhecimento que determina possibilidades de altos rendimentos refere-se aos estádios fenológicos (Figura 4). O sistema proposto por Fehr et al. (1977) é o mais utilizado no globo e divide os estádios de desenvolvimento da soja em vegetativos e reprodutivos. Cada estágio pode sofrer influência do ambiente, tais como época de semeadura, tratos culturais (em especial adubação) e controle fitossanitário, principalmente em cultivares de hábito de crescimento indeterminado (Borghetti et al., 2017; Zanon et al., 2016), permitindo maior flexibilidade nas semeaduras antecipadas (setembro), por exemplo, ou mesmo redução do ciclo, como é o caso de cultivares precoces, notadamente mais utilizadas para semear o milho na sequência.

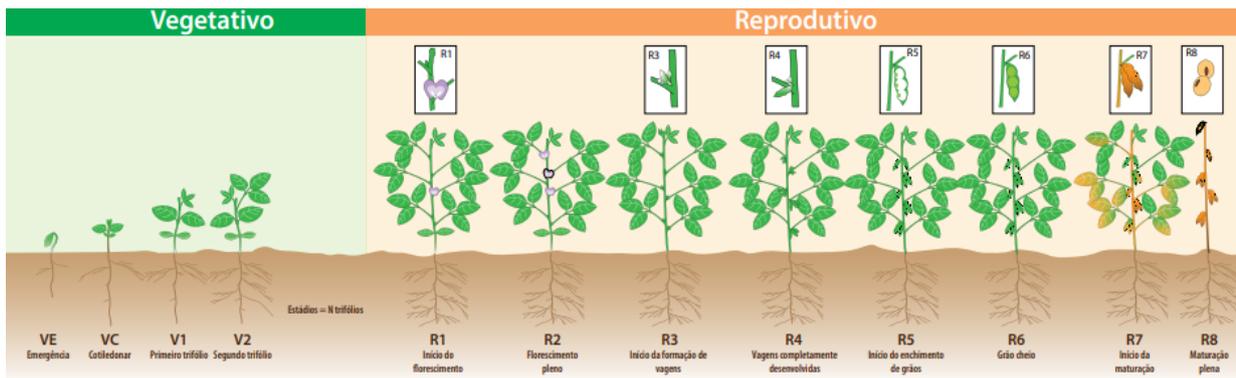


Figura 4. Estádios fenológicos da soja desenvolvida por Fehr et al. (1977). Fonte: Prof. Dr. Geraldo Chavarria – UPF.

Para Farias et al. (2007), a exatidão na identificação destes estádios fenológicos é extremamente útil e necessária para todos que trabalham com a cultura da soja, pois facilita e uniformiza a linguagem técnica e elimina as interpretações subjetivas. Conhecendo os estádios fenológicos e associando as práticas culturais com outros conhecimentos necessários, poderá ser possível tomar as melhores decisões agrônômicas, visando eliminar possíveis erros que possam impactar negativamente a produtividade e a rentabilidade do produtor.

Escolha de cultivares de milho e soja para o Sistema Antecipe

De maneira geral, as cultivares de milho apresentam ampla adaptação para a faixa tropical do Brasil, entretanto, existem diferenças em termos de ciclo de cultivares, reação a agentes causais de doenças, interação genótipos x ambientes (GxA) e interação genótipos x manejo (GxM), de modo que estes fatores condicionam maiores produtividades a determinadas cultivares para regiões e manejos específicos. É importante, portanto, conhecer as características regionais e de sistemas de produção/manejo e, também, a resposta de genótipos a estas condições de cultivo para que se possa fazer recomendação de cultivares de forma mais apropriada, buscando-se maiores produtividades e lucratividade com as lavouras (individualmente ou na composição de sistemas de produção intensificados/complexos).

As empresas de melhoramento de milho e soja, que atuam de forma mais ampla no Brasil, dividem o País em macrorregiões de adaptação de cultivares, de forma a conduzir testes, validações e recomendações de cultivares derivados de base genética já adaptada regionalmente. Para o milho, existem as seguintes macrorregiões: Subtropical (alto e baixo), Transição Subtropical-tropical, Trópico Alto e Trópico Baixo, Nordeste. Essas macrorregiões gerais podem ser subdivididas ou agrupadas, de acordo com as estratégias comerciais de empresas de sementes. Além disso, para a recomendação de cultivares de milho, é de extrema relevância a época de cultivo, pois em várias regiões pode-se praticar o cultivo do milho na primeira ou segunda safra, esta última, principalmente, em sucessão à soja.

Cultivares de milho tropicais são pouco responsivas ao fotoperíodo, mas o ciclo (da semeadura ao florescimento, ou à maturação fisiológica) é bastante influenciado pelas temperaturas máximas

e mínimas das regiões e épocas de cultivo, de modo que as cultivares apresentam ciclo mais curto em regiões e épocas de cultivo mais quentes, e, obviamente, ciclo alongado em condições contrárias. Esse efeito de elasticidade do ciclo, e a própria classificação de ciclo de cultivares, está relacionado com a medida de “graus-dias”, abordada na sessão seguinte. A variação térmica diurno-noturna também exerce influência no potencial produtivo do milho, de modo que as regiões, altitudes e épocas de cultivo que apresentam temperaturas noturnas mais amenas favorecem maiores produtividades.

A reação a doenças é controlada por fatores genéticos e ambientais, além da própria interação da planta com os microrganismos fitopatogênicos, sendo que as cultivares recomendadas para regiões quentes, como aquelas abrangidas nos trópicos baixos, devem ser resistentes a patógenos que ocorrem em condições de temperaturas mais elevadas, bem como as cultivares recomendadas para trópico alto e subtropicais devem apresentar resistência a patógenos que prosperam em condições de temperaturas mais amenas.

Tolerância a estresses abióticos também deve ser levada em consideração para a recomendação de cultivares de milho para as diferentes macrorregiões, de modo que maior tolerância à seca é uma característica importante para regiões e épocas de cultivo de menores pluviosidades, como no Nordeste ou na safrinha. Uma das estratégias mais facilmente identificadas para recomendação de cultivares para estas condições é a escolha daquelas de ciclo mais curto (hiperprecoces ou superprecoces). Entretanto esta característica está associada a um menor potencial de produção, justamente pelo menor tempo para produção de fotoassimilados (durante o ciclo mais curto), e conseqüentemente menor acúmulo de biomassa, refletindo em menor potencial de produção de grãos. Por isso, apesar de o cultivo de milho na safrinha ser realizado em época de menor disponibilidade hídrica, a maioria das cultivares plantadas não são de ciclo hiper ou superprecoces, mas sim de ciclo precoce/normal (que representam aproximadamente 70% das disponíveis no mercado, de acordo com Pereira Filho e Borghi, 2020), o que permite maior “caixa” de produção, caso as condições ambientais favoreçam. Deve-se destacar a importância da correta alocação de cultivares de ciclo mais curto para as regiões de safrinha sujeitas a geadas, como o Oeste do Paraná e o Sul do Mato Grosso do Sul, principalmente em épocas de plantio mais tardias na segunda safra. Ciclos mais curtos também são importantes para regiões de menor disponibilidade hídrica ou de instabilidade na distribuição pluviométrica, como no Nordeste, como comentado anteriormente.

As características de cultivares, como ciclo, resistência a doenças, porte, tolerância a estresses abióticos, são importantíssimas para a recomendação a diferentes macrorregiões, entretanto, há de se considerar o próprio tipo de cultivar, fator altamente relacionado ao potencial produtivo e sua recomendação para diferentes níveis de investimento. Neste quesito, existem basicamente dois tipos altamente distintos: as cultivares de polinização aberta, ou variedades, e os híbridos. É importante destacar que as variedades são cultivares de menor preço de sementes e podem ser multiplicadas pelos agricultores (com alguns cuidados básicos) sem que percam suas propriedades genéticas de uma geração para outra. Entretanto, esse tipo de cultivar tem limitações no potencial produtivo, por causa da sua ampla constituição genética (são populações segregantes) e da polinização aleatória para a obtenção de sementes. Já para híbridos tem-se, em média, maior potencial genético, pois os híbridos são produzidos por cruzamentos direcionados, entre parentais homogêneos selecionados nos programas de melhoramento, para a exploração da heterose advinda da complementação gênica de parentais geneticamente contrastantes.

Existem diversos tipos de híbridos. Os mais cultivados são os híbridos simples (HS), por apresentarem melhor padrão de uniformidade e maior potencial produtivo, sendo estes materiais

obtidos a partir do cruzamento entre duas linhagens puras. Em seguida encontram-se os híbridos simples modificados (HSm) e os híbridos triplos (HT), produzidos por cruzamentos entre linhagens puras, como genitor masculino, e HSs (híbridos simples) como genitores femininos. Menos utilizados na agricultura tecnificada, existem os híbridos duplos, que são derivados de cruzamentos entre dois HSs, apresentando menor custo de sementes, entretanto com potencial produtivo menor que os outros tipos de híbridos citados anteriormente. Também existem os híbridos intervarietais, que são produzidos por cruzamentos entre populações de polinização aberta, apresentam preços de sementes relativamente mais baixos, entretanto com grande variabilidade entre plantas e baixo potencial heterótico, que se reflete na baixa “caixa” de produção quando comparados aos outros tipos de híbridos.

Independentemente do tipo de híbrido, as sementes dele serão mais caras que as de variedades, pois todo o campo é aproveitado para a produção de sementes de variedades, bastando haver isolamento de outras áreas de cultivo de milho, para se evitar polinizações com outros genótipos. Ao passo que, para os híbridos, os campos de produção de sementes são ocupados por linhas de genitores masculinos e de genitores femininos, e somente são aproveitadas as sementes colhidas nas linhas de genitores femininos, de modo que há necessidade de maior área para produção (linhas macho não são aproveitadas para sementes). Na maioria dos casos, há ainda a necessidade de despendoar as linhas fêmeas, para que o pólen seja advindo apenas das linhas com genitores masculinos, garantindo a polinização dirigida, e essa operação é bastante onerosa (a menos que se utilize macho-esterilidade nas linhas fêmeas). Além disso, os HSs, HSm e HTs utilizam linhagens puras, ou endogâmicas, como genitores, e esses tipos de genótipos apresentam baixa capacidade de produção de sementes e de pólen, sendo necessárias maiores áreas e tratos culturais mais intensos para produção de sementes.

Dentre as tecnologias associadas a sementes, é importante considerar as opções de transgenias encontradas em sementes de híbridos, principalmente em híbridos simples, simples modificados e triplos, voltados para os segmentos de alto e médio níveis de investimento. Os híbridos transgênicos, basicamente, são portadores de características que permitem o controle de lepidópteros-praga que atacam a parte aérea (folhas, colmo e espigas), principalmente a lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*), e/ou pragas de raízes (larva-alfinete, que é um coleóptero, *Diabrotica speciosa*), associadas, ou não, a genes que conferem tolerância a herbicidas para controle de plantas daninhas na pós-emergência da cultura.

