



Soja

Tipos de crescimento da planta

André Luís Thomas

Porto Alegre, 2018.



CIP – Catalogação Internacional na Publicação
Biblioteca Setorial da Faculdade de Agronomia – UFRGS
Biblioteca Prof. Antônio T. Quintas

T454s THOMAS, André Luís

Soja : tipos de crescimento da planta [recurso eletrônico] / André Luís Thomas. – Porto Alegre : UFRGS, 2018.

59 p.; il.

ISBN 978-85-9489-131-0

1.Soja 2.Planta : crescimento I.Título

CDD 633.34

Bibliotecária: Elisângela da Silva Rodrigues CRB10/1457

Esta é uma publicação eletrônica desenvolvida para atividades de ensino. A sua utilização, na íntegra ou parcialmente, é permitida, desde que não tenha fins comerciais e seja mencionada a autoria do conteúdo da obra.

Sumário

Apresentação	4
1. Tipos de crescimento da planta de soja	5
2. Aspectos básicos dos tipos de crescimento de plantas em soja	13
2.1. Regulação genética do tipo de crescimento do caule em soja	14
2.2. Desenvolvimento da planta de soja	17
2.2.1. A semente	17
2.2.2. Fase vegetativa	19
2.2.3. Fase reprodutiva	25
2.3. Indução ao florescimento em soja	31
3. Características agronômicas dos tipos de crescimento de plantas em soja	32
3.1. Potencial de rendimento de grãos	33
3.2. Exigências nutricionais	36
3.3. Fixação simbiótica de nitrogênio	39
3.4. Ciclo de desenvolvimento	43
4. Considerações finais	48
5. Referências bibliográficas	50
6. Agradecimentos	59

Apresentação

A planta de soja apresenta três tipos de crescimento: determinado, semideterminado e indeterminado. Quando se aborda esse tema, muitas vezes, pairam dúvidas básicas sobre o desenvolvimento da planta ou sobre características agronômicas de cultivares.

Essa publicação tem por objetivo discutir a definição, a regulação genética, o desenvolvimento da planta, a indução ao florescimento, o potencial de rendimento de grãos, as exigências nutricionais, a fixação simbiótica de nitrogênio e o ciclo de desenvolvimento para os três tipos de crescimento de planta em soja.

1. Tipos de crescimento da planta de soja

Em primeiro lugar é necessário conceituar os tipos de crescimento da planta de soja, bem como estabelecer critérios a serem utilizados para discutir o assunto.

O tipo de crescimento da planta de soja refere-se ao caule (haste principal). Os genótipos de soja podem ser classificados em tipo determinado, semideterminado ou semi-indeterminado e indeterminado (Bernard, 1972; Thseng & Hosokawa, 1972). Outros descritores também são utilizados, como: presença de legumes na região terminal do caule, padrão de ramificação e tamanho de folha no terço superior. Entretanto, em algumas condições de campo os tipos semideterminado e indeterminado apresentam comportamentos muito semelhantes, o que provoca ambiguidade na identificação do tipo de crescimento (Bisneta, 2015).

Tipo determinado: a planta não emite novos nós no caule após o florescimento. Pode aumentar em estatura devido ao alongamento dos espaços entre os nós. As primeiras flores surgem no terço médio superior e as últimas no terço inferior do caule. Apresenta legumes axilares e no nó terminal. Normalmente, as folhas do ápice são semelhantes em tamanho às demais.

Tipo indeterminado: a planta continua a emitir novos nós no caule após o florescimento. Apresenta legumes axilares e ausência ou poucos legumes no nó terminal. O florescimento inicia no terço inferior do caule. As folhas do ápice do caule apresentam tamanho menor do que as do terço médio e inferior.

Tipo semideterminado ou semi-indeterminado: a planta tem características “intermediárias” aos crescimentos determinado e indeterminado de acordo com a descrição do ARS (Agricultural Research Service) (2018) do USDA (United States Department of Agriculture), tendo como referência a observação visual dos padrões fenotípicos estabelecidos por Bernard em 1972 (Figura 1). Essa metodologia é mais subjetiva, pois não define parâmetros quantitativos. Já Thseng & Hosokawa (1972) estabeleceram o número de nós no caule até o início do florescimento e o número de nós desenvolvidos nele após o início do florescimento para determinar o tipo de planta.

Na classificação de Thseng & Hosokawa (1972) o tipo determinado não aumenta o nº de nós no caule após o início do florescimento. No tipo semideterminado ou semi-indeterminado o aumento do nº de nós no caule depois do início do florescimento é igual ou menor que o número de nós até o início do florescimento. No tipo indeterminado o

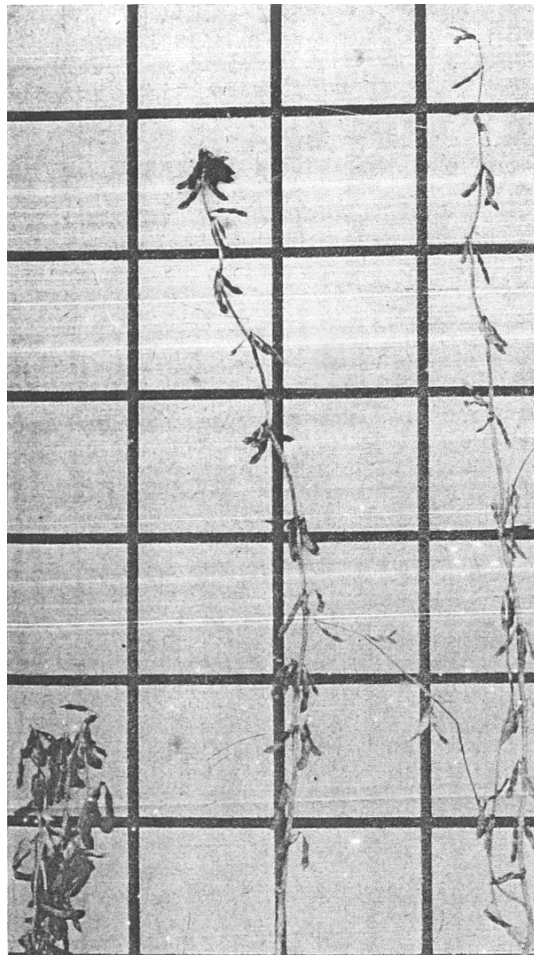


Figura 1. Plantas de genótipos de soja na maturação com tipos de crescimento determinado (esquerda), semideterminado (centro) e indeterminado (direita).

Bernard, 1972.

aumento do nº de nós no caule depois do início do florescimento é maior que o número de nós até o início do florescimento (Figura 2). Outro parâmetro que pode ser utilizado para diferenciar os tipos de crescimento é o período de florescimento no caule (Figura 3), sendo inferior a 15 dias para plantas do tipo determinado, entre 15 e 35 dias para as do tipo semi-indeterminado e acima de 35 dias para as plantas do tipo indeterminado (Tsheng & Hosokawa, 1972).

Os acessos de genótipos de soja à coleção de germoplasmas do USDA eram classificados fenotipicamente com nota 1 (muito determinado) até a nota 5 (muito indeterminado). Sendo atribuída nota inferior a 2 para genótipos determinados, nota igual ou maior a 2 e menor que 2,5 para genótipos semideterminados, e nota de 2,5 ou maior para genótipos indeterminados (Heatherly & Smith, 2004; Hill et al., 2008). Por essa classificação, genótipos que apresentam o desenvolvimento de poucos (até 4) nós no caule após o início do florescimento são classificados como determinados e na verdade são semideterminados. Isso pode ser observado na Tabela 1, onde o genótipo considerado determinado produziu três nós após o início do florescimento. Essa situação também ocorre nos genótipos cultivados no Brasil (Figura 4) (Costa, 1996; Tecnologias, 2013; Bisneta, 2015; Zanon et al., 2016).

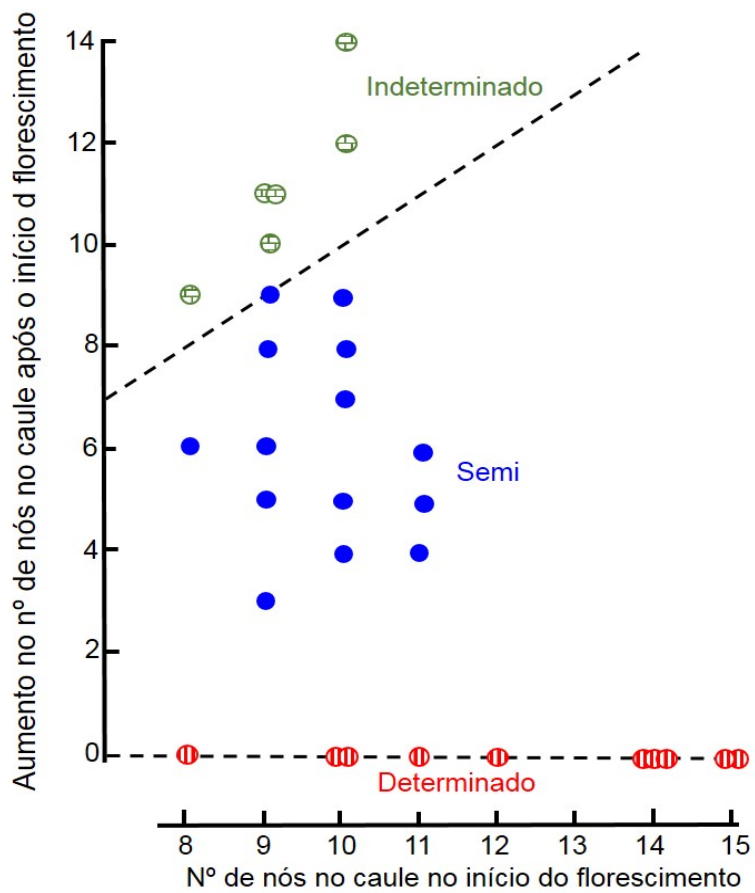


Figura 2. Relação entre o número de nós no caule no início do florescimento de genótipos de soja e o aumento do número de nós no caule após o início do florescimento para tipos de crescimento determinado, semi e indeterminado.

Thseng & Hosokawa, 1972.