Para a soja, por ser uma planta de ciclo de metabolismo C3, dependente do fotoperíodo, a adaptabilidade de cada cultivar varia com a latitude. Assim, à medida que o seu cultivo se desloca em direção aos polos sul ou norte há diferenciações entre os ciclos das cultivares, determinando condições ótimas para sua adaptabilidade e estabilidade produtiva. Portanto, cada cultivar tem uma faixa limitada de adaptação em função do seu grupo de maturidade. Assim, foi definida a distribuição dos grupos de maturidade relativa de cultivares de soja no Brasil, em função da latitude (Figura 5).



Figura 5. Distribuição dos grupos de maturidade relativa de cultivares de soja no Brasil, em função da latitude. Fonte: Fundação Meridional de Apoio à Pesquisa Agropecuária (2020).

Considerando a diversidade de ecossistemas e tipos de solo e clima (latitude e altitude) do País, a Embrapa Soja apresentou ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa) uma proposta de regionalização dos testes de Valor de Cultivo e Uso (VCU) e de indicação de cultivares de soja para o Brasil (Kaster; Farias, 2012).

Foram estabelecidas cinco macrorregiões sojícolas (MRS) e 20 regiões edafoclimáticas (REC) distintas para pesquisa e indicação de cultivares. O objetivo é que os obtentores indiquem as respectivas cultivares segundo as macrorregiões e regiões edafoclimáticas, permitindo aos agricultores a escolha de cultivares com maior adaptabilidade e estabilidade produtiva em suas condições edafoclimáticas.

Na Figura 6 são mostradas as Macrorregiões sojícolas e as regiões edafoclimáticas adotada pelo Mapa para os ensaios de VCU de soja no Brasil.

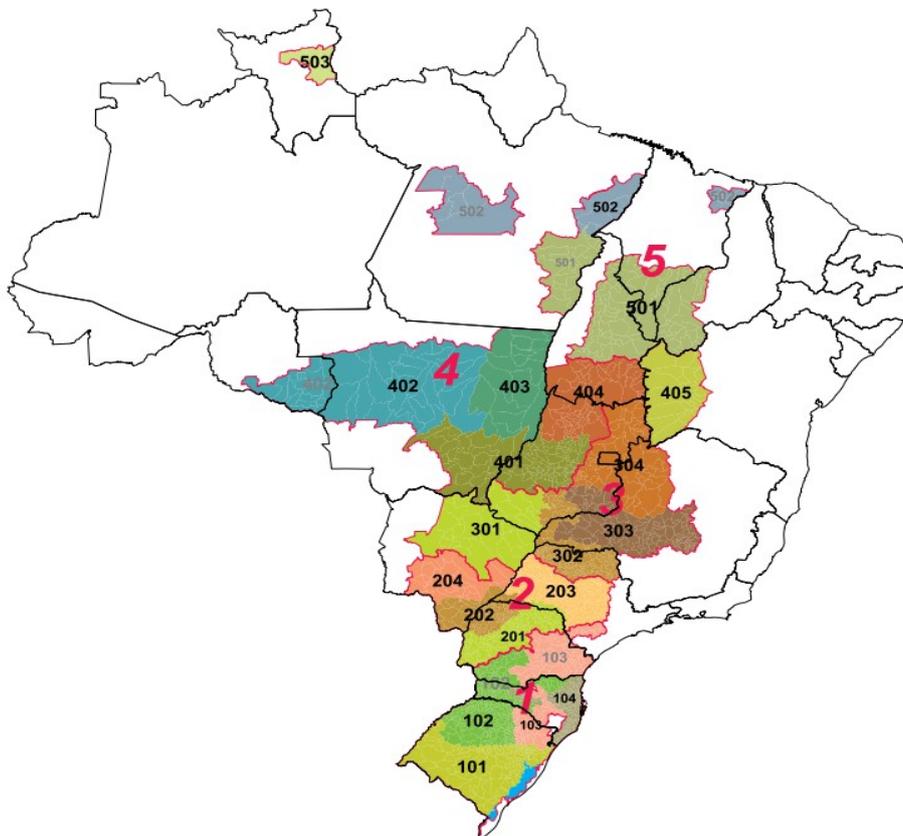


Figura 6. Macrorregiões sojícolas (1, 2, 3, 4 e 5) do Brasil e regiões edafoclimáticas (RECs) - Terceira Aproximação, de acordo com metodologia descrita em Kaster e Farias (2012). Fonte: Fundação Meridional de Apoio à Pesquisa Agropecuária (2020).

No contexto do Sistema Antecipe, todas essas características devem ser levadas em consideração para a escolha de cultivares de soja e milho, pois esta é uma estratégia de cultivo para ampliar janelas de semeadura e melhorar o potencial de produção na segunda safra nas diferentes regiões e altitudes, de acordo com as recomendações do Zarc (Zoneamento Agrícola de Risco Climático). Há de se considerar que o Antecipe é um conjunto de tecnologias que permite o planejamento e a implantação de talhões de milho dentro da janela de recomendação dessa cultura na segunda safra, de modo que maiores investimentos podem ser aportados na busca da elevação da produtividade, em comparação com cultivos de milho segunda safra que, por ventura, poderiam ser feitos somente após a colheita da soja, ou seja, tardiamente (fora da janela de recomendação do Zarc). Assim, vale destacar que a recomendação de híbridos de milho com maior potencial produtivo, de ciclo precoce-normal, faz parte das indicações mais pertinentes (exceto para regiões/épocas de alto risco: seca, geada, etc., onde ciclos mais precoces ou cultivares de menor preço devem ser cogitados).

Além disso, devem ser consideradas novas características, como a capacidade da planta de milho se recuperar da desfolha, em V4 - V5, causada na operação da colheita da soja e pelo amassamento pelos pneus da colhedora. A velocidade de retomada do crescimento e do desenvolvimento da planta até o florescimento, em comparação com plantas intactas, será um fator a ser observado pelos programas de melhoramento e por técnicos e agricultores para a escolha e recomendação de cultivares específicas para o Sistema Antecipe. Da mesma forma, a escolha por cultivares de soja com altura de inserção mais alta permitirá a colheita sem prejuízo da oleaginosa e, ao mesmo tempo, garantirá menor perda de área foliar no milho semeado antecipadamente, acarretando em recuperação mais rápida das plantas e menor chance de reduções de produtividade por ocasião de adversidades pós-colheita da soja (Karam et al., 2020).

Híbridos transgênicos, resistentes a pragas, deverão ser preferidos, para proteção contra lepidópteros e percevejos que, eventualmente, estiverem presentes no final do ciclo da soja. A tolerância a herbicidas também poderá facilitar o manejo de plantas daninhas logo após a colheita da leguminosa, de modo a reduzir a matocompetição na fase de recuperação da parte aérea das plantas de milho.

Bom enraizamento, para maior acesso à água e nutrientes no perfil do solo, arquitetura de folhas eretas e adaptação ao cultivo com espaçamento reduzido (em torno de 50 cm entre linhas) também serão características importantes nos híbridos de milho indicados para o Sistema Antecipe. Deve-se pensar também na reação a doenças e pragas para situações específicas, sendo estas questões enfrentadas tanto por soluções genéticas como de manejo.

Por fim, além das características de região, época e manejo, deve-se considerar o tipo de cultivar (constituição genética), se há eventos transgênicos, o ciclo, arquitetura de planta e novos atributos que ainda devem ser observados e utilizados para a distinção de híbridos mais adaptados ao Sistema Antecipe na amplitude de oferta de cultivares que existe no Brasil.

A própria escolha de cultivares de soja e suas características relativas a hábito de crescimento, ciclo, arquitetura, transgenia, potencial produtivo (e de extração de nutrientes do solo), altura de inserção da primeira vagem, resistência a pragas, tolerância à deiscência de vagens, dentre outras, serão fatores que podem influenciar na escolha mais adequada de cultivares de milho que comporão o Sistema Antecipe.

Cultivo do milho: padrões de desenvolvimento e graus-dia

O ciclo do milho pode ser representado pela soma térmica ou acúmulo de graus-dias (GD), equivalentes a unidades de calor necessários, de forma cumulativa, para o crescimento e desenvolvimento do milho, até que se atinja a fase reprodutiva ou a maturação fisiológica. O sistema de identificação usualmente empregado divide o desenvolvimento da planta em fase vegetativa (V) e fase reprodutiva (R), conforme apresentado na Tabela 1, analisado em Magalhães e Durães (2006), Magalhães et al. (1995, 2002).

O intervalo de tempo demandado pelas plantas de milho para o seu desenvolvimento varia em função de características genéticas, de fatores ambientais e da interação genótipo e ambiente, conforme já discutido anteriormente. Entre os fatores ambientais, o tempo necessário para o alcance de cada estágio de crescimento ao longo do ciclo do milho depende em grande parte da variação diária acumulada da temperatura após a semeadura. E, desta forma, o emprego de GD para distinção de ciclo de cultivares de milho apresenta maior estabilidade que a mensuração do ciclo diretamente em dias.

A acumulação diária de calor necessária para o crescimento e desenvolvimento do milho é representada por Unidades de Grau de Crescimento (GDU, sigla em inglês, ou GD, graus-dias, em português). Cada variedade de milho tem certo número de GDs necessários para atingir a fase reprodutiva e a maturidade fisiológica. Os dados de GD podem ser usados para a recomendação mais correta de cultivares de milho, de acordo com características ambientais e de manejo, considerando-se as diferentes épocas de cultivo e/ou regiões, de forma a se ter uma expectativa de tratos culturais e de colheita. A acumulação de GDs é calculada para cada dia durante o período

de crescimento, começando no dia da semeadura até a colheita. A soma dos GDs a partir da data de semeadura é utilizada para determinar as unidades totais acumuladas para a estação de crescimento e em suas subfases.

A equação usada para calcular graus-dias é dada por:

$$GD = \frac{(T^{a\max} + T^{a\min})}{2} - 10$$

A soma térmica, em termos de GD, para o alcance de um determinado estágio fisiológico, é dada por:

$$GD = \sum_{i=1}^d \left(\left(\frac{T^{a\max} + T^{a\min}}{2} \right) - 10 \right)_i$$

Em que: $T^{a\max}$ é a temperatura máxima do i -ésimo dia ($^{\circ}\text{C}$); $T^{a\min}$ é a temperatura mínima do i -ésimo dia; e 10 é a temperatura basal mínima.

Se a temperatura mínima estiver abaixo de 10°C , usar 10°C na equação; e se a temperatura máxima for maior que 32°C , usar 32°C na equação (adaptado de Assis et al., 2006). Exemplo: Se $T^{a\max} = 35^{\circ}\text{C}$ e $T^{a\min} = 22^{\circ}\text{C}$, considerar $GD = ((32 + 22) / 2) - 10 = 17,0$ GDs.

Atualmente, existem registradas mais de 700 cultivares de milho (Mapa, 2020), que, potencialmente, podem ser oferecidas no mercado brasileiro. Na safra 2019/2020, segundo dados coletados diretamente com as empresas de sementes de milho, foram disponibilizadas 196 cultivares de milho (Pereira Filho; Borghi, 2020). Em termos de interação genótipo-ambiente, considerando o total de acumulações diárias de calor demandadas para alcance da fase reprodutiva, as cultivares de milho podem ser categorizadas, em distintos ciclos, como superprecoces (780-830 GD), precoces/normais (831-890 GD) e tardias (>890 GDD) (Fancelli; Dourado Neto, 2004).

Estimando o tempo em que a cultura fica exposta aos riscos climáticos, o Zoneamento Agrícola de Risco Climático (Zarc) representa um instrumento de política agrícola que visa orientar produtores rurais, agentes financeiros e demais interessados em relação às áreas e épocas mais indicadas para a semeadura de culturas agrícolas, com o intuito de minimizar riscos de perdas de produção em decorrência de fenômenos climáticos adversos. Baseia-se em estudos integrando dados climáticos nacionais de pelo menos 15 anos de dados diários, textura do solo, ciclo da cultivar e probabilidade de ocorrência de fatores climáticos que podem ocasionar perdas na produção. Os resultados são publicados através de Portarias por cultura e Unidade da Federação, contendo a relação de municípios indicados para a semeadura e respectivos períodos indicados para efetuar a semeadura, visando maximização das produtividades potencialmente obtidas. São indicados períodos considerando diferentes níveis de risco de perda de safra: 20%, 30% e 40% (equivalendo, respectivamente, a 80%, 70% e 60% de probabilidade de obtenção de boas safras) (Brasil, 2020b). O processo de modelagem adotado depende do tempo em que a cultura fica exposta aos riscos climáticos, os quais variam em função da duração do ciclo de produção e das fases fenológicas. A Figura 7 apresenta exemplo da variação geográfica do tempo necessário para o florescimento masculino de uma cultivar de milho plantada em diferentes meses aptos para a semeadura de milho safrinha no Brasil. O Zarc orienta sobre datas indicadas para semeadura considerando cultivares com ciclo de 100 (precoce), 120 (médio) ou 140 (tardio) dias entre a emergência e a maturação fisiológica.

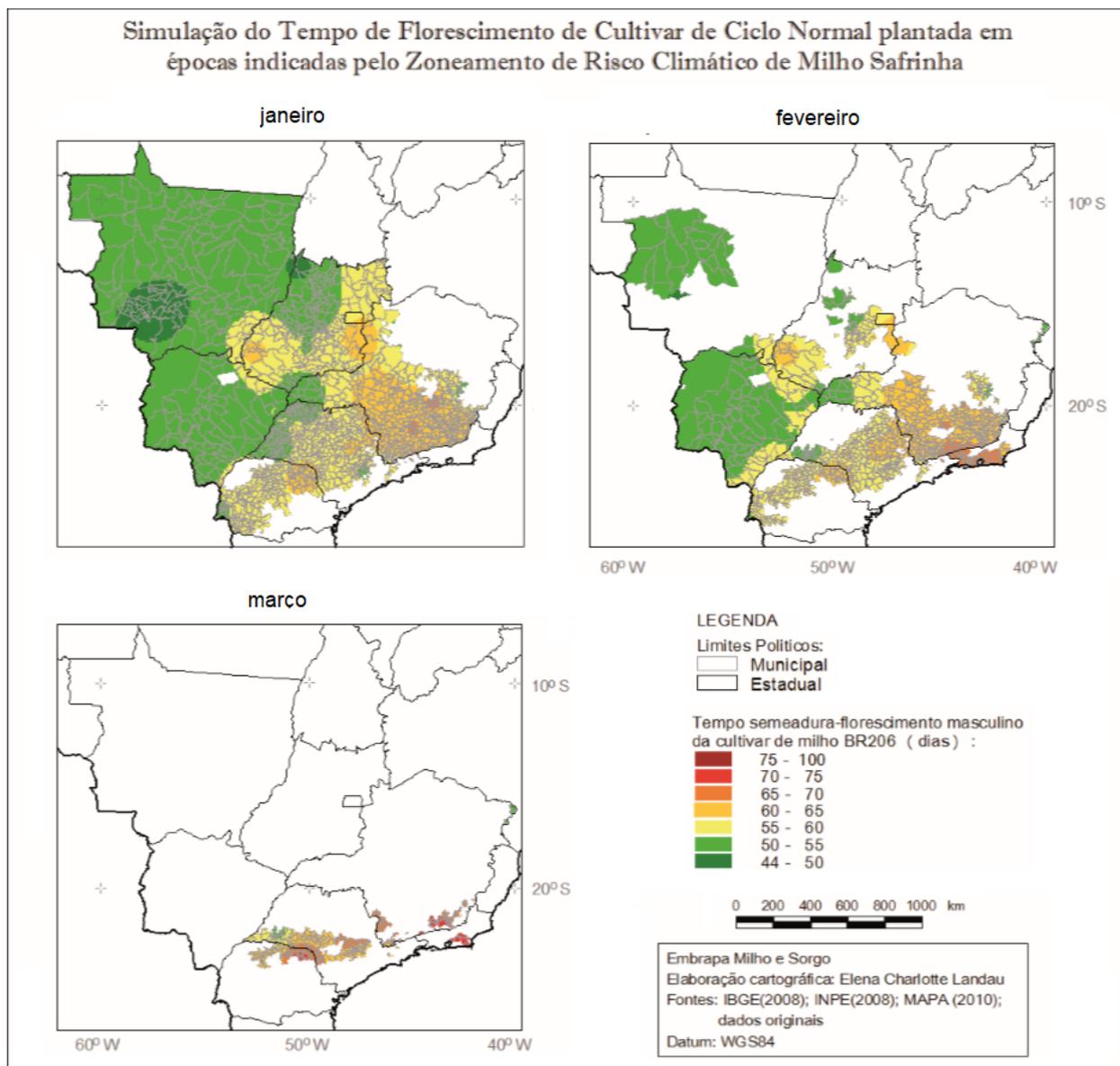


Figura 7. Simulação do tempo estimado entre sementeira e florescimento de milho semeado em épocas indicadas conforme o Zoneamento Agrícola de Risco Climático para milho safrinha (adaptado de Landau et al., 2010).

Para o milho segunda safra, semeado após a colheita da soja, atrasos na sementeira ou na colheita desta oleaginosa podem implicar no atraso da sementeira do milho. Na maioria dos casos, mesmo dentro do período recomendado pelo Zarc, o atraso na sementeira do milho segunda safra pode provocar reduções na sua produtividade. Este fato pode ser atribuído ao maior risco de restrições hídricas em fases fisiológicas importantes da cultura. Assim, a sementeira antecipada de milho proposto pelo Antecipe, mesmo antes da colheita de soja, de forma sincronizada para os estádios de crescimento recomendados, permitirá a realização de sementeiras em épocas com maior potencial de produtividade da segunda safra, sem prejudicar a produção de soja. Características genéticas e variações climáticas diretamente relacionadas com o tempo de desenvolvimento estimado das plantas de milho deverão orientar a definição das melhores datas de sementeira antecipada por município, considerando período indicado pelo Zarc para a sementeira da segunda safra de milho em que há maior probabilidade de obtenção de altas produtividades.

Sistema Antecipe – Cultivo intercalar de milho nas entrelinhas de soja

Em termos de impactos futuros de novas tecnologias que contribuirão para o efeito poupa-terra, a Embrapa Milho e Sorgo desenvolveu um sistema de produção que envolve a semeadura mecanizada da cultura do milho nas entrelinhas da soja, a partir do estágio de desenvolvimento R5 da leguminosa, segundo a escala de desenvolvimento proposta por Fehr et al. (1977) apresentada anteriormente. Este sistema, denominado Antecipe, é inovador e disruptivo para a agricultura brasileira, e foi planejado a partir de um conhecimento adquirido por mais de 13 anos de pesquisas na implantação da cultura do milho antes da colheita da soja.

Esta estratégia de produção agrícola não tem o objetivo de mudar o sistema de cultivo soja/milho predominante no País. O Antecipe é uma tecnologia que pretende reduzir o risco naquelas áreas da propriedade em que a semeadura tem sido realizada ao final da janela preconizada para cada região, definida pelo Zarc, publicado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Zarc, 2015; Brasil, 2020c). Essa tecnologia não deve ser utilizada em toda a área do milho safrinha, haja vista que parte da lavoura continuará sendo implantada nas condições de menor risco climático após a colheita da soja.

Produtores que já adotam o binômio soja/milho segunda safra em suas propriedades continuarão a fazê-lo. Porém, as áreas onde se realiza a semeadura ao final da janela recomendada e com maiores chances de perda de produtividade do milho por condições climáticas restritivas serão aquelas que poderão se favorecer com o estabelecimento precoce da cultura do milho antes da colheita da soja.

Os resultados obtidos em 13 anos de pesquisas conduzidas em áreas comerciais dos estados do Mato Grosso, Goiás, Paraná e Minas Gerais apresentados em Karam et al. (2020) demonstraram que, com o Antecipe, é possível antecipar a semeadura do milho segunda safra em até 20 dias, desde que atendidos alguns critérios técnicos. Além disso, o sistema pode ser utilizado nas regiões com maior experiência no cultivo soja/milho, permitindo o uso de cultivares de soja de ciclo mais longo, notadamente mais produtivas que as cultivares precoces, sem prejuízo em produtividade do milho na sequência.

O início dos trabalhos foi realizado na Embrapa Milho e Sorgo, em Sete Lagoas-MG em parceria com a Embrapa Soja, em Londrina-PR. Esta tecnologia só foi possível graças ao conhecimento consolidado do potencial de resposta do milho quando submetido à perda de área foliar, descrito em detalhes por uma ampla revisão bibliográfica em Karam et al. (2020) e no item 3 desta publicação. O processo de corte da planta de milho pela colhedora no momento da colheita da soja não acarreta prejuízo no desenvolvimento da gramínea, uma vez que o meristema (ponto de crescimento) se encontra abaixo da superfície do solo até estágio V5, possibilitando uma plena recuperação fisiológica da planta de milho em condições de campo (Magalhães; Durães, 2006). Assim, após a passagem da colhedora retirando da área a cultura da soja, as folhas remanescentes e/ou o caule do milho serão responsáveis pela retomada do potencial produtivo da cultura.

Na sequência ao processo de desenvolvimento da tecnologia de cultivo intercalar, diversos profissionais especializados de diferentes áreas de conhecimento e especialização profissional em máquinas agrícolas desenvolveram um protótipo de semeadora-adubadora inexistente no mercado brasileiro (depósito de patente BR 10 2020 009566 8, referente a protótipo de semeadora-adubadora para uso no sistema intercalar), buscando realizar a operação mecanizada de semeio e adubação

simultaneamente nas entrelinhas da soja, sem provocar danos mecânicos às plantas, tais como amassamento, perda de área foliar e vagens, ou outro prejuízo que comprometa a produtividade da oleaginosa (Figura 8). Além disso, a semeadora-adubadora desenvolvida através da cooperação técnica com a empresa Jumil - Justino de Moraes Irmãos S/A (Figura 9) permite uso múltiplo, ou seja, pode ser empregada para o semeio da soja no verão, com a vantagem de ser a única semeadora-adubadora disponível para a realização do Antecipe. Nenhuma outra semeadora disponível atualmente no mercado encontra-se apta a realizar o Antecipe, demonstrando o caráter inovador da tecnologia e a oportunidade de parceria público-privada para apresentar soluções inovadoras para a agricultura brasileira.



Figura 8. Protótipo de semeadora-adubadora desenvolvido pela equipe da Embrapa Milho e Sorgo (Sete Lagoas-MG) para semeadura mecanizada do milho nas entrelinhas da soja (depósito de patente BR 10 2020 009566 8).



Foto: Décio Karam

Figura 9. Semeadora-adubadora desenvolvida pela Jumil para implantação do cultivo intercalar antecipado de milho nas entrelinhas da soja - Antecipe. Modelo desenvolvido exclusivamente para este sistema de cultivo e que está à disposição dos agricultores a partir de 2021.

Essa estratégia de cultivo pode promover ganhos consideráveis nos sistemas de sucessão e/ou rotação soja/milho, uma vez que:

Favorece o estabelecimento precoce da cultura do milho com redução de riscos de frustração por perda de produtividade.

Possibilita redução no custo com a operação de dessecação da cultura da soja, pois, com o Antecipe, não será necessária a dessecação da soja utilizando um herbicida de contato para antecipar a colheita da oleaginosa e permitir a semeadura do milho segunda safra dentro da época ideal.

Possibilita aumento de produtividade de milho segunda safra na propriedade por meio de melhores práticas de tratos culturais.

Sistema Antecipe: evolução e dinâmica das safras de soja e milho no Brasil e nas regiões

Entre as práticas conservacionistas que conciliam produtividade e conservação de recursos naturais, o sistema de plantio direto (SPD) é adotado em aproximadamente 35 milhões de hectares no Brasil (Federação Brasileira de Plantio Direto e Irrigação, 2020). Para as condições tropicais, este sistema de cultivo baseia-se em três princípios agrícolas: não revolvimento do solo com implementos agrícolas, cobertura do solo com resíduos vegetais (palha) o maior período de tempo possível, e rotação de culturas (Blanco-Canqui; Ruis, 2018). Entre as culturas agrícolas que garantem a versatilidade do SPD nos diferentes biomas brasileiros, o milho é considerado estratégico para a sustentabilidade desta técnica, uma vez que apresenta características importantes, como a ampla adaptabilidade e estabilidade produtiva mesmo em cultivos outonais, permitindo finalidades múltiplas para cultivos em rotação ou sucessão à soja e, ainda, sendo consorciado com outras espécies vegetais, como nas modalidades de cultivos em Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) (Borghetti et al., 2013).

A escolha do milho para compor um sistema de rotação de culturas para o SPD se deve a muitas razões: **1.** Pertencente à família *Poaceae*, o milho tem grande capacidade de produção de palha, acima de 13 t ha⁻¹ (Resende et al., 2016) e de alta relação carbono/nitrogênio, o que lhe confere uma decomposição lenta na superfície do solo. **2.** Em muitas regiões produtoras, esta palha sobre o solo permanece até o cultivo da soja do ano agrícola seguinte, diminuindo a presença de plantas daninhas e reduzindo a perda de solo pelo processo erosivo provocado pela chuva. **3.** As raízes de milho, que ocupam grande volume em profundidade no solo, formam canais naturais que permitem maior infiltração de água e, através de sua decomposição, aumentam a ação de microrganismos benéficos, proporcionando melhorias das condições físicas, químicas e biológicas do solo. **4.** Aumenta progressivamente a produtividade das culturas ao longo do tempo de adoção do SPD (Borghetti et al., 2019).

No Brasil Central, o milho semeado após a soja (cultivo conhecido como milho segunda safra ou safrinha) garante o avanço do SPD em muitos estados brasileiros. O cultivo soja/milho foi estabelecido graças aos avanços tecnológicos nas duas culturas, permitindo reduzir o ciclo da soja e, na sequência, garantir a semeadura do milho em SPD (Karam et al., 2020). Kappes (2013) relatou que o melhoramento da soja ao longo das últimas décadas, buscando a precocidade aliada ao hábito de crescimento indeterminado na soja, provocou também uma antecipação na época de semeadura da soja em quase 50 dias, quando comparada à época de 1985/1990. Em 30 anos, graças aos avanços tecnológicos para estas duas culturas, a área cultivada de milho segunda safra saltou de 256 mil hectares na safra 1989/1990 para 13,73 milhões de hectares na safra 2019/2020 (Acompanhamento da Safra Brasileira [de] Grãos, 2020a). Com pesquisas adaptativas nas regiões produtoras, técnicos capacitados e o produtor empregando as melhores práticas agrícolas visando potencializar a produção e otimizando os recursos naturais disponíveis, a produtividade de milho safrinha, considerando esta mesma série histórica, passou de 966 kg ha⁻¹ em 1989/1990 para 5.454 kg ha⁻¹ em 2019/2020 (Acompanhamento da Safra Brasileira [de] Grãos, 2020a).

De acordo com Contini et al. (2019), o milho cultivado em rotação, sucessão e consórcio, graças à ampla plasticidade e adaptabilidade das cultivares disponíveis no mercado, apresenta produtividades na safrinha iguais ou superiores à época de cultivo no verão. Graças a esta amplitude de possibilidades, o milho safrinha representa a viabilidade econômica para adoção do SPD pelos produtores brasileiros (Miranda et al., 2011). Dados de área cultivada que compõem o relatório de

acompanhamento de safra demonstram que 37% da área cultivada de soja no Brasil recebeu o milho na sequência (Acompanhamento da Safra Brasileira [de] Grãos, 2020a).

A região Centro-Oeste adota este sistema de cultivo em maior proporção (54%), sendo os estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul os maiores produtores desta sequência soja/milho em SPD representando, respectivamente, 54% e 61% da área de soja da safra 2019/2020 (Acompanhamento da Safra Brasileira [de] Grãos, 2020a). Outros estados, como São Paulo, Rondônia e Tocantins, que vêm aumentando a área cultivada com soja nos últimos anos, também adotam o milho na sequência, consolidando o aumento expressivo de área do SPD no Brasil através do binômio soja/milho. Nesses estados, esse cultivo sequenciado já representa 48, 53 e 22% da área cultivada com soja, respectivamente (Tabela 2).

Tabela 2. Área cultivada de soja e de milho segunda safra nos principais estados produtores destas culturas no Brasil na safra 2019/2020.

| Região / UF | Área cultivada em 2019/2020 | | |
|---------------------|-----------------------------|------------------------------------|---|
| | Soja (mil hectares) | Milho segunda safra (mil hectares) | Percentual de milho segunda safra em relação à soja (%) |
| CENTRO-OESTE | 16.640,1 | 8.926,2 | 54 |
| MT | 10.004,1 | 5.414,4 | 54 |
| MS | 3.016,4 | 1.840,0 | 61 |
| GO | 3.545,1 | 1.633,7 | 46 |
| DF | 74,5 | 38,1 | 51 |
| SUL | 12.085,1 | 2.259,2 | 19 |
| PR | 5.502,7 | 2.259,2 | 41 |
| SUDESTE | 2.757,1 | 973,6 | 35 |
| MG | 1.647,3 | 442,8 | 27 |
| SP | 1.109,8 | 530,8 | 48 |
| NORTE | 2.110,0 | 531,2 | 25 |
| RO | 348,4 | 186,0 | 53 |
| TO | 1.078,0 | 240,7 | 22 |
| PA | 607,4 | 101,1 | 17 |
| BRASIL | 36.949,0 | 13.735,8 | 37 |

Fonte: Acompanhamento da Safra Brasileira [de] Grãos (2020a).

Na Tabela 3 é apresentada análise da área cultivada e da produtividade das duas culturas na última década (também a partir dos dados da Conab). Neste período, enquanto a área cultivada com soja cresceu 163% (incremento de 11,5 milhões de hectares na área cultivada) o milho safrinha aumentou em maior proporção de área cultivada (280%), porém, somente em 8,8 milhões de hectares. A produtividade das culturas, considerando esta mesma série de dados, cresceu de forma homogênea, 130% para ambas. Assim, é possível inferir que a área cultivada com milho segunda safra expandiu em maior proporção considerando a última década, porém, este aumento foi proveniente do avanço no cultivo da soja, em especial na região Centro-Oeste do País. Embora a expansão da leguminosa esteja em maior evolução pela possibilidade de cultivo sob áreas de pastagens degradadas no bioma Cerrado, o cultivo do milho no outono/inverno, semeado imediatamente (ou simultaneamente) à colheita da soja, consolidou a intensificação produtiva nesse ambiente com estas culturas, resultando no aumento no volume de milho produzido em 52,9 milhões de toneladas, graças à sucessão do binômio soja/milho em SPD.

Tabela 3. Evolução de área, da produtividade e do percentual de crescimento das culturas da soja e do milho safrinha entre os anos agrícolas 2009/2010 a 2019/2020. Dados obtidos da série histórica disponível pela Conab

| Cultura agrícola | Soja | | | Milho | | |
|--------------------------------------|---------------|---------------|--------------------|---------------|---------------|--------------------|
| | 2009/ 2010 | 2019/ 2020 | Crescimento (%) | 2009/ 2010 | 2019/ 2020 | Crescimento (%) |
| Área (milhões de hectares) | 18,1 | 29,5 | 163 | 4,9 | 13,7 | 280 |
| Produtividade (kg ha ⁻¹) | 2.671 | 3.466 | 130 | 4.164 | 5.454 | 130 |

Fonte: (Acompanhamento da Safra Brasileira [de] Grãos (2020a).

O milho é a segunda cultura produtora de grãos no Brasil, atrás apenas da soja. Assim, com a possibilidade de cultivo em segunda safra, a sucessão soja/milho aumentou o rendimento econômico do produtor na mesma área, tornando este sistema rentável mesmo com as variações de mercado já apresentadas anteriormente. De acordo com Borghi et al. (2019), fatores como os descritos acima tornam o milho indispensável para a intensificação sustentável da agricultura brasileira, possibilitando aumentar a oferta de alimentos em áreas já ocupadas pela agricultura, com sistemas produtivos cada vez mais intensivos, resilientes e otimizando o uso dos recursos naturais disponíveis (Resende et al., 2019).

Sistema Antecipe: casos de campo associados ao binômio soja/milho

Assim como descrito anteriormente, o Sistema Antecipe não visa a substituição do cultivo do milho segunda safra atualmente utilizado no Brasil. Trata-se de uma tecnologia que visa prioritariamente a redução de riscos, possibilitando antecipar a semeadura do milho nas entrelinhas da soja em até 20 dias antes da colheita da oleaginosa. Para que isso seja possível, critérios técnicos (como a correta identificação dos estádios fenológicos da soja e do milho) são essenciais e não podem, de maneira alguma, estar dissociados dos conhecimentos agrônomo e climático. A definição do tamanho da área a ser semeada com o Antecipe deve ser condizente com a capacidade operacional para o cultivo do milho e não deve ser postergada para além da janela de cultivo do Zarc estabelecida para o município onde se localiza a propriedade.

Nas Tabelas 4 e 5 são apresentados os resultados sumarizados de 11 experimentos conduzidos em diferentes regiões produtoras de milho safrinha nos anos agrícolas de 2008/2009 (Tabela 4) e 2009/2010 (Tabela 5). Todos os experimentos estão apresentados individualmente em Karam et al. (2020).

Tabela 4. Resultados sumarizados de produtividades de grãos de milho no ano agrícola 2008/2009, em diferentes locais de produção do sistema soja/milho.

| Local | Cultivares de soja | Produtividade Milho – kg ha ⁻¹ | | |
|-------------------------|---------------------------------|---|--------------|--------------|
| | | 0 DAC ¹ | 10 DAC | 20 DAC |
| Londrina-PR | BRS 284 (Precoce ²) | 5778 | 4959 | 5865 |
| | BRS 232 (Semiprecoce) | 5708 | 5493 | 4484 |
| Campo Mourão-PR | BRS 255 (Precoce) | 1741 | 4302 | 2936 |
| | Magna RR (Precoce) | 1725 | 4135 | 2924 |
| | BRS 245 RR (Semiprecoce) | 741 | 2497 | 4802 |
| Rio Verde-GO | Engopa 316 RR (Precoce) | 1518 | 2722 | 2681 |
| | M 7908 RR (Semiprecoce) | 1269 | 1822 | 2437 |
| Patos de Minas-MG | M 6101 RR | 5500 | 5000 | 6500 |
| Média Geral | | 2997 | 3866 | 4661 |
| Incremento Médio | | | + 29% | + 55% |

¹ – DAC - Dias antes da colheita da soja, ² – ciclo da cultura da soja.

Na Tabela 4, o Sistema Antecipe foi avaliado em quatro locais, utilizando como tratamentos cultivares de soja de ciclos contrastantes (com exceção do experimento realizado em Patos de Minas-MG) e três épocas de antecipação: 20 dias antes da colheita da soja (20 DAC); 10 dias antes da colheita da soja (10 DAC); e semeadura do milho no mesmo dia da colheita da soja (0 DAC), esse último considerado como testemunha. O incremento médio de produtividade de grãos de milho com a antecipação foi de 29% com 10 DAC e 55% com 20 DAC, quando comparados ao tratamento testemunha (0 DAC).

Na Tabela 5, cujos experimentos foram conduzidos no ano agrícola 2009/2010, os tratamentos de antecipação foram ampliados: 21 dias antes da colheita da soja (21 DAC); 14 dias antes da colheita da soja (14 DAC); 7 dias antes da colheita da soja (7 DAC); e semeadura do milho no mesmo dia da colheita da soja (0 DAC), esse último considerado como testemunha. Os incrementos médios na produtividade de grãos de milho foram de 26%, 22% e 31%, respectivamente. Em relação ao tratamento 7 DAC, Karam et al. (2020) orientam que, mesmo com incremento na produtividade semelhantes às demais épocas, esta antecipação não é vantajosa ao produtor

pois, independentemente da localidade, é muito próxima da colheita da soja. Assim, o trânsito da semeadora-adubadora nas entrelinhas da soja pode promover a queda e abertura de vagens, com consequente perda de grãos.

É importante ressaltar que as produtividades de milho nos dois anos agrícolas são baixas porque, em todos os locais, o milho foi semeado próximo do final ou após a janela de cultivo preconizada pelo Zarc em cada região, premissa esta que consolida o Antecipe como uma estratégia viável de cultivo nestas condições se esta antecipação ocorrer entre 10 e 20 dias antes da colheita da soja (Karam et al., 2020).

Tabela 5. Resultados sumarizados de produtividades de grãos de milho no ano agrícola 2009/2010, em diferentes locais de produção do sistema soja/milho.

| Local | Cultivares de soja | Produtividade Milho – kg ha ⁻¹ | | | |
|-------------------------|---|---|-------------|-------------|-------------|
| | | 0 DAC ¹ | 7 DAC | 14 DAC | 21 DAC |
| Campo Mourão-PR | BMX Titan (Indeterminado ²) | 3707 | 2824 | 2466 | 1965 |
| | BRS 255 RR (Determinado) | 3257 | 3040 | 3948 | 3969 |
| Londrina-PR | BRS 242 RR (Indeterminado) | 7223 | 8593 | 8227 | 8112 |
| | BRS 284 (Determinado) | 7751 | 8054 | 8791 | 8338 |
| Rio Verde-GO | Engopa 316 RR (Precoce) | 1811 | 2317 | 3706 | 3663 |
| | M 7908 (Semiprecoce) | 1330 | 1971 | 3519 | 2728 |
| Patos de Minas-MG | M 7211 RR (Precoce) | 2420 | 4942 | 4841 | 4113 |
| Média Geral | | 3583 | 4534 | 4380 | 4698 |
| Incremento Médio | | | 26% | 22% | 31% |

¹ – DAC - Dias antes da colheita da soja, ² – ciclo da cultura da soja.

Karam et al. (2020), após análise destes experimentos e de toda a base conceitual que consiste o Antecipe, afirmam ainda que a antecipação do milho safrinha pode ser realizada em até 20 dias antes da colheita da soja. Mesmo considerando as regiões macrossojícolas do Brasil, o ideal é que a tecnologia seja implementada a partir do estágio R5 da soja, de acordo com a escala de Fehr et al. (1977). Além disso, o produtor poderá semear a soja sem a necessidade de antecipação, realizando esta operação na época mais indicada para a cultura, com o efetivo início das chuvas.

Na colheita mecânica da soja, há dano mecânico das folhas de milho. Plantas jovens sofrem menores danos. Por isso, é necessário que, na fase de planejamento do Antecipe, o produtor possa selecionar cultivares de soja analisando também a altura de inserção da primeira vagem.

Assim que for realizada a colheita da soja e conseqüente desfolha de milho, recomenda-se a adubação nitrogenada em cobertura. Quanto mais cedo ocorrer esta adubação, maior será a condição para potencializar a retomada de crescimento do milho. A quantidade de N em cobertura deverá ser próxima de 100 kg ha⁻¹, assim como já é recomendada para o milho safrinha sem o Antecipe. Ademais, se for possível o parcelamento, melhores poderão ser os resultados, principalmente se a colheita da soja ocorrer após o estágio V4 do milho.

Com a antecipação da semeadura no Sistema Antecipe, o produtor poderá ter a oportunidade de reduzir pelo menos uma aplicação de herbicidas, seja ela na dessecação das plantas de soja para antecipar a colheita, na dessecação das plantas daninhas para a semeadura da cultura do milho, ou na pós-emergência das plantas daninhas visto que no momento desta aplicação as plantas de milho já estarão estabelecidas.

Com o desenvolvimento do know-how desenvolvido com o Antecipe no sistema soja/milho safrinha será possível desenvolver novos modelos de cultivos consorciados, com alto potencial de impacto para outras culturas, como sorgo (granífero, forrageiro e biomassa), trigo de duplo propósito, milheto para uso múltiplo (cobertura vegetal e/ou forragem), além da possibilidade do cultivo de gramíneas forrageiras dos gêneros *Urochloa* (*Syn Brachiaria*) e *Megathirsus* (*Syn Panicum*) para composição de novas modalidades de cultivo para a Integração Lavoura-Pecuária (ILP).

Sistema Antecipe: oportunidades de PD&I e negócios com base em ciência

Desde o seu lançamento, o Sistema Antecipe tem despertado o interesse de diversos produtores, profissionais e empresas do setor agropecuário, que vislumbram oportunidades para aumentar os ganhos de produção nos sistemas de sucessão e/ou rotação soja/milho, a partir do cultivo intercalar, com antecipação em até 20 dias, da semeadura do milho de segunda safra nas entrelinhas da soja.

As cadeias produtivas de grãos de soja, milho, trigo e outros cereais demandam constantemente novas soluções tecnológicas de grande impacto para o aumento da produtividade; aumento da sustentabilidade dentro e fora das porteiras agrícolas; e aumento do valor percebido pela sociedade, mensurados não somente pela quantidade e pela diversidade de produtos e serviços ofertados, mas também pela rastreabilidade e pela certificação da qualidade. Esses sistemas de produção agropecuária, cada vez mais complexos, conectados, intensivos e inteligentes, caracterizam e modelam o novo mundo *smart* da agricultura 4.0 no Brasil e no globo. Nesse contexto, o Sistema Antecipe surge para agregar mais valor às cadeias produtivas da soja e do milho, possibilitando ganhos reais e imediatos para o público-alvo.

Em termos de pesquisa, desenvolvimento e inovação (PD&I), o Sistema Antecipe surge como uma solução disruptiva; versátil, uma vez que pode ser aplicada para outras espécies, tipos de cultivos ou níveis de investimento tecnológico; sustentável, pois permite incrementos de produção, sem a necessidade de expansão das áreas agrícolas (efeito poupa-terra); e estratégica, com inúmeras possibilidades para o desenvolvimento de uma “Plataforma de Serviços”, com foco na oferta de soluções tecnológicas para a intensificação sustentável dos diferentes sistemas agropecuários no Brasil.

Ainda no binômio soja/milho, há muito a ser explorado no Sistema Antecipe. Como em todo sistema novo, muitas perguntas necessitarão de respostas científicas e tecnológicas para o amplo posicionamento do Antecipe em diferentes regiões de cultivo que utilizam sistemas de sucessão e/ou rotação soja/milho no território brasileiro. Em função das várias características genéticas das

cultivares, dos diferentes fatores ambientais (solo, clima, manejo, estresses bióticos e abióticos) e da interação entre genótipos e ambientes, já citados anteriormente e que influenciam diretamente o Sistema Antecipe, serão necessárias atualizações e evoluções adaptativas de forma contínua, dando oportunidade para a validação e adaptação *in loco*, conforme especificidades de cada local de cultivo (regiões, municípios, fazendas e talhões).

Assim, a equipe de PD&I da Embrapa Milho e Sorgo tem mapeado oportunidades para o desdobramento de novas soluções tecnológicas associadas ao Sistema Antecipe em diferentes linhas temáticas, tanto para o binômio soja/milho quanto para outras espécies, tipos de cultivo e níveis de investimento tecnológico, conforme apresentado na Tabela 6. Por exemplo, as recomendações de cultivares, com maior adaptabilidade ao Sistema Antecipe, devem ser realizadas para cada região-alvo de cultivo do milho em sucessão à cultura da soja, levando em consideração as características de cada material genético (ciclo, tipo de cruzamento, morfofisiologia, etc.), o clima, as épocas de cultivo, o tipo e a fertilidade do solo, o histórico das áreas de produção, o manejo de pragas e doenças, os níveis de investimento tecnológico, entre outros fatores (Tabela 6).

Tabela 6. Oportunidades em pesquisa, desenvolvimento e inovação (PD&I) para novas soluções tecnológicas relacionadas ao Sistema Antecipe - cultivo intercalar antecipado de milho nas entrelinhas da soja..

| Oportunidades em PD&I | Tópicos Prioritários |
|--|---|
| Posicionamento de cultivares de soja e milho, com maior adaptabilidade e estabilidade produtiva para o Sistema Antecipe, em diferentes regiões de cultivo. | <ol style="list-style-type: none"> 1. Avaliação, seleção e recomendação de cultivares, considerando características agronômicas desejáveis para o Sistema Antecipe, por exemplo: <ul style="list-style-type: none"> • Soja - altura de inserção da primeira vagem, altura de plantas, engalhamento, tolerância à deiscência de vagem, densidade de plantas, hábito de crescimento, arquitetura de plantas, ciclo, entre outras. • Milho - potencial de recuperação fisiológica e velocidade de retomada de crescimento após corte do ápice das plantas em razão da colheita mecanizada da soja; respostas no Antecipe conforme elasticidade de ciclos, medidas de graus dia, tipos de cultivar (variedades e grupos de híbridos), capacidade de enraizamento, arquitetura da planta e níveis tecnológicos aplicados; outras características agronômicas essenciais para o potencial produtivo no Sistema Antecipe, como resistência a pragas e doenças. |
| Uso de insumos biológicos para incremento da produtividade das culturas no sistema de cultivo intercalar. | <ol style="list-style-type: none"> 1. Recomendação para inoculação e coinoculação, via sementes, sulco ou foliar, de bactérias promotoras do crescimento (BPCP) em soja e milho no Sistema Antecipe. 2. Recomendação de uso de biopesticidas em áreas produtivas de milho e soja no sistema intercalar. 3. Adaptação da semeadora-adubadora para aplicação de insumos biológicos no sulco de plantio da cultura do milho. |

Tabela 6. Continua.

| Oportunidades em PD&I | Tópicos Prioritários |
|---|--|
| Manejo fitossanitário no sistema de cultivo intercalar. | <ol style="list-style-type: none"> 1. Levantamento sobre insetos-praga e doenças com potencial impacto nas culturas da soja e do milho no Sistema Antecipe. 2. Desenvolvimento de um protocolo para o Manejo Integrado de Pragas (MIP) no Sistema Antecipe. 3. Avaliação dos impactos da aplicação de herbicidas na pré e pós-colheita da soja para o desenvolvimento do milho semeado nas entrelinhas. 4. Avaliação da compatibilidade de bioprodutos em misturas com produtos químicos, na pós-emergência do milho, semeado em sistema intercalar. |
| Desenvolvimento de sistemas de cultivo intercalar antecipado para outras espécies, tipos de cultivos ou níveis de investimento tecnológico. | <ol style="list-style-type: none"> 1. Outras culturas: azevém; trigo duplo propósito; espécies forrageiras, como braquiária, panicum e estilosantes; alfafa; feijão, com foco na região Nordeste; sorgo granífero, forrageiro ou biomassa; milheto granífero ou forrageiro; capim sudão; trigo mourisco; crotalárias; aveias, entre outras. 2. Sistemas de múltiplos cultivos: soja/milho e braquiária. 3. Sistemas de cultivo para o vazio outonal, especificamente para a região Sul. |
| Manejo eficiente de nutrientes no sistema de cultivo intercalar. | <ol style="list-style-type: none"> 1. Balanço de nutrientes com aplicação de insumos via semeadora-adubadora comparado à adubação a lanço. 2. Balanço de nutrientes: nitrogênio (N, incluindo o fornecimento via palha da soja), carbono (C) alinhado ao Sistema AFERE (tecnologia Embrapa, www.embrapa.br/soja/afere). 3. Recomendações no Sistema Antecipe para solos de fertilidade construída e solos com esgotamento de fertilidade (áreas marginalizadas). |
| Sistema Antecipe frente às políticas públicas | <ol style="list-style-type: none"> 1. Análises de riscos climáticos e econômicos para a recomendação do Sistema Antecipe como estratégia associada ao Zoneamento Agrícola de Risco Climático (Zarc), principalmente nas regiões de cultivo de milho safrinha, fornecendo a base necessária para a abertura de linhas de créditos bancários e seguros rurais. |
| Indicadores econômicos do Sistema Antecipe para as culturas da soja e do milho | <ol style="list-style-type: none"> 1. Análise de viabilidade econômica do sistema de cultivo intercalar antecipado do milho nas entrelinhas da soja, em comparação com o milho semeado fora da janela proposta pelo ZARC. 2. Impacto financeiro da tecnologia, ou seja, retorno econômico para cada real investido pelo produtor na adoção do Sistema Antecipe. |

Tabela 6. Continua.

| Oportunidades em PD&I | Tópicos Prioritários |
|---|---|
| Ações estratégicas de transferência de tecnologias (TT) | <ol style="list-style-type: none"> 1. Cursos/treinamentos para a capacitação de técnicos agrícolas e operadores de máquinas quanto aos requisitos e às técnicas de manejo para o sucesso da implantação do Sistema Antecipe. 2. Capacitação de agentes de transferência de tecnologia (extensionistas, consultores, cooperativas, associações, fundações, etc.). 3. Implantação de Unidades Demonstrativas para a divulgação da tecnologia Embrapa em regiões-alvo do sistema de cultivo do binômio soja/milho. 4. Avaliação do impacto e da adoção do Sistema Antecipe para o delineamento de novas ações de P&D e de TT (inteligência estratégica). 5. Desenvolvimento de novos pacotes tecnológicos, integrando outros ativos da Embrapa e de stakeholders no Sistema Antecipe. |

Para além das oportunidades de P&D prospectadas até o momento, a Embrapa vislumbra a modelagem de uma “Plataforma Aberta de Inovação e Serviços Estratégicos” para o Antecipe composta por redes de inteligência em PD&I e negócios, agregando especialistas de diferentes áreas do conhecimento, capazes de integrar estratégias, informações, recursos e produtos (inputs) para o provimento de novas soluções tecnológicas de alto valor agregado (outputs e outcomes) (Figura 10). Dentre vários benefícios, essa plataforma permite viabilizar a conexão entre diferentes stakeholders (por exemplo, instituições de pesquisa, extensão, iniciativa privada, governos e sociedade), para que o Sistema Antecipe se consolide como uma estratégia robusta com potencial de impacto no campo e nas cidades.

Para o Sistema Antecipe, desenvolvido em sua origem já na parceria público-privada, esta é uma oportunidade real e imediata de ampliar a integração dos diferentes ativos tangíveis e intangíveis (em diferentes níveis da escala TRL e MRL de maturidade - adaptada de Mankins, 2004) de stakeholders para o desenvolvimento de novas soluções tecnológicas (práticas, processos, produtos e serviços) de alto valor percebido pelo setor produtivo.

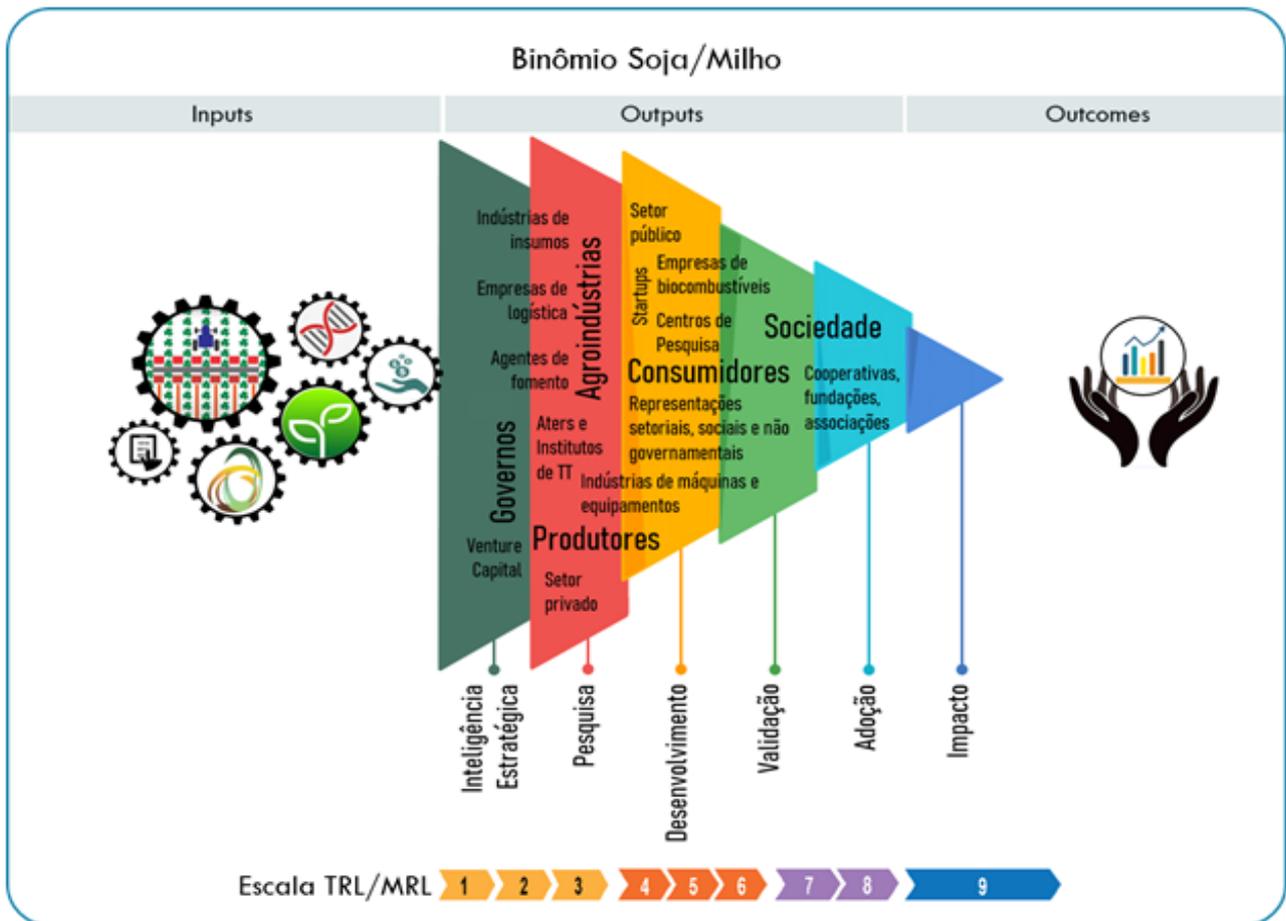


Figura 10. Plataforma Aberta de Inovação e Serviços Estratégicos para o binômio soja/milho, como um ecossistema de oportunidades para a alavancagem do Sistema Antecipe – cultivo intercalar antecipado de milho nas entrelinhas da cultura da soja. A Plataforma inclui a integração de ativos (em diferentes níveis da escala de maturidade TRL/MRL utilizada pela Embrapa) como inputs para o desenvolvimento de novas soluções de alto valor agregado para o setor produtivo (outputs e outcomes).

Considerações finais

A agricultura em campo é uma atividade a “céu aberto”, com grandes oportunidades para impactos econômicos e sociais, mas também é um empreendimento de riscos, notadamente em razão de fatores ambientais.

Analisando os dados que suportam a relevância da trajetória do binômio soja/milho, e a evolução de cultivo, produção e usos destas espécies em uma agricultura a céu aberto, em diferentes regiões brasileiras e safras agrícolas, com variações ambientais importantes, afetando a produção e produtividade das culturas de milho e soja, eles mostram as oportunidades e os riscos da atividade, bem como sinalizam para a necessidade de movimentos inteligentes e criativos para a tomada de decisão empresarial e de políticas públicas, para suporte embasado na inovação, no empreendedorismo e no desenvolvimento produtivo.

O Sistema Antecipe é uma plataforma de conhecimento que integra tecnologia, arranjos técnico-científicos, institucionais e produtivos, e favorece a adequada tomada de decisão baseada em dados e informação, buscando mitigar os efeitos de riscos ambientais, gerenciais e produtivos. Entretanto, é preciso produzir efeitos em metas de impactos da atividade, razão pela qual o Sistema Antecipe está suportado pelo conhecimento tangível e intangível, de genética de cultivares, práticas de manejo de cultura, escala e adequação de plantios e compreensão para tomada de decisão em tempo adequado.

Informação estruturada (análise de banco de dados, publicações, agrolinks e lives, capacitação/treinamento, conversação e diálogos técnicos, etc.), maquinaria (semeadora/adubadora), aplicativo (software) facilitador para a tomada de decisão associada ao Sistema Antecipe, bem como outros elementos para sintonia fina com decisões privadas e políticas públicas, atuais e futuras, colocam esta tecnologia no propósito de soluções para médios e pequenos empreendimentos com milho e soja, bem como para frações marginais em áreas (talhões) e janelas de semeadura (épocas de plantio) de grandes empreendimentos que cultivam este binômio soja/milho.

Fundamentalmente, o Sistema Antecipe é uma plataforma para decisão de arranjo produtivo de até 20 dias, e a compreensão e o acompanhamento da dinâmica de crescimento das espécies de soja e milho conduzem para uma harmonização dos estádios de crescimento, a partir de R5 em soja para implantação e até V5 para colheita sem provocar danos ao desenvolvimento do milho (Figura 11).

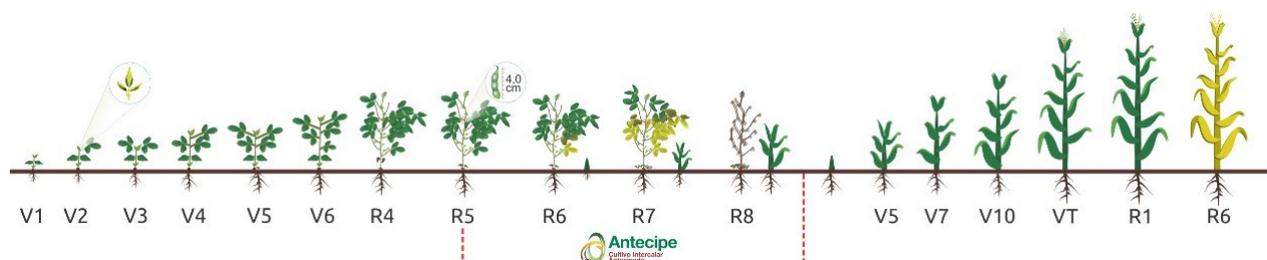


Figura 11. Ciclo de vida das culturas de soja e milho e harmonização de manejo de cultura nos estádios de crescimento R5 (soja) e V5 (milho), no âmbito do Sistema Antecipe.

A compreensão sobre os estágios de crescimento do milho e da soja, e suas subfases, é relevante para orientar o manejo das culturas, isolada ou em associação. Em uma espécie vegetal, como é o caso de cada uma destas graníferas, cereal milho e oleaginosa soja, todas as plantas têm as mesmas etapas gerais de desenvolvimento. Entretanto, o tempo entre os estágios e o número total de folhas em uma planta pode variar. Por exemplo, um genótipo de maturação precoce pode produzir menos folhas ou desenvolver-se através de estágios de crescimento mais rápido do que uma cultivar de maturação tardia, sob condições plenas ou subótimas a estresses severos de condições ambientais adversas. A variação no tempo de desenvolvimento pode ser devida a diferenças nas cultivares de milho ou de soja, estresses ambientais, locais, datas de plantio e estações do ano e safras agrícolas.

A duração do ciclo total (emergência - maturidade fisiológica) de desenvolvimento de cultivares de milho tem relação direta com a duração da fase vegetativa (emergência - anteses ♂ e ♀) e não com a fase reprodutiva (anteses ♂ e ♀ - maturidade fisiológica), a qual é similar entre as cultivares. A duração da fase vegetativa em milho tem relação direta com o número final de folhas e não com a velocidade de aparecimento das folhas.

O ciclo de vida da planta de milho classifica-se em três Grupos de Maturidade (I, II e III) (Figura 12), ou Tipos (Superprecoce, Normal e Tardio), com base no número de dias para que a planta atinja a maturidade fisiológica. (Mapa, 2018 - Padronização para precocidade de híbridos de milho). Grupo I - Superprecoce: até 110 dias; Grupo II - Normal: entre 110 e 145 dias; Grupo III - Tardio: maior que 145 dias.

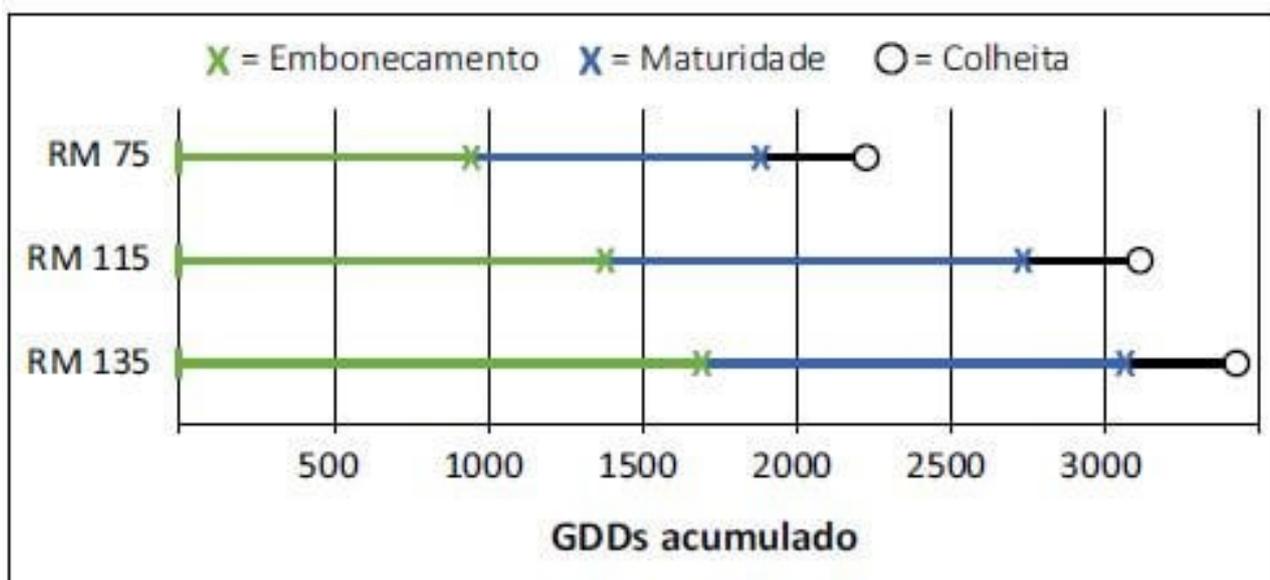


Figura 12. Comparação de híbridos de maturidade relativa (RM) 75, 115 e 135 dias após a emergência, mostrando os GDDs acumulados no embonecamento e na maturidade. Fonte: Pioneer Sementes (2018).

O Sistema Antecipe apresenta um grande potencial de impactar o manejo de cultivo intercalar de milho, sobretudo de segunda safra (originalmente denominado de “safrinha”) e é relevante compreender a harmonização da coincidência entre os estádios de crescimento no binômio soja/milho de segunda safra. Com a expansão de cultivo intercalar, na abrangência do Sistema Antecipe, ampliam-se as oportunidades de inclusão de diversas outras áreas de cultivo e condições para minimização dos riscos de cultivo de segunda safra do milho, nas entrelinhas de soja.

A compreensão dos fatores genéticos, ambientais e da interação genótipo e ambiente (G, E, G*E) e aplicação das características de cultivares, região e manejo de cultivos, associadas à maquinaria de semeadura, adubação e mesmo de complementos tecnológicos de insumos e práticas agropecuárias, permitem focar, com a expansão de uso do Sistema Antecipe, o alcance para impactos nos tamanhos de pequenos, médios e frações de grandes empreendimentos. Os resultados individuais de planta e de lavouras de milho e de soja (em função do Genótipo, Ambiente e G*A) podem variar de local para local e de ano para ano, afetando o desempenho e a produtividade. Os dados apresentados são indicativos de performance, e o resultado pode não ser um indicador de potencial máximo que você pode obter, pois o cultivo local, o solo e as condições climáticas impactam em diferentes níveis ao longo de um ciclo de cultivo. Os produtores devem buscar sempre os indicadores técnicos de performance e devem avaliar e considerar os dados específicos de vários locais e anos, sempre que possível.

Adicionalmente, neste propósito, o Sistema Antecipe, permite e favorece a integração de estratégias de ação privadas e de políticas públicas, focadas em inclusão socioproductiva, sobretudo, de média e pequena produção, dos sistemas cooperativados e da agricultura familiar organizada.

Algumas áreas piloto (URT - Unidades de Referência Tecnológica) com o Sistema Antecipe, na parceria público-privada, serão implementadas e acompanhadas, a partir das safras 2020/2021, em regiões selecionadas do Brasil.

Importante: Os resultados individuais de planta e de lavouras de milho e de soja (em função do Genótipo, Ambiente e G*A) podem variar de local para local e de ano para ano, afetando o desempenho e a produtividade. Os dados apresentados são indicativos de performance, e o resultado pode não ser um indicador de potencial máximo que você pode obter, pois o cultivo local, o solo e as condições climáticas impactam em diferentes níveis ao longo de um ciclo de cultivo. Os produtores devem buscar sempre os indicadores técnicos de performance e devem avaliar e considerar os dados específicos de vários locais e anos, sempre que possível.

Referências

ACOMPANHAMENTO da Safra Brasileira [de] Grãos, v. 7, safra 2019/20, agosto 2020: décimo primeiro levantamento. Brasília, DF: Conab, 2020a. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>>. Acesso em: 1 set. 2020.

ACOMPANHAMENTO da Safra Brasileira [de] Grãos, safra 2020/21, novembro 2020: primeiro levantamento. Brasília, DF: Conab, 2020b. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>>. Acesso em: 1 set. 2020.

AINSWORTH, E. A.; YENDREK, C. R.; SITCH, S.; COLLINS, W. J.; EMBERSON, L. D. The effects of tropospheric ozone on net primary productivity and implications for climate change. **Annual Review of Plant Biology**, v. 63, p. 637-661, 2012.

ALLIPRANDINI, L. F.; ABATTI, C.; BERTAGNOLLI, P. F.; CAVASSIM, J. E.; GABE, H. L.; KUREK, A.; MATSUMOTO, M. N.; OLIVEIRA, A. R. de; PITOL, C.; PRADO, L. C.; STECKLING, C. Understanding soybean maturity groups in Brazil: Environment, cultivar classification, and stability. **Crop Science**, v. 49, n. 3, p. 801-808, 2009.

ASSIS, J. P.; DOURADO NETO, D.; NASS, L. L.; MANFRON, P. A.; BONNECARRERE, R. A. G.; MARTIN, T. N. Simulação estocástica de atributos do clima e da produtividade potencial de milho utilizando-se distribuição triangular. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 3, p. 539-543, 2006.

BLANCO-CANQUI, H.; RUIS, S. J. No-tillage and soil physical environment. **Geoderma**, v. 326, p. 164-200, 2018.

BORGHI, E.; SIMÃO, E. de P.; RESENDE, A. V. de; GALVÃO, J. C. C.; SILVA NETO, S. P. da; PEREIRA, A. F. Evaluation of soybean cultivars of contrasting cycles according to the level of investment in fertilization. **American Journal of Plant Sciences**, v. 8, n. 12, p. 2977-2994, 2017.

BORGHI, E.; CRUSCIOL, C. A. C.; MATEUS, G. P.; NASCENTE, A. S.; MARTINS, P. O. Intercropping time of corn and palisadegrass or guineagrass affecting grain yield and forage production. **Crop Science**, v. 53, n. 2, p. 629-636, 2013.

BORGHI, E.; PEREIRA FILHO, I. A.; RESENDE, A. V. de; GONTIJO NETO, M. M.; KARAM, D.; ABREU, S. C. Atenção ao PPP: perfil, palha e plano de manejo. **A Granja**, v. 75, n. 848, p. 32-35, ago. 2019.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Valor bruto da produção agropecuária**. Brasília, DF, 2020a.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Zoneamento agrícola**. Brasília, DF, 2020b. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/riscos-seguro/programa-nacional-de-zoneamento-agricola-de-risco-climatico/zoneamento-agricola>>. Acesso em: 23 nov. 2020.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **ZARC - Zoneamento Agrícola de Risco Climático**. Disponível em: <<http://indicadores.agricultura.gov.br/zarc/index.htm>>. Acesso em: 12 ago. 2020c.

CONTINI, E.; MOTA, M. M.; MARRA, R.; BORGHI, E.; MIRANDA, R. A. de; SILVA, A. F. da; SILVA, D. D. da; MACHADO, J. R. de A.; COTA, L. V.; COSTA, R. V. da; MENDES, S. M. **Milho: caracterização e desafios tecnológicos**. [Brasília, DF: Embrapa; Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo], 2019. 45 p. (Desafios do Agronegócio Brasileiro, 2). Nota técnica.

DURÃES, F. O. M.; MAGALHÃES, P. C.; OLIVEIRA, A. C. de. Índice de colheita genético e as possibilidades da genética fisiológica para melhoramento do rendimento de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 1, n. 1, p. 33-40, 2002.

EVANS, L. T.; FISCHER, R. A. Yield potential: its definition, measurement, and significance. **Crop Science**, v. 39, n. 6, p. 1544-1551, 1999.

- FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. Guaíba: Agropecuária, 2004. 360 p.
- FARIAS, J. R.; NEPOMUCENO, A. L.; NEUMAIER, N. **Ecofisiologia da soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2007. 9 p. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 48).
- FEDERAÇÃO BRASILEIRA DE PLANTIO DIRETO E IRRIGAÇÃO. Disponível em: <<https://febrap-dp.org.br>>. Acesso em: 1 set. 2020.
- FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E.; BURMOOD, D. T.; PENNINGTON, J. S. Stage of development descriptions for soybeans, *Glycine max* (L.) Merrill. **Crop Science**, v. 11, n. 6, p. 929-931, 1971.
- FUNDAÇÃO MERIDIONAL DE APOIO À PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Indicação de cultivares por região edafoclimática**. Disponível em: <<http://www.fundacaomeridional.com.br/soja/regioes-e-dafoclimaticas>>. Acesso em: 13 nov. 2020.
- INTERNATIONAL GRAIN CONCIL. Disponível em: <<http://www.igc.int>>. Acesso em: 13 nov. 2020.
- KAPPES, C. Sistemas de cultivo de milho safrinha no Mato Grosso. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE MILHO SAFRINHA, N. 12, 2013. **Anais...** Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2013.
- KARAM, D.; BORGHI, E.; MAGALHÃES, P. C.; PAES, M. C. D.; PEREIRA FILHO, I. A.; MANTOVANI, E. C.; SOUZA, T. C. de; ADEGAS, F. S. **Antecipe: cultivo intercalar antecipado**. Brasília, DF: Embrapa, 2020. 105 p. Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1126609>>. Acesso em: 20 nov. 2020.
- KASTER, M.; FARIAS, J. R. B. **Regionalização dos testes de valor de cultivo e uso e da indicação de cultivares de soja: terceira aproximação**. Londrina: Embrapa Soja, 2012. 69 p. (Embrapa Soja. Documentos, 330).
- LANDAU, E. C.; TEIXEIRA, R. B.; GUIMARÃES, D. P.; HIRSCH, A. **Estimativa do tempo de florescimento de milho plantado na época de safrinha: modelagem espacial considerando o zoneamento de riscos climáticos**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2010. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 146). Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/876927>>. Acesso em: 23 nov. 2020.
- MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M.; PAIVA, E. **Fisiologia da planta de milho**. Sete Lagoas: Embrapa-CNPMS, 1995. 27 p. (Embrapa-CNPMS. Circular Técnica, 20).
- MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M.; CARNEIRO, N. P.; PAIVA, E. **Fisiologia do milho**. Sete Lagoas: Embrapa-CNPMS, 2002. 23 p. (Embrapa-CNPMS. Circular Técnica, 22).
- MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M. **Fisiologia da produção de milho**. Sete Lagoas: Embrapa-CNPMS, 2006. 10 p. (Embrapa-CNPMS. Circular Técnica, 76).
- MANKINS, J. C. **Technology readiness levels**. 2004. Disponível em: <http://www.artemisinnovation.com/images/TRL_White_Paper_2004-Edited.pdf>. Acesso em: 13 nov. 2020.
- MIRANDA, R. A.; GARCIA, J. C.; DUARTE, J. O.; OLIVEIRA, A. P. de. A influência da soja na área de plantação do milho safrinha: um estudo de painel. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE MILHO SAFRINHA, 11., 2011, Lucas do Rio Verde, MT. **Anais**. Lucas do Rio Verde: Fundação Rio Verde, 2011. p. 113-118.

PEREIRA FILHO, I. A.; BORGHI, E. **Sementes de milho**: nova safra, novas cultivares e continua a dominância dos transgênicos. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2020. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 251).

PIONEER SEMENTES. **Fenologia do milho**. 2018. Blog Agronegócio em Foco. Disponível em: <<http://www.pioneersementes.com.br/blog/41/fenologia-do-milho>>. Acesso em: 13 nov. 2020.

RESENDE, A. V. de; SILVA, C. G. M.; GUTIÉRREZ, A. M.; SIMÃO, E. de P.; GUIMARAES, L. J. M.; MOREIRA, S. G.; BORGHI, E. **Indicadores de demanda de macro e micronutrientes por híbridos modernos de milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2016. 9 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica 220).

RESENDE, A. V. de; BORGHI, E.; GONTIJO NETO, M. M.; FONTOURA, S. M. V.; BORIN, A. L. D. C.; OLIVEIRA JÚNIOR, A. de; CARVALHO, M. da C. S.; KAPPES, C. Balanço de nutrientes e manejo da adubação em solos de fertilidade construída. In: SEVERIANO, E. da C.; MORAIS, M. F. de; PAULA, A. M. de (Ed.). **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2019. v. 10. p. 342-398.

RITCHIE, S.; HANWAY, J. J. **How a corn plant develops**. Ames: Iowa State University, 1989. 21 p. (Special Report, n. 48).

ZANON, A. J.; STRECK, N. A.; ROCHA, T. S. M. da; ALBERTO, C. M.; BARTZ, A. C.; PAULA, G. M. de; TOMIOZZO, R.; COSTA, L. C. da; FENSTERSEIFER, C. A.; TAGLIAPIETRA, E. L.; CARDOSO, A. P.; WEBER, P. S.; BEXAIRA, K. P. Efeito do tipo de crescimento no desenvolvimento de cultivares modernas de soja após o início do florescimento no Rio Grande do Sul. **Bragantia**, v. 75, n. 4, p. 446-458, 2016.

ZARC. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2015. 1 folder. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/155160/1/FOLDER-0004.pdf>>. Acesso em: 8 jul. 2020.

ZORATO, M. de. Variabilidades da interação genótipo e clima: consequência no potencial fisiológico em sementes de soja. In: KAPPES, K. (Ed.). **Boletim de Pesquisa 2019/2020**. Cuiabá: Fundação MT, 2020. p. 36-46.

Embrapa

Milho e Sorgo



MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO