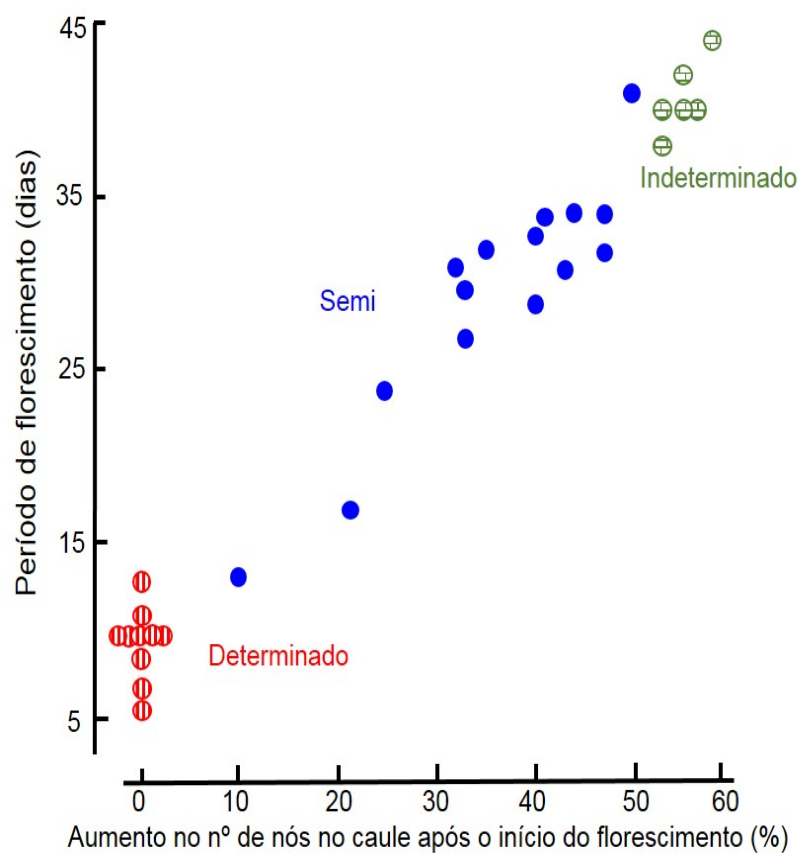


Figura 3. Relação entre o aumento do número de nós no caule após o início do florescimento e o período de florescimento no caule em genótipos de soja com tipo de crescimento determinado, semi e indeterminado.

Adaptado de Thseng & Hosokawa, 1972.

Tabela 1. Altura da planta, período de florescimento (PF) e número de nós no caule de uma cultivar de soja com tipo de crescimento determinado (GM* V) e outra com tipo indeterminado (GM IV).

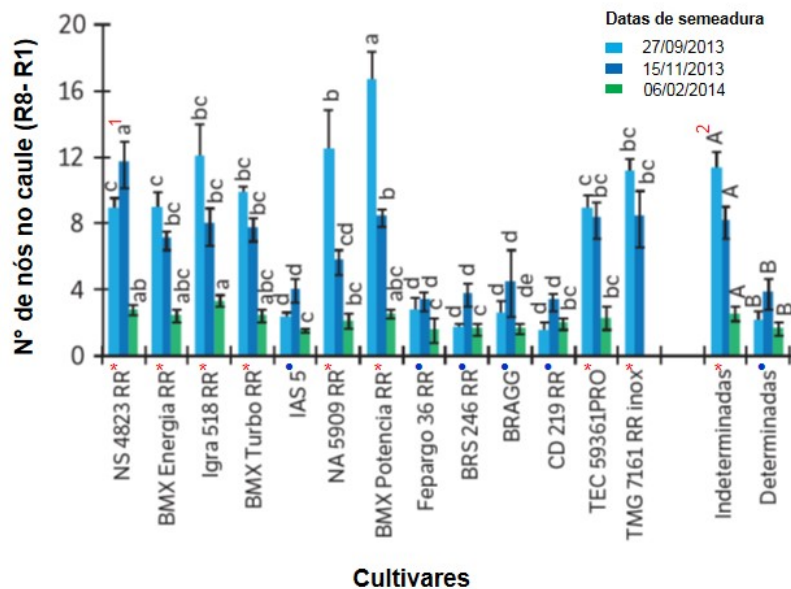
Tipo de crescimento	PF no caule dias	Altura da planta			Nós no caule		
		R1	FF	Dif.	R1	FF	Dif.
	 cm nº	
Determinado	25	45	68	23	9	12	3
Indeterminado	45	19	84	65	6	17	11

*Grupo de maturidade.

R1 = início do florescimento, FF = final do florescimento e Dif. = diferença (FF-R1).

Adaptado de Heatherly & Smith, 2004.

Na prática, na maioria das vezes, a seleção de genótipos de soja quanto ao tipo de crescimento é feita levando em consideração a porcentagem de crescimento em altura após o florescimento: plantas do tipo determinado podem crescer aproximadamente 10% de sua altura após o florescimento; plantas do tipo semideterminado podem crescer cerca de 30%; e plantas do tipo indeterminado crescem cerca de 50% (Sediyama et al., 2005). A altura não é o melhor parâmetro para avaliar o tipo de crescimento do caule porque pode haver aumento dela pelo alongamento dos espaços entre nós sem o desenvolvimento de novos nós.



1 Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas (comparação entre cultivares na mesma data de semeadura) não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

2 Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas não diferem entre si pela análise de contrastes a 5% de probabilidade de erro.

* Cultivares com tipo de crescimento indeterminado

• Cultivares com tipo de crescimento determinado.

Figura 4. Diferença entre o número de nós no caule de cultivares de soja na maturação (R8) e no início do florescimento (R1) em três épocas de semeadura, em Santa Maria-RS.

Adaptado de Zanon et al., 2016.

Por isso, muitos genótipos do tipo semideterminado ou semi-indeterminado, por desenvolverem poucos nós no caule após o florescimento, foram lançados no mercado por seus

obtentores como sendo cultivares do tipo determinado e muitos trabalhos experimentais realizados nos Estados Unidos e no Brasil repetiram essa terminologia.

No Brasil é necessário estabelecer critérios técnicos para classificar os tipos de plantas de soja porque são disponibilizados no mercado cultivares do tipo determinado, semideterminado e indeterminado sem informar o número médio de nós desenvolvidos até e após o início do florescimento, o período de florescimento e nem o período de sobreposição do desenvolvimento vegetativo com o reprodutivo. Nem mesmo a tabela de descritores de cultivares de soja do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Brasil, 2009) estabelece critérios.

2. Aspectos básicos dos tipos de crescimento de plantas em soja

A compreensão dos tipos de crescimento da planta de soja passa pela regulação do crescimento do caule que é resultante da interação da genética clássica, da biologia molecular, do desenvolvimento da planta e do ambiente de cultivo. A seguir serão abordadas a regulação genética do tipo de crescimento do caule, o desenvolvimento da planta e a indução ao florescimento na soja.

2.1. Regulação genética do tipo de crescimento do caule em soja

Análises genéticas clássicas demonstraram que o tipo de crescimento do caule da soja é regulado pela interação epistática entre dois genes principais, Dt1 e Dt2 (Bernard, 1972). Em germoplasma Dt1Dt1, genótipos Dt2Dt2 produzem fenótipos semideterminados, enquanto genótipos dt2dt2 produzem fenótipos indeterminados. Entretanto, em germoplasma dt1dt1, o fenótipo é determinado (Figura 5), indicando um efeito epistático do alelo dt1 sobre a expressão do loco Dt2/dt2. Dt1 é incompletamente dominante sobre dt1. Heterozigotos Dt1/dt1 também são semideterminados, enquanto Dt2 é completamente dominante sobre dt2. Um dihíbrido (Dt1dt1;Dt2dt2) produz progênie fenotípica em F2 na proporção de 1 indeterminado, 11 semideterminados e 4 determinados (Ping et al., 2014; Liu et al., 2015).

O gene Dt1 da soja foi clonado. Os dois alelos dominantes foram denominados GmTfl1-a e GmTfl1-b e os quatro alelos recessivos foram denominados Gmtfl1-ta, Gmtfl1-ab, Gmtfl1-bb, e Gmtfl1-tb. O gene GmTfl1 é ortólogo ao gene TERMINAL FLOWER1 (TF1) da *Arabidopsis thaliana* (Liu et al., 2010; Tian et al., 2010). A transição da fase vegetativa para a reprodutiva no meristema apical da



Figura 5. Morfologia do ápice do caule de linhas isogênicas próximas de um genótipo de soja para o locus *Dt1*. (A) Caule com crescimento do tipo determinado (*dt1/dt1*) e (B) Caule com crescimento do tipo indeterminado (*Dt1/Dt1*) no florescimento (B). A seta mostra a inflorescência.(C) Morfologia da planta de soja na maturação com crescimento do tipo determinado (*dt1/dt1*), semideterminado (*Dt1/dt1*) e indeterminado (*Dt1/Dt1*).

Liu et al., 2010.

parte aérea é controlada por uma interação positiva e negativa de reguladores do crescimento como LEAFY (LFY), APETALA1 (AP1) e TFL1. LFY e AP1 são os principais promotores identificados do desenvolvimento do meristema floral e codificam fatores de transcrição. Ambos são expressos em todo o meristema floral jovem e após o início da atividade do LFY o AP1 é expresso nesses meristemas (Mandel et al., 1992; Weigel et al., 1992; Maizel et al., 2005). O papel desempenhado pelo TFL1 na iniciação floral é o oposto do LFY e AP1 (Liu et al., 2010). A mudança de um fenótipo de soja do tipo indeterminado para determinado é controlada pela substituição independente de quatro aminoácidos no gene GmTfl1 (Tian et al., 2010).

O gene Dt2 codifica um fator de transcrição MADS-box da subfamília APETALA1 / SQUAMOSA (AP1 / SQUA) que atua no florescimento (Ping et al., 2014).

O gene Dt1 também está envolvido na desordem do caule verde em genótipos de soja. Essa desordem mantém o caule verde quando os legumes já estão maduros, em algumas condições de cultivo, dificultando a colheita (Fujii et al., 2015).

O avanço do conhecimento na compreensão dos tipos de crescimento do caule de soja, devido ao desenvolvimento de técnicas de biologia molecular, é fundamental para a

correta determinação desse caráter para variedades comerciais, bem como no acesso e melhoramento de genótipos.

2.2. Desenvolvimento da planta de soja

O desenvolvimento das plantas de soja é dividido em fase vegetativa (V) e reprodutiva (R). Os estádios vegetativos iniciam com a emergência das plântulas e vão até o início do florescimento. Os estádios reprodutivos iniciam no florescimento, incluem a formação do legume, o enchimento do grão e a maturação da planta.

2.2.1. A semente

A semente é composta de três partes principais: o tegumento, os cotilédones e o eixo embrionário (Figura 6). O tegumento controla a entrada da água na semente e protege o embrião contra patógenos, choques e abrasões. Os cotilédones chegam a representar 90% do peso da semente, são as reservas das mesmas e são constituídos de proteínas ($\pm 40\%$), carboidratos ($\pm 25\%$), óleos ($\pm 20\%$), fibras ($\pm 5\%$) e minerais ($\pm 5\%$) (Tesar, 1984). O eixo embrionário é constituído por duas folhas unifolioladas e tecidos meristemáticos apical (originará a parte aérea) e radicular (originará as raízes).

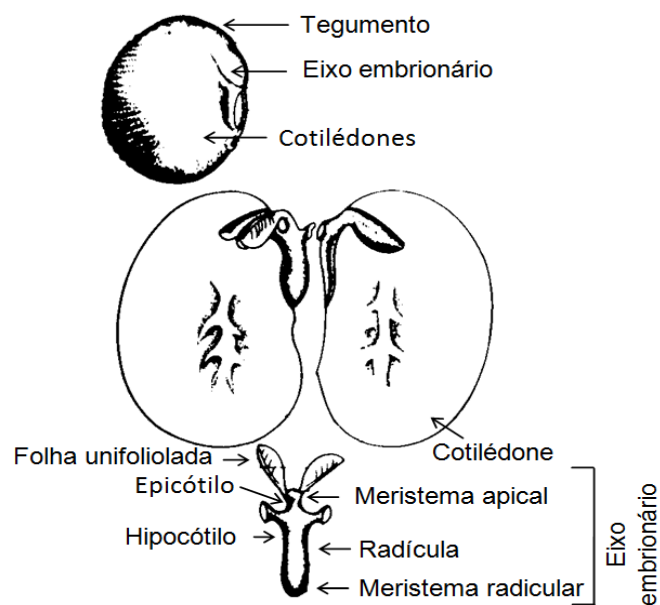


Figura 6. Partes da semente de soja.

A semente de soja necessita absorver água no volume correspondente a 50% de seu peso para iniciar o processo de germinação. A embebição é o processo que inicia a germinação. É o primeiro evento chave que modifica a semente, que se constituía de um organismo com pequena quantidade de umidade, quiescente e dormente, para começar o crescimento do eixo embrionário. Conseqüentemente, deve ocorrer uma transição ordenada do aumento da hidratação, da ativação de enzimas, do

desdobramento de produtos de reserva e o início do desenvolvimento da plântula (Wilcox,1987). A embebição não é um fenômeno meramente físico, incontrolável; a integridade da semente e a temperatura do solo apresentam grande influência sobre o processo.

2.2.2. Fase vegetativa

O estabelecimento da plântula no solo ocorre pelo aumento de volume e pela diferenciação celular do eixo embrionário. As reservas cotiledonares (proteínas, carboidratos e óleos) são transformadas em compostos mais simples (aminoácidos e açúcares) e energia, utilizados no desenvolvimento da plântula. A germinação é epígea, ou seja, os cotilédones são levantados pelo hipocótilo para cima da superfície do solo. A emergência ocorre de 7 a 10 dias após a semeadura, dependendo do vigor da semente, profundidade de semeadura, umidade, textura e temperatura do solo. As reservas e os nutrientes dos cotilédones suprem as necessidades metabólicas da plântula por 7-10 dias após a emergência. Durante esse período, os cotilédones perdem 70% de seu peso e a supressão de um cotilédone tem pouco efeito sobre a taxa de crescimento da plântula, mas poderá afetar o rendimento de grãos se o período de crescimento vegetativo não permitir a recuperação da planta. Durante a emergência da plântula ocorre o desenvolvimento do sistema

radicular seminal, o desenrolamento das folhas primárias (seminais, com disposição oposta no caule) e o desenvolvimento do meristema apical que dará origem à parte aérea. A partir desse ponto, então, a planta passa a absorver nutrientes do solo através das raízes e a produzir fotoassimilados pelas folhas.

A fase de estabelecimento das plantas na lavoura é importante para a obtenção de rendimentos elevados de grãos, pois determinará o número de plantas e a sua distribuição uniforme na área, o que influenciará na estatura da planta, no desenvolvimento de ramos, no manejo de plantas daninhas e de doenças. A homogeneidade da população evitará o aparecimento de plantas dominadas que desequilibram a competição intraespecífica e contribuem para diminuição do rendimento da lavoura (Pires, 2002).

A Figura 7 mostra a semente colocada no solo, absorvendo água, emitindo a radícula e iniciando a emergência. O aparecimento dos cotilédones à superfície do solo caracteriza a emergência (VE); é o início do período vegetativo. O estágio cotiledonar das plântulas é identificado por VC. Todos os estádios do período vegetativo são antecidos pela letra "V" (Tabela 2). O número do estágio vegetativo é determinado pela contagem do número de nós do caule, começando com o nó das folhas unifolioladas até o



Figura 7. Germinação-emergência da soja, com caracterização dos estádios de emergência (VE) e cotiledonar (VC) das plântulas.

Thomas & Costa, 2010.

nó que tem ou teve folha desenvolvida. O nó da folha trifoliolada é contado quando as margens dos folíolos da folha do nó imediatamente superior não mais estão se tocando, o que caracteriza uma folha desenvolvida (Figura 8). Por esse critério pode-se fazer leituras simultâneas de estádios vegetativos e reprodutivos, o que é importante para genótipos de crescimento semideterminado e indeterminado.

Tabela 2. Descrição dos estádios vegetativos da soja.

Estádio	Subtítulo	Descrição
VE	Emergência	Cotilédones acima da superfície do solo (Figura 7).
VC	Estádio cotiledonar	Folhas unifolioladas com as margens não mais se tocando (Figura 7).
V1	Primeiro nó	Folhas unifolioladas desenvolvidas.
V2	Segundo nó	Folha trifoliolada desenvolvida no nó acima das folhas unifolioladas (Figura 8).
V3	Terceiro nó	Três nós do caule com folhas desenvolvidas começando com o nó das folhas unifolioladas.
Vn	“n” nó	“n” número nós do caule com folhas desenvolvidas começando com o nó das folhas unifolioladas.

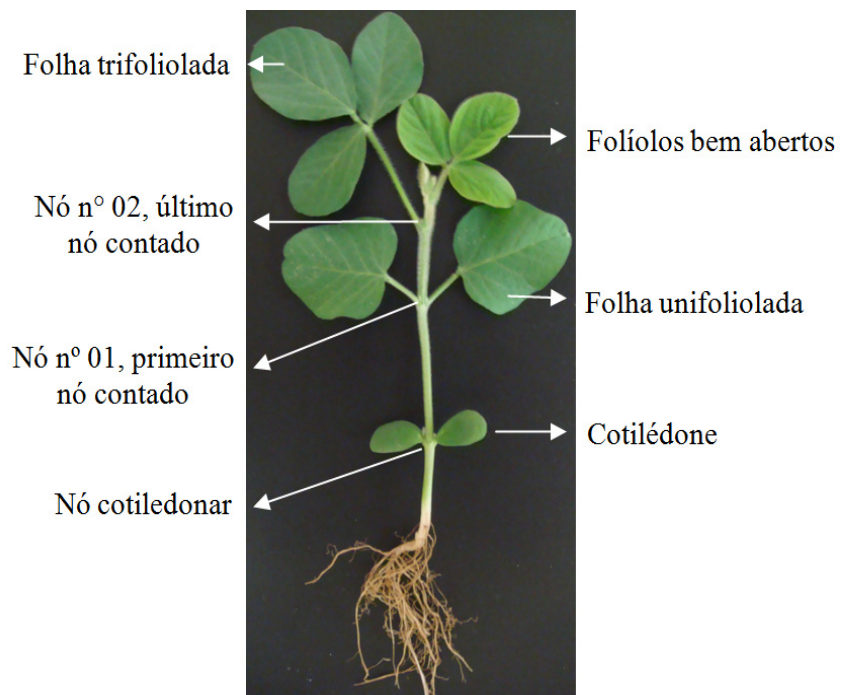


Figura 8. Planta de soja no estágio V2 com a identificação de suas estruturas anatômicas.

Thomas & Costa, 2010.

O crescimento vegetativo da parte aérea da planta ocorre com a emissão de folhas trifolioladas, com disposição alternada ao longo do caule. Na inserção (axila) do pecíolo de cada folha com o caule há gemas axilares meristemáticas. A presença delas também ocorre nas axilas dos cotilédones e das folhas primárias com o caule. As gemas axilares podem ficar dormentes ou originarem estruturas vegetativas

(ramos e/ou folhas trifoliladas) ou reprodutivas (flores → legumes → grãos). O número de ramos por planta depende de fatores como tipo de crescimento da planta, densidade de semeadura, espaçamento entre filas e condições ambientais de desenvolvimento. Os ramos possuem as mesmas estruturas vegetativas e reprodutivas que o caule (Mundstock & Thomas, 2005).

O desenvolvimento de estruturas vegetativas (caule, ramos e folhas) na parte aérea da planta de soja é muito importante para o rendimento de grãos. Durante esse período, além da formação do aparato fotossintético, é determinado o número potencial de locais com gemas meristemáticas onde poderá ocorrer o desenvolvimento de estruturas reprodutivas (Costa & Marchezan, 1982), ou seja, o número de nós da planta, que é o somatório dos nós do caule e dos ramos. É necessário período mínimo de 50 a 55 dias para que a planta esteja morfológicamente preparada para produzir alto rendimento de grãos. Portanto, é essencial que haja condições ambientais favoráveis ao crescimento da espécie e se faça o controle adequado de plantas daninhas, insetos pragas e moléstias para o rendimento de grãos não ser afetado pela diminuição do desenvolvimento vegetativo das plantas.

2.2.3. Fase reprodutiva

A indução ao florescimento da soja ocorre pela interação entre fotoperíodo e temperatura em algumas cultivares e somente temperatura em outras. Em relação as cultivares que respondem ao fotoperíodo, a soja é uma planta de dia curto facultativa, ou seja fotoperíodos menores que o fotoperíodo crítico da cultivar favorecem o florescimento, enquanto fotoperíodos maiores que crítico atrasam o florescimento (Cober et al., 2014; Bergamaschi, 2017; Cao et al., 2017; Mourtzinis & Conley, 2017; Zhang et al., 2017). Mais detalhes podem ser encontrados no tópico “indução ao florescimento na soja”.

O florescimento determina o início da fase reprodutiva. Nas cultivares de tipo determinado o florescimento ocorre quando as plantas apresentam 12 a 15 folhas trifolioladas, é do ápice para a base do caule, praticamente cessa a emissão de nós no caule e acelera o desenvolvimento dos ramos que aumentam de tamanho. Convém ressaltar que as cultivares designadas como “determinadas” podem emitir de 2 a 4 nós no caule após o início do florescimento. Já nas cultivares de tipo indeterminado o florescimento ocorre quando as plantas apresentam de 6 a 9 folhas trifolioladas, é da base para o ápice do caule, elas continuam a formar nós no caule por mais tempo e desenvolvem poucos ramos por

apresentarem forte dominância apical (Costa, 1996; IPNI, 2018).

A determinação dos estádios reprodutivos é feita utilizando-se a identificação das estruturas reprodutivas (flores, legumes e grãos) dos nós do caule. A designação do estágio é indicada pela letra “R”, acompanhada de um número. O período reprodutivo compreende o florescimento, o desenvolvimento dos legumes, o enchimento de grãos e a maturação (Tabela 3 e Figura 9).

Em cultivar com tipo de crescimento determinado as fases de desenvolvimento da planta são mais definidas, enquanto numa com tipo de crescimento indeterminado elas se sobrepõem mais (Figura 10). Para as cultivares indeterminadas (florescem mais cedo) é interessante descrever seu desenvolvimento com a caracterização concomitante dos estádios reprodutivos e o número de folhas trifolioladas no caule, a fim de proporcionar melhor noção do porte da planta. O maior período reprodutivo (Tabela 1 e Figura 10) possibilita às cultivares indeterminadas tolerarem mais os estresses abióticos como seca e excesso de água no solo.

A formação, fixação e desenvolvimento de legumes apresentam papel primordial no incremento do rendimento de grãos, pois determinam o número total de legumes por área,

Tabela 3. Descrição dos estádios reprodutivos da soja.

Estádio	Subtítulo	Descrição
R1	Início do florescimento	Uma flor aberta em qualquer nó do caule (Figura 9a).
R2	Florescimento pleno*	Uma flor aberta em um dos dois últimos nós do caule com folha desenvolvida.
	Florescimento**	Flores nos quatro últimos nós do caule com folha desenvolvida (Figura 9b).
R3	Início da formação de legumes	Um legume com 5 mm num dos quatro últimos nós do caule com folha desenvolvida (Figura 9c).
R4	Formação de legumes	Um legume com 2 cm num dos quatro últimos nós do caule com folha desenvolvida (Figura 9d).
R5	Início do enchimento de grãos	Grãos com 3 mm num legume dos quatro últimos nós do caule com folha desenvolvida (Figura 9e).
R6	Máximo volume de grãos	Legume contendo ao menos um grão verde que ocupa toda a cavidade, num dos quatro últimos nós do caule com folha desenvolvida (Figura 9f).
R7	Maturação fisiológica	Um legume normal, no caule, que atingiu a cor de legume maduro (Figura 9g).
R8	Maturação	95% dos legumes atingiram a cor de legume maduro (perda total da clorofila) (Figura 9h).

* Definição original de Fehr & Caviness, 1977.

** Adaptação sugerida por Costa & Marchezan, 1982.

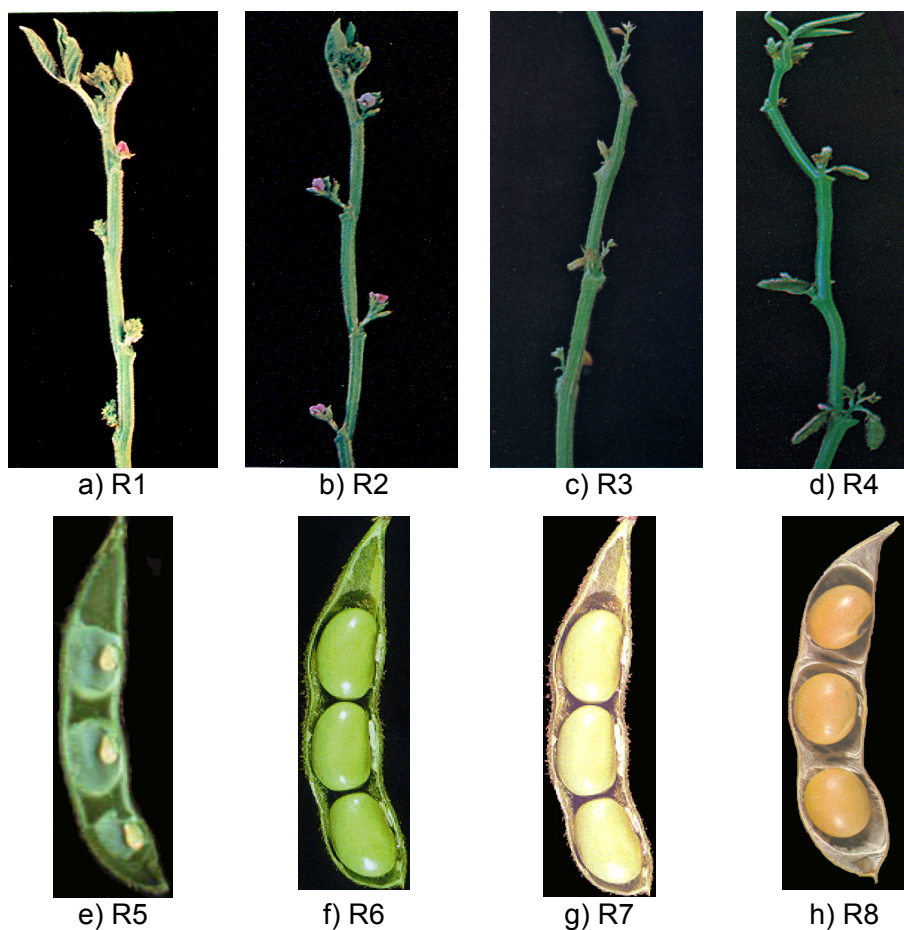


Figura 9. Estádios reprodutivos da soja. a) R1 – Início do florescimento; b) R2 – Florescimento; c) R3 – Início da formação de legumes; d) R4 – Formação de legumes; e) R5 – Início do enchimento de grãos; f) R6 – Máximo volume de grãos; g) R7 – Maturação fisiológica; e h) R8 – Maturação.

Thomas & Costa, 2010.

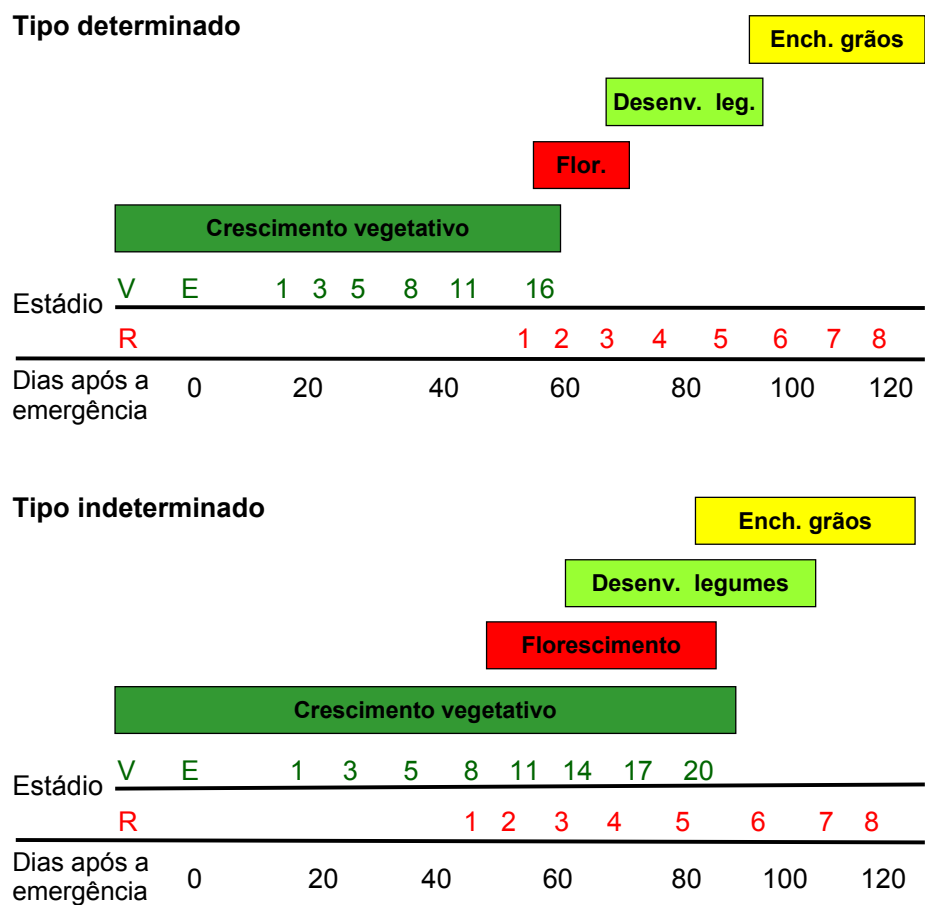


Figura 10. Caracterização do desenvolvimento vegetativo (V) e reprodutivo (R) em genótipos de soja com tipo de crescimento determinado e indeterminado.

sendo esse o componente mais maleável na composição do rendimento. Nesse período ocorre rápido crescimento do legume, que atinge cerca de 80% de seu tamanho final, e marca o início do enchimento de grão. No enchimento de grãos inicia o período de rápido acúmulo de matéria seca e nutrientes nos mesmos, em função da planta atingir o máximo índice de área foliar, desenvolvimento de raízes e fixação simbiótica de nitrogênio. No final desse estágio, acelera-se a redistribuição de nutrientes, carboidratos e compostos nitrogenados provenientes da remobilização das folhas, ramos e caule para os grãos.

A maturação fisiológica ocorre quando termina o acúmulo de matéria seca no grão, estabelecendo o rendimento. Neste estágio o grão perde a coloração verde, apresenta em torno de 40 a 50% de umidade e contém todas as estruturas para originar uma nova planta. A partir daí todas as folhas caem, o caule, os ramos, os legumes e os grãos perdem umidade, atingem a coloração característica de estrutura madura de cada cultivar. Convém lembrar que nas cultivares indeterminadas, apesar da diferença de tempo entre o surgimento dos legumes basais e os apicais, todos alcançam a maturação praticamente no mesmo período.

A maturação de colheita ocorre quando os grãos apresentam menos de 15% de umidade. A soja, quando colhida com teor de umidade entre 13% e 15%, tem minimizados os problemas de danos mecânicos e perdas na colheita. Sementes colhidas com teor de umidade superior a 15% estão sujeitas a maior incidência de danos

mecânicos latentes e, quando colhidas com teor abaixo de 12%, estão suscetíveis ao dano mecânico imediato.

2.3. Indução ao florescimento em soja

O florescimento é uma das características mais importantes associadas ao rendimento de grãos e a adaptação da soja a uma determinada região. O florescimento é regulado por fatores genéticos e ambientais (fotoperíodo e/ou temperatura). Ao menos 12 genes principais controlam o tempo de florescimento e maturação, incluindo E1 e E2 (Bernard, 1971), E3 (Buzzell, 1971), E4 (Buzzel & Voldeng, 1980), E5 (McBlain & Bernard, 1987), E6 (Bonato & Vello, 1999), E7 (Cober & Voldeng, 2001), E8 (Cober et al., 2010), E9 (Kong et al., 2014), E10 (Samanfar et al., 2017), J (período juvenil) (Ray et al., 1995) e Dt1 (GmTfl1 ou TERMINAL FLOWER1) (Liu et al., 2010; Tian et al., 2010). Os genes E1, E3 e E4 em conjunto com outros genes podem conferir insensibilidade fotoperiódica pré-florescimento na soja e os genes E3 e E4 (genes do fitocromo A) regulam a expressão do gene Dt1 que confere tipo de crescimento determinado no caule (Xu et al., 2013).

Análises genéticas e moleculares demonstram que a interação entre esses genes proporciona uma grande diversidade de mecanismos que controlam o florescimento na soja, podendo o mesmo ser induzido pela interação fotoperíodo (dias curtos ou dias longos) e temperatura ou somente pela soma térmica (Xia et al., 2012; Xu, 2013; Cao et al., 2017;

Lu et al., 2017; Mao et al., 2017; Sedivy et al., 2017; Zhang et al., 2017; Copley et al., 2018; Liu et al., 2018).

No Brasil a soja começou a se disseminar pelo Rio Grande do Sul, mas foi sendo transferidas para outros estados da Região Sul, da Região Centro-Oeste e, atualmente, até por regiões próximas ao Equador. Isso foi exigindo cada vez menor resposta ao fotoperíodo, chegando-se a cultivares praticamente fotoneutras (insesíveis ao fotoperíodo) (Bergamaschi, 2017). Vale lembrar que o fotoperíodo crítico de uma cultivar varia de acordo com a temperatura ambiente, tornando-se maior com o aumento dela (Rodrigues et al., 2001). Atualmente faz-se necessário saber o grau de dependência ao fotoperíodo de cada cultivar, pois cultivares menos sensíveis ao fotoperíodo possibilitam maior período e área de abrangência de semeadura.

3. Características agronômicas dos tipos de crescimento de plantas em soja

Características agronômicas como potencial de rendimento de grãos, exigências nutricionais, fixação simbiótica de nitrogênio e ciclo de desenvolvimento são temas de debates quando se aborda o tipo de crescimento do caule em soja. A seguir serão discutidas as vantagens e limitações, quando existirem, dessas características em cultivares com os diferentes tipos de crescimento do caule.

3.1. Potencial de rendimento de grãos

Em programas de melhoramento genético a alta produtividade de grãos é o objetivo principal no desenvolvimento de novas cultivares. Para alcançar esse objetivo características agronômicas como ciclo, tipo de crescimento do caule, altura da planta e da inserção dos primeiros legumes, resistência ao acamamento, adaptação às condições de fertilidade de solo, ramificação e inclinação das mesmas (hábito de crescimento), resistência a deiscência dos legumes, a doenças, a pragas e a herbicidas, forma das folhas, teor de óleo e proteína nos grãos, entre outras, são avaliadas. Portanto, cultivares comerciais, independentemente do tipo de crescimento, apresentam alto potencial genético de grãos com rendimentos de 7 a 8 t/ha em unidades experimentais e 5 a 6 t/ha em lavouras com alto nível tecnológico.

A planta de soja aborta de 40 a 80% das flores produzidas, independentemente do tipo de crescimento (Tabela 4 e Figura 11). A queda das estruturas reprodutivas (flores e legumes) é influenciada, em grande parte, pelas condições ambientais, embora haja influência genética (Navarro Júnior, 1998; Pires, 2002; Egli, 2005; Egli & Bruening, 2006).

Para garantir o potencial de rendimento de grãos de uma lavoura de soja é necessário realizar os tratamentos fitossanitários de maneira adequada. No controle de pragas, por exemplo, os procedimentos e critérios para monitoramento e tomada de decisão levam em

Tabela 4. Efeito da época de semeadura sobre o aborto de flores em cultivares de soja com tipo de crescimento determinado e indeterminado.

Tratamentos	Legumes/ planta	Flores/ planta	Aborto (%)
Época recomendada			
Cultivar indeterminada	59	159	63
Cultivar determinada	66	230	71
Após época recomendada			
Cultivar indeterminada	13	45	72
Cultivar determinada	25	95	74

Adaptado de Egli & Bruening, 2006.

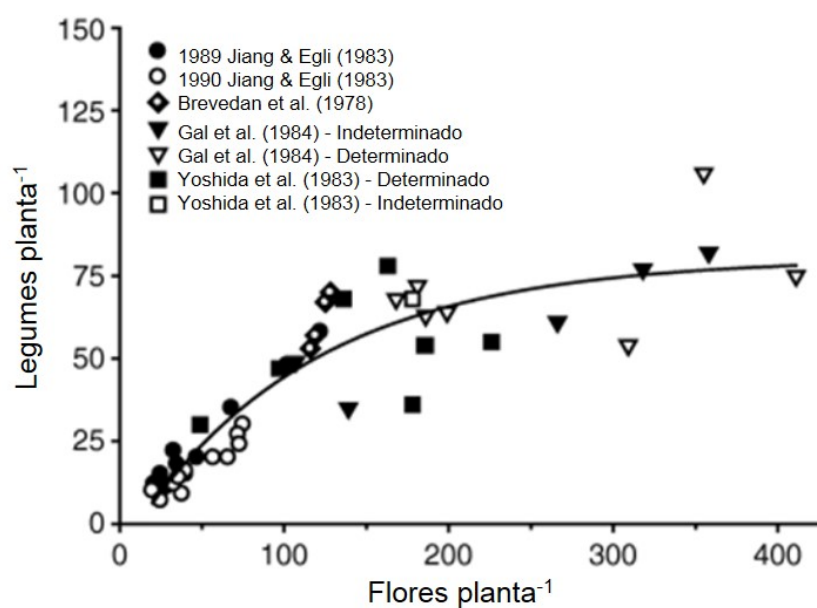


Figura 11. Relação entre flores e legumes por planta de soja na maturação em condições de campo.

Egli, 2005.

consideração a época ou estágio de desenvolvimento da cultura. Na fase vegetativa é tolerada maior infestação ou dano que na fase reprodutiva (Tabela 5). Como as variedades indeterminadas entram na fase reprodutiva mais cedo e permanecem nela por mais tempo que as variedades determinadas (Tabela 1 e Figura 10), elas requerem período maior e mais rigoroso de controle de pragas.

Tabela 5. Procedimentos e critérios para monitoramento e tomada de decisão no controle da lagarta *Anticarsia gemmatilis* e de percevejos em soja.

Praga	Época/Estádio	Nível de controle
Anticarsia gemmatilis	Antes do florescimento	20 lagartas (> 1,5 cm)/m ou 30% de desfolhamento
	Depois do florescimento	20 lagartas (> 1,5 cm)/m ou 15% de desfolhamento
Percevejos	Início da formação do legume até a maturação fisiológica do grão	Lavoura para semente: 1 percevejo/ m Lavoura para grãos: 2 percevejos (> 0,5 cm)/m

Adaptado de Indicações, 2016.

3.2. Exigências nutricionais

A quantidade de nutrientes extraída pela soja é função da matéria seca total produzida pelas plantas. A matéria seca acumulada, por sua vez, se a quantidade de nutrientes for adequada, é dependente das condições meteorológicas, principalmente precipitação e temperatura, que ocorrem durante o ciclo de desenvolvimento das plantas. Entende-se que, além das condições químicas, as condições físicas e biológicas do solo também devem ser favoráveis para o desenvolvimento das plantas.

A marcha de absorção de macronutrientes (nitrogênio, cálcio, fósforo, magnésio, potássio e enxofre) (Figura 12) e de micronutrientes (boro, manganês, cobre e zinco) (Figura 13) é similar durante o desenvolvimento de cultivares de soja com tipo de crescimento determinado e indeterminado. O mesmo ocorre para a quantidade de macronutrientes necessária para a produção de 1 t de grãos (Tabela 6) (Oliveira Junior et al.; 2014 e 2016). Pela Tabela 6 verifica-se que para se obter produtividades de 5 t/ha de grãos a cultura necessita de 415 kg/ha de N, 190 kg/ha de K₂O, 77 kg/ha de P₂O₅, 77 kg/ha de S, 61 kg/ha Ca e 34 kg/ha de Mg, portanto é fundamental o solo ser fértil, bem como faz-se necessária a reposição dos nutrientes exportados pelos grãos para manter a produtividade da lavoura.

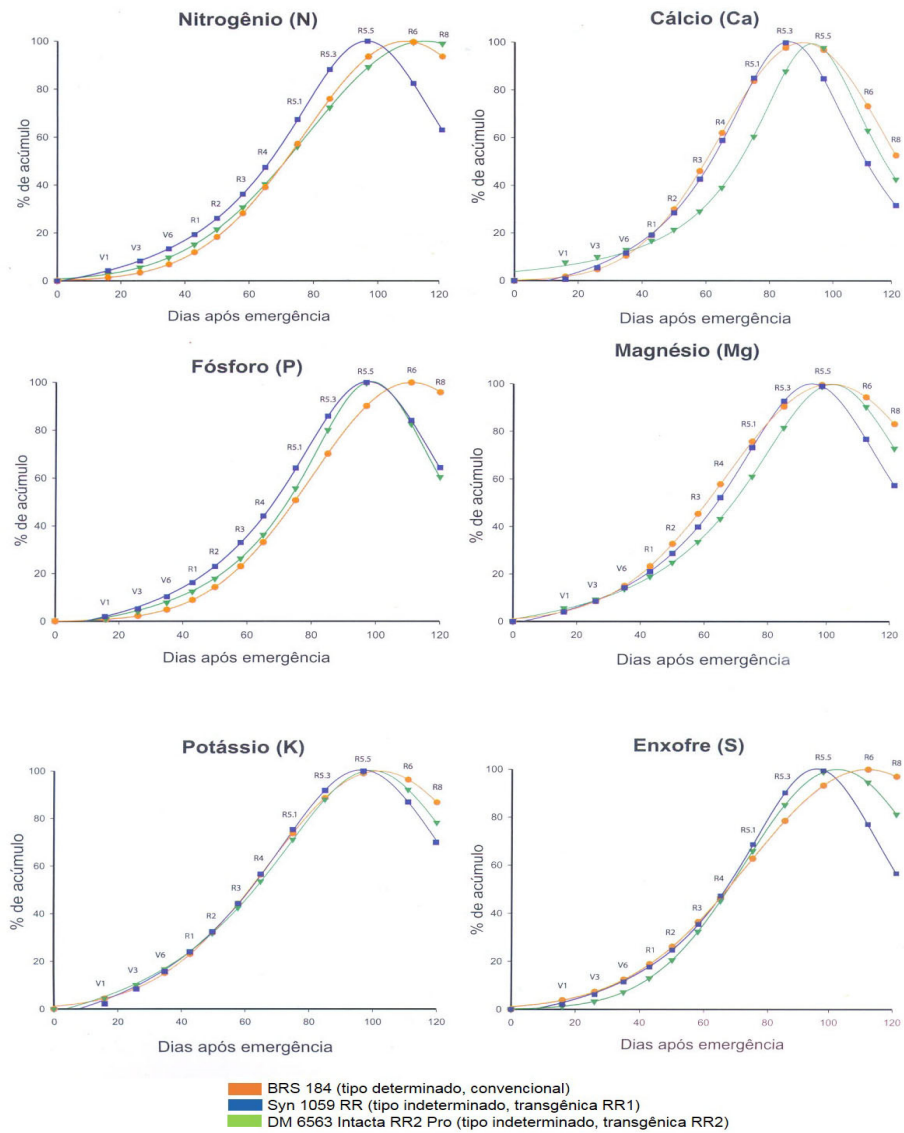


Figura 12. Marcha de absorção de macronutrientes (nitrogênio, cálcio, fósforo, magnésio, potássio e enxofre) durante os estádios de desenvolvimento de três cultivares de soja.

Adaptado de Oliveira Junior et al., 2016.

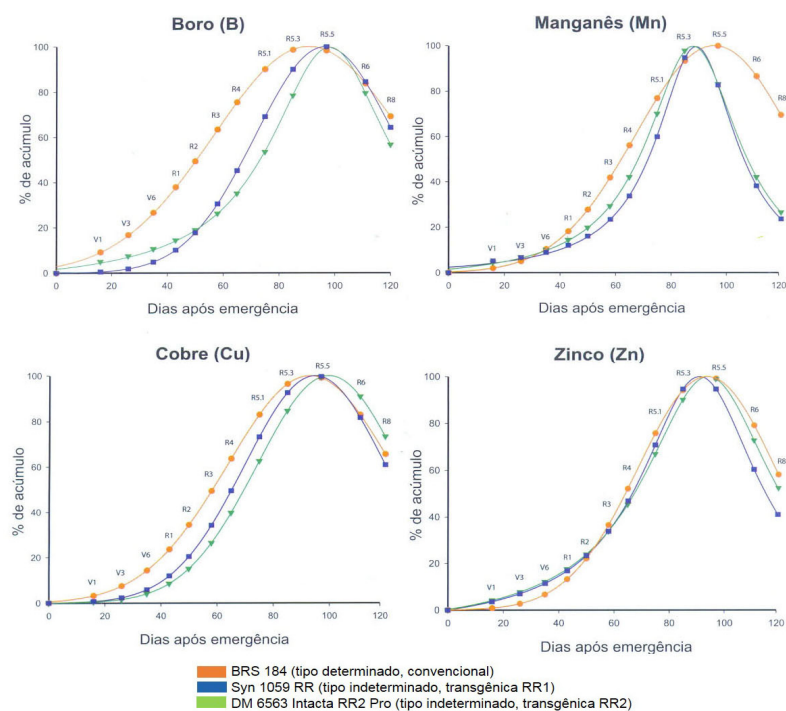


Figura 13. Marcha de absorção de micronutrientes (boro, manganês, cobre e zinco) durante os estádios de desenvolvimento de três cultivares de soja. Adaptado de Oliveira Junior et al., 2016.

Tabela 6. Quantidades de macronutrientes absorvidas e exportadas pela cultura da soja.

Parte da planta	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg	S
	Kg/t de grãos					
Grãos	51	10,0	20	3,0	2,0	5,4
Restos culturais	32	5,4	18	9,2	4,7	10,0
Total	83	15,4	38	12,2	6,7	15,4
Exportada (%)	61	65	53	25	30	35

Tecnologias, 2013.

3.3. Fixação simbiótica de nitrogênio

A cultura da soja necessita de grande quantidade de nitrogênio (N) para se desenvolver e, conseqüentemente, produzir rendimentos de 5 a 6 t/ha de grãos porque esses possuem aproximadamente 40% de proteína. Estima-se que 80 kg de N sejam necessários para produzir 1000 kg de grãos, sendo que este N pode ser suprido pelo solo, por fertilizantes nitrogenados e pela fixação simbiótica ou biológica do N₂ presente no espaço poroso do solo (Hungria et al., 1994; Hungria et al., 2001).

Não existe diferença no padrão de fixação simbiótica de N₂ e de assimilação de nitrato (NO₃) (N mineral) em condições de campo entre os tipos de crescimento das plantas de soja. A máxima atividade ocorre no início do enchimento de grão (Figura 14).

A inoculação com *Bradyrhizobium* ou a existência no solo de alta população de estirpe eficiente não são garantias da ocorrência de nodulação adequada e funcionamento da simbiose. Esse funcionamento dependerá da interação de fatores, envolvendo a planta, a bactéria e o ambiente.

Feita a inoculação das sementes de soja com *Bradyrhizobium* na semeadura, os nódulos podem ser visualizados logo após a emergência da plântula. Entretanto, eles serão efetivos (coloração vermelha) na fixação biológica de N₂ de 10 a 14 dias após esse estágio (Figura 15). No Brasil estima-se que a fixação biológica do N₂ contribua de 70% a 94% do nitrogênio necessário ao desenvolvimento e rendimento da

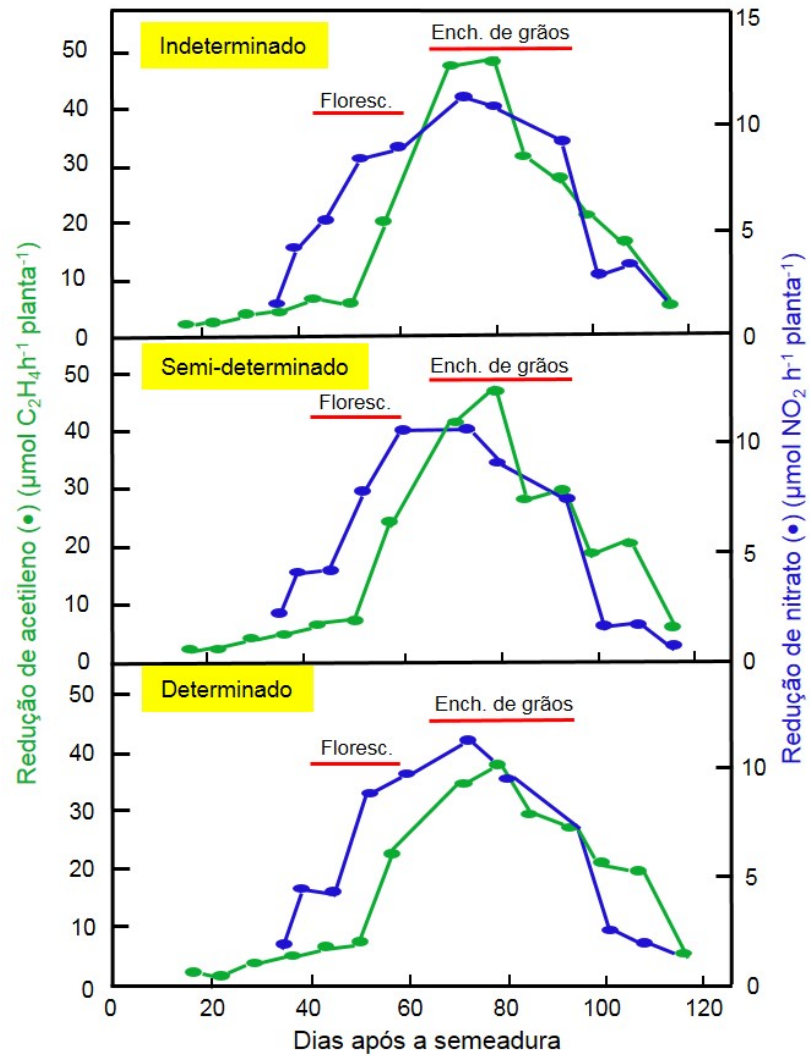


Figura 14. Atividade da enzima redutase de nitrato em folhas e redução de acetileno (indicador da fixação simbiótica de N₂) em plantas de soja com diferentes tipos de crescimento do caule cultivadas no campo.

Serraj et al., 1993.



Figura 15. Germinação e emergência da plântula de soja e desenvolvimento de nódulos de *Bradyrhizobium*.

UW Extension, 2018.

cultura da soja (Hungria et al., 1994; Alves et al., 2003, Hungria et al., 2005a e 2005b), o restante é suprido pelo solo. Quando a fixação biológica contribui com mais de 80% do N para o crescimento e produção das plantas de soja, o balanço de N para o solo é positivo ou próximo a neutralidade (Alves et al., 2006). Entretanto, fatores adversos, como acidez, deficiência de macro e micronutrientes, temperatura elevada e baixa disponibilidade ou excesso de água no solo, reduzem acentuadamente a fixação simbiótica.

A inoculação da semente ou do solo com estirpes eficientes de *Bradyrhizobium* é capaz de suprir as exigências da cultura por N para produzir altos rendimentos de grãos (6 t/ha ou mais), não havendo a necessidade de aplicar N mineral na cultura (Tabela 7) (Tecnologias, 2013; Câmara, 2014; Indicações, 2016; Mourtzinis, et al, 2018).

Tabela 7. Produtividade agrícola de grãos de soja, cultivar BMX Ativa, precoce com crescimento determinado, em função da aplicação de nitrogênio. Safra 2012/13. Guarapuava, PR.

Dose de N (kg ha ⁻¹)	Modo de aplicação	Estádio fenológico ¹	Grãos (kg ha ⁻¹)
0	-	-	6326 a ²
100	Cobertura via solo	V5	5988 a
200	Cobertura via solo	V5	6167 a
100	Cobertura via solo	R1	5888 a
200	Cobertura via solo	R1	6103 a
100	Cobertura via solo	R5.3	6283 a
200	Cobertura via solo	R5.3	6475 a
5	Via foliar	R1	6260 a
10	Via foliar	R1	6004 a
5	Via foliar	R5.3	6179 a
10	Via foliar	R5.3	6211 a
Média			6171

¹ V5 – planta com 4 folhas trifolioladas; R1 – início do florescimento; R5.3 – 25 a 50% do enchimento dos grãos.

² Médias com mesma letra não diferem estatisticamente entre si.

Fontoura e Barth, 2013 (citados por Câmara, 2014).

3.4. Ciclo de desenvolvimento

O ciclo refere-se ao número de dias entre a emergência e a maturação dos legumes da planta de soja. É o resultado de interações entre a cultivar e o ambiente, onde fatores como sensibilidade ao fotoperíodo, presença ou ausência de período juvenil longo, temperatura, distribuição de chuvas, tipo de solo, tipo de crescimento, práticas culturais e estresses bióticos e abióticos interferem no desenvolvimento da planta. Todos esses fatores do ambiente e da planta estão intrínsecos na época de semeadura de cada região e nas cultivares utilizadas, portanto o ciclo não está relacionado diretamente com o tipo de crescimento da soja.

O Brasil apresenta 5 macrorregiões sojícolas (MRS) e 20 regiões edafoclimáticas (REC) (Figura 16) distintas para a pesquisa e à indicação de cultivares e respectivas épocas de semeadura. Os fatores que determinam as MRSs são latitude (fotoperíodo/temperatura) e regime de chuvas, enquanto as RECs diferenciam-se por altitude (temperatura) e tipo de solo (Kaster & Farias, 2012).

Tem se tentado adotar o sistema de classificação das cultivares por Grupos de Maturidade Relativa (GMR) no Brasil, em substituição a designação do ciclo (curto, médio e longo) de cada cultivar (Alliprandini et al., 2009), seguindo o modelo americano. Para isso, foram feitos ensaios em 15 locais do País, com cultivares padrões para todos locais e semeadura na primeira quinzena de novembro. O País foi dividido em

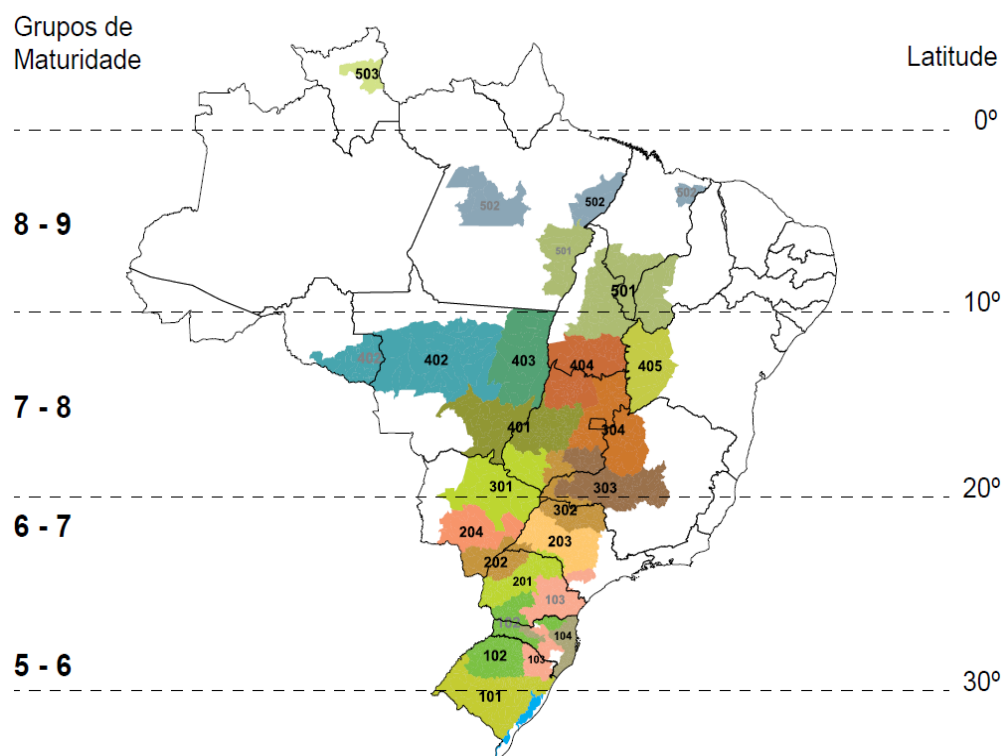


Figura 16. Cinco macrorregiões sojícolas (designas pelo primeiro número da centena), regiões edafoclimáticas (designadas pelos dois últimos números da centena) e distribuição dos grupos de maturidade relativa de cultivares de soja no Brasil, em função da latitude.

Embrapa, 2017.

faixas de latitude (Figura 16), com a numeração iniciando em 5 no Sul e terminado em 9 no Norte. Portanto, cada cultivar teria uma faixa limitada de adaptação em função do seu grupo de maturidade. Quanto maior a numeração dentro da faixa de adaptação maior é, ou deveria ser, o ciclo da cultivar. O próprio agrupamento de cultivares de soja (Tabela 8) do Zoneamento Agrícola do Brasil leva em consideração o grupo de maturação relativa e o ciclo de cada região. Entretanto dentro de uma mesma faixa de latitude pode haver várias regiões edafoclimáticas diferentes (Figura 16) que alteram o ciclo da cultivar. Por isso seria mais correto ter uma designação de GMR de cada cultivar para cada região edafoclimática. Além do mais, existem

Tabela 8. Agrupamento de Cultivares de Soja - Zoneamento Agrícola¹.

Macrorregião Sojícola	Grupo I (C. curto) ²		Grupo II (C. médio)		Grupo III (C. longo)	
	GMR ³	NDM ⁴	GMR	NDM	GMR	NDM
1. Sul⁵	≤ 6.3	≤ 130	6.4 a 7.4	131 a 145	≥ 7.5	≥ 146
2. Centro-Sul	≤ 6.7	≤ 125	6.8 a 7.6	126 a 135	≥ 7.7	≥ 136
3. Sudeste	≤ 7.5	≤ 120	7.6 a 8.2	121 a 130	≥ 8.3	≥ 131
4. Centro-Oeste	≤ 7.8	≤ 115	7.9 a 8.5	116 a 125	≥ 8.6	≥ 126

¹ Elaborada por Cleiton Steckling (CCGL-TEC/Fundacep) e modificada em reunião da Braspov (Brasília, 23/02/2011).

² Grupo I - ciclo curto; Grupo II - ciclo médio; Grupo III - ciclo longo.

³ GMR - Grupos de Maturidade Relativa, cf. Alliprandini, L.F. Proposta de nova classificação das cultivares de soja segundo grupos de maturação. Embrapa Soja, Documentos, 265. 2005.

⁴ NDM - Número de dias para a maturação (emergência - maturação de colheita).

⁵ Região geoeconômica exclusiva ou predominante.

Kaster & Farias, 2012.

cultivares indicadas para 3 ou 4 macrorregiões sojícolas e, mesmo plantadas dentro da época preferencial, apresentam grande diferença no ciclo (Tabela 9). Dentro da mesma região edafoclimática a alteração da época de semeadura também altera o ciclo da cultivar (Tabela 10) (Zanon, 2015; Mourtzinis & Conley, 2017). Tudo isso, mais a falta de padronização de como indicar o GMR no próprio nome da cultivar, traz incertezas para associar o GMR com o ciclo. Devido à importância do ciclo da cultivar para o rendimento de grãos e para as práticas de manejo da lavoura é essencial conseguir com a instituição obtentora qual a duração do ciclo para a data e o local de semeadura desejados. Atualmente é mais prático, fácil, lógico e confiável utilizar a terminologia dos três ciclos de maturação (curto, médio e longo) do que os GMRs.

Tabela 9. Período de dias da emergência até a colheita e grupo de maturação relativa (GMR) da cultivar NS 6906 Ipro, com crescimento indeterminado, em 15 regiões edafoclimáticas.

Região edafoclimática	Ciclo	GMR	
	Dias até colheita		
101	138 a 148	6,5	
102	135 a 145		
103	135 a 145		
201	115 a 125		
202	110 a 120		
203	115 a 125		
204	110 a 120		
301	100 a 110		7,0
302	97 a 107		
303	100 a 110		
304	98 a 108		
401	98 a 108		
402	90 a 100		
403	90 a 100		
404	90 a 100		

Adaptado de Nidera, 2018.

Tabela 10. Período de dias da emergência até a colheita de uma cultivar de soja com tipo de crescimento determina e outra indeterminado, com mesmo grupo de maturidade relativa (GMR), em seis épocas de semeadura. Passo Fundo, RS. Safra 2011/12.

Épocas de semeadura	Determinada (GMR 6,3)	Indeterminada (GMR 6,3)
 dias	
22/09/11	166	151
05/10/11	139	134
05/11/11	128	125
14/12/11	101	101
24/01/12	96	94
17/02/12	102	102

Embrapa Trigo, dados não publicados.

4. Considerações finais

Avanços importantes na área de biologia molecular básica têm aumentado o conhecimento a respeito dos tipos de crescimento do caule da soja. Por outro lado, na área agrícola, ou melhor, na obtenção e lançamento de cultivares comerciais, faltam estabelecer critérios técnicos objetivos para diferenciar os três tipos de crescimento do caule. Como exemplo pode-se citar a designação de tipo determinado para cultivares que emitem até 4 nós no caule após o início do

florescimento, quando na realidade deveriam ter a designação de tipo semideterminado. Fica a sugestão de testar e adotar ou adaptar a metodologia de Thseng & Hosokawa (1972) para as cultivares brasileiras.

Tendo em vista que as cultivares ao serem lançadas por seus obtentores já passaram por uma série de testes a campo, tanto cultivares determinadas, semideterminadas e indeterminadas apresentam alto potencial de rendimento de grãos.

As cultivares indeterminadas apresentam maior período reprodutivo. Isso permite que as plantas se recuperarem de um estresse abiótico como falta ou excesso de água no solo, porém elas necessitam de maior cuidado quanto ao desfolhamento e controle de pragas nesse período.

O tipo de crescimento do caule, por si só, não determina o ciclo da cultivar.

Atualmente é mais prático, fácil, lógico e confiável utilizar a terminologia dos três ciclos de maturação (curto, médio e longo) do que os Grupos de Maturidade Relativa (GMR).

5. Referências bibliográficas

- ALLIPRANDINI, L. F.; ABATTI, C.; BERTAGNOLLI, P. F.; CAVASSIM, J. E.; GABE, H. L.; KUREK, A.; MATSUMOTO, M. N.; OLIVEIRA, M. A. R.; PITOL, C.; PRADO, L. C.; STECKLING, C. 2009. Understanding soybean maturity groups in Brazil: environment, cultivar classification, and stability. **Crop Science**, v. 49, p.801-808.
- ALVES, B.J.R.; BODDEY, R.M.; URQUIAGA, S. 2003. The success of BNF in soybean in Brazil. **Plant and Soil**, v.252, p.1-9.
- ALVES, B.J.R.; ZOTARELLI, L.; FERNANDES, F.M.; HECKLER, J.C.; MACEDO, R.A.T.de; BODDEY, R.M.; JANTALIA, C.P.; URQUIAGA, S. 2006. Fixação biológica de nitrogênio em soja, milho e algodão. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.41, p.449-456.
- ARS, 2018. **Descriptors for soybean – Stem termination type**. Disponível em: <https://npgsweb.ars-grin.gov/gringlobal/descriptor/detail.aspx?id=51050>. Acesso:22/03/2018.
- BERGAMASCHI, H. 2017. Fotoperiodismo. In: BERGAMASCHI, H.; BERGONCI, J.I. **As plantas e o clima: princípios e aplicações**. Guaíba: Agrolivros. p.117-136.
- BERNARD, R.L. 1971. Two major genes for time of flowering and maturity in soybeans. **Crop Science**, v.11, p.242–244.
- BERNARD, R.L. 1972. Two genes affecting stem termination in soybeans. **Crop Science**, v.12, p. 235-239.
- BISNETA, M.V. 2015. **Influência do tipo de crescimento, época e densidade de semeadura em caracteres morfoagronômicos de cultivares de soja**. Dissertação (Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 136p.
- BONATO, E.R.; VELLO, N.A. 1999. E6, a dominant gene conditioning early flowering and maturity in soybeans. **Genetics and Molecular Biology**, v.22, p.229–232.
- BRASIL. 2009. Ato n. 8, de 16 de outubro de 2009. Serviço nacional de proteção de cultivares. **Diário Oficial da República Federativa do**

Brasil, Brasília, 19 out. 2009. Sessão 1, p.3-4. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/protecao-de-cultivar/agricolas>. Acesso em: 17/03/2018.

BREVEDAN, R. E.; EGLI, D.B.; LEGGETT, J.E. 1978. Influence of N nutrition on flower and pod abortion and yield of soybeans. **Agronomy Journal**, v.70, p.81-84.

BUZZELL, R.I. 1971. Inheritance of a soybean flowering response to fluorescent-daylength conditions. **Canadian Journal of Genetics and Cytology**, v.13, p.703–707.

BUZZELL, R.I.; VOLDENG, H.D. 1980. Inheritance of insensitivity to long daylength. **Soybean Genetics Newsletter**, v.7, p.26–29.

CÂMARA, G.M.S. 2014. Fixação biológica de nitrogênio em soja. **Informações Agrônomicas**, n.147, p.1-9.

CAO, D.; TAKESHIMA, R.; ZHAO, C.; LIU, B.; JUN, A.; KONG, F. 2017. Molecular mechanisms of flowering under long days and stem growth habit in soybean. **Journal of Experimental Botany**. V.68, p.1873-1884.

COBER, E.R.; CURTIS, D.F.; STEWART, D.W.; MORRISON, M.J. 2014. Quantifying the effects of photoperiodic, temperature and daily irradiance of flowering time of soybean isolines. **Plants**, v.3, p.476-497.

COBER, E.R.; MOLNAR, S.J.; CHARETTE, M.; VOLDENG, H.D. 2010. A new locus for early maturity in soybean. **Crop Science**, v.50, p.524–527.

COBER, E.R.; VOLDENG, H.D. 2001. A new soybean maturity and photoperiod-sensitivity locus linked to E1 and T. **Crop Science**, v.41, p.698–701.

COPLEY, T.R.; DUCEPPE, M.; O'DONOUGHUE, L.S. 2018. Identification of novel loci associated with maturity and yield traits in early maturity soybean plant introduction lines. **BMC Genomics**. DOI:10.1186/s12864-018-4558-4

COSTA, J.A. 1996. **Cultura da soja**. Porto Alegre: Ed. do Autor. 233 p.

COSTA, J.A.; MARCHEZAN, E. 1982. **Características dos estádios de desenvolvimento da soja**. Campinas: Fundação Cargill. 30p.

EGLI, D.B. 2005. Flowering, pod set and reproductive success in soya bean. 2005. **Journal of Agronomy and Crop Science**, v.191, p.283-291.

EGLI, D.B.; BRUENING, W.P. 2006. Temporal profiles of pod production and pod set in soybean. **European Journal of Agronomy**, v.24, p.11-18.

EMBRAPA. 2017. **Cultivares de soja: Macrorregiões 1, 2, 3 e REC 401-Centro-sul do Brasil**. Londrina: Embrapa Soja. 34p.

FEHR, W.R.; CAVINESS, C.E. 1977. **Stages of soybean development**. Ames, Iowa State University of Science and Technology. 11p.

FONTOURA, S. M. V.; BARTH, G. 2013. Adubação nitrogenada e inoculação da soja. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA, 33., 2013, Londrina. **Resumos Expandidos...** Londrina: Embrapa.

FUJII, K.; KATO, S.; SAYAMA, T.; TANAKA, Y.; NAKAZAKI, T.; ISHIMOTO, M.; SHIRAIWA, T. 2015. Stability Verification of the Effects of Stem Determination and Earliness of Flowering on Green Stem Disorder of Soybean against Genetic Background and Environment. **Plant Production Science**, v.18. p.166-179.

HEATHERLY, L.G.; SMITH, J.R., 2004. Effect of soybean stem growth habit on height and node number after beginning bloom in the midsouthern USA. **Crop Science**, v. 44, p. 1855-1858, 2004.

HILL, J.L.; PEREGRINE, E.K.; SPRAU, G.L.; CREMEENS, C.R.; NELSON, R.L.; ORF, J.H.; THOMAS, D.A. 2008. **Evaluation of the USDA Soybean Germplasm Collection: Maturity Groups 000-IV (PI 578371-PI 612761)**. United States Department of Agriculture Agricultural Research Service. Technical Bulletin Number 1919. 157p.

HUNGRIA, M., LOUREIRO, M.F., MENDES, I.C., CAMPO, R.J.; GRAHAM, P.H. 2005b. Inoculant preparation, production and

application. In: **Nitrogen fixation research: Agriculture, Forestry, Ecology and the environment**. D.Werner (Ed.) Springer. 347p.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R.J.; MENDES, I.C. 2001. **Fixação biológica do nitrogênio na cultura da soja**. Londrina: Embrapa Soja. 48p.

HUNGRIA, M.; FRANCHINI, J. C.; CAMPO, R. J.; GRAHAM, P. H. 2005a. The importance of nitrogen fixation to the soybean cropping system in South America. In: **Nitrogen fixation research: Agriculture, Forestry, Ecology and the environment**. D. Werner (Ed.). Springer. 347p.

HUNGRIA, M.; VARGAS, M.A.T; SUHET, A.R.; PERES, J.R.R. 1994. Fixação Biológica do nitrogênio em soja. In: ARAUJO, R.S.; HUNGRIA, M. (Ed.). **Microrganismos de importância agrícola**. Brasília: Embrapa-CNPAP. p.9-89.

IPNI. 2018. Como a planta de soja se desenvolve. Disponível em: [http://brasil.ipni.net/ipniweb/region/brasil.nsf/0/1A183CA9FE55F39883257AA0003B5C23/\\$FILE/Como%20a%20Planta%20da%20Soja%20Desenvolve.pdf](http://brasil.ipni.net/ipniweb/region/brasil.nsf/0/1A183CA9FE55F39883257AA0003B5C23/$FILE/Como%20a%20Planta%20da%20Soja%20Desenvolve.pdf). Acesso em: 23/05/2018.

Indicações Técnicas para a Cultura da Soja no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina, safras 2016/2017 e 2017/2018. 2016. **41ª Reunião de Pesquisa da Soja da Região Sul**. Passo Fundo, RS: Universidade de Passo Fundo, 127p.

JIANG, H.; EGLI, D.B. 1993: Shade induced changes in flower and pod number and fruit abscission in soybean. **Agronomy Journal**, v.85, p.221-225.

KASTER, M.; FARIAS, J.R.B. 2012. **Regionalização dos testes de valor de cultivo e uso e da indicação de cultivares de soja – terceira aproximação**. Londrina: Embrapa Soja. 69p.

KONG, F.J.; NAN, H.Y.; CAO, D.; LI, Y.; WU, F.F.; WANG, J.L.; LU, S.J.; YUAN, X.H.; COBER, E.R.; ABE, J.; LIU, B.H. 2014. A new dominant gene E9 conditions early flowering and maturity in soybean. **Crop Science**, v.54, p.2529–2535.

LIU, B.; WATANABE, S.; UCHIYAMA, T.; KONG, F.; KANAZAWA, A.; XIA, Z.; NAGAMATSU, A.; ARAI, M.; YAMADA, T.; KITAMURA, K.; MASUTA, C.; HARADA, K.; ABE, J. 2010. The soybean stem growth habit gene Dt1 is an ortholog of Arabidopsis TERMINAL FLOWER1. **Plant Physiology**, v. 153, p. 198-210.

LIU, D.; YAN, Y.; FUJITA, Y.; XU, D. 2018. A major QTL (qFT12.1) allele from wild soybean delays flowering time. **Molecular Breeding**. DOI:10.1007/s11032-018-0808-z.

LIU, G.; ZHAO, L.; AVERITT, B.J.; LIU, Y.; ZHANG, B.; CHANG, R.; MA, Y.; LUAN, X.; GUAN, R.; QIU, L. 2015. Geographical distribution of GmTf1 alleles in Chinese soybean varieties. **The Crop Journal**, v.3, p.371-375.

LIU, W.; JIANG, B.; MA, L.; ZHANG, S.; ZHAI, H.; XU, X.; HOU, W.; XIA, Z.; WU, C.; SUN, S.; WU, T.; CHEN, L.; HAN, T. 2018. Functional diversification of Flowering Locus T homologs in soybean: GmFT1a and GmFT2a/5a have opposite roles in controlling flowering and maturation. **New Phytologist**, v.217. p.1335-1345.

LU, S.; ZHAO, X.; HU, Y.; LIU, S.; NAN, H.; LI, X.; FANG, C.; CAO, D.; SHI, X.; KONG, L.; SU, T.; ZHANG, F.; LI, S.; WANG, Z.; YUAN, X.; COBER, E.R.; WELLER, J.L.; LIU, B.; XINGLIANG HOU, X.; ZHIXI TIAN, Z.; KONG, F. 2017. Natural variation at the soybean *J* locus improves adaptation to the tropics and enhances yield. **Nature Genetics**. DOI:10.1038/ng.3819

MAIZEL, A.; BUSCH, M.A.; TANAHASHI, T.; PERKOVIC, J.; KATO, M.; HASEBE, M.; WEIGEL, D. 2005. The floral regulator LEAFY evolves by substitutions in the DNA binding domain. **Science**, v.308, p.260–263.

MANDEL, M.A.; GUSTAFSON-BROWN, C.; SAVIDGE, B.; YANOFSKY, M.F. 1992. Molecular characterization of the Arabidopsis floral homeotic gene APETALA1. **Nature**, v.360, p.273–277.

MAO, T.; LI, J.; WEN, Z.; WU, T.; WU, C.; SUN, S.; JIANG, B.; HOU, W.; LI, W.; SONG, Q.; WANG, D.; HAN, T. 2017. Association mapping of loci controlling genetic and environmental interaction of soybean

flowering time under various photo-thermal conditions. **BMC Genomics**. DOI 10.1186/s12864-017-3778-3.

MCBLAIN, B.A.; BERNARD, R.L. 1987. A new gene affecting the time of flowering and maturity in soybeans. **The Journal of Heredity**, v.78, p.160–162.

MOURTZINIS, S.; CONLEY, S.P. 2017. Delineating soybean maturity groups across the United States. **Agronomy Journal**, v. 109, p.1397-1403.

MOURTZINIS, S.; KAUR, G.; ORLOWSKI, J.M.; SHAPIRO, C.A.; LEE, C.D.; WORTMANN, C.; HOLSHOUSER, D.; NAFZIGER, E.D.; KANDEL, H.; NIEKAMP, J.; ROSS, W.J.; LOFTON, J.; VONK, J.; ROOZEBOOM, K.L.; THELEN, K.D.; LINDSEY, L.E.; STATON, M.; NAEVE, S.L.; CASTEEL, S.N.; WIEBOLD, W.J.; CONLEY, S.P. 2018. Soybean response to nitrogen application across the United States: A synthesis-analysis. **Field Crops Research**, v.215, p.74-82.

MUNDSTOCK, C.M.; THOMAS, A.L. 2005. **Soja: fatores que afetam o crescimento e o rendimento de grãos**. Porto Alegre: Departamento de Plantas de Lavoura, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 31p.

NAVARRO JÚNIOR, H.M. 1998. **Estratégias associadas à expressão do potencial de produção por plantas em cultivares de soja**. Dissertação (Mestrado – Plantas de Lavoura) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Porto Alegre. 82p.

NIDERA. 2018. **Soja Nidera sementes**. Disponível em: <http://www.niderasementes.com.br/produto/ns-6906-ipro--sul.aspx>. Acesso:19/06/2018.

OLIVEIRA JUNIOR, A.; CASTRO, C.; OLIVEIRA, F.A.; FOLONI, J.S.S. 2014. **Marcha de absorção e acúmulo de macronutrientes em soja com tipo de crescimento indeterminado**. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/993442/1/Marchadeabsorcaoecumulodemacronutrientesemsojacomtipodecrescimentoindeterminado.pdf>. Acesso: 24/05/2018.

OLIVEIRA JUNIOR, A.; CASTRO, C.; PEREIRA, L.R.; DOMINGOS, C.S. 2016. **Estádios fenológicos e marcha de absorção de nutrientes da soja.** Disponível em:

<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/144440/1/FOR-Quadro-ESTADIO-SOJA-FINAL.pdf>. Acesso: 24/05/2018.

PING, J.; LIU, Y.; SUN, L.; ZHAO, M.; LI, Y.; SHE, M.; SUI, Y.; LIN, F.; LIU, X.; TANG, Z.; NGUYEN, H.; TIAN, Z.; QIU, L.; NELSON, R.L.; CLEMENTE, T.E.; SPECHT, J.E.; MA, J. 2014. Dt2 Is a gain-of-function MADS-domain factor gene that specifies semideterminacy in soybean. **The Plant Cell**, v.26, p.2831-2842.

PIRES, J.L.F. 2002. **Estimativa do potencial produtivo da soja e variabilidade espacial de área de produção.** Tese (Doutorado – Plantas de Lavoura) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Porto Alegre. 136p.

RAY, J.D.; HINSON, K.; MANKONO, J.E.B.; MALO, M.F. 1995. Genetic control of a long-juvenile trait in soybean. **Crop Science**, v.35, p.1001–1006.

RODRIGUES, O.; DIDONET, A.D.; LHAMBY, J.C.B.; BERTAGNOLLI, P.F.; LUZ, J.S. 2001. Resposta quantitativa do florescimento da soja à temperatura e ao fotoperíodo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, p.431-437.

SAMANFAR, B.; MOLNAR, S.J.; CHARETTE, M.; SCHOENROCK, A.; DEHNE, F.; GOLSHANI, A.; BELZILE, F.; COBER, E.R. 2017. Mapping and identification of a potential candidate gene for a novel maturity locus, E10, in soybean. **Theoretical and Applied Genetics**, v.130, p.377–390.

SEDIVY, E.J.; WU, F.; HANZAWA, Y. 2017. Soybean domestication: the origin, genetic architecture and molecular bases. **New Phytologist**, v.214, p.539–553.

SEDIYAMA, T.; TEIXEIRA, R.C.; REIS, M.S. 2005. Melhoramento da soja. In: BOREM, A (Ed.). **Melhoramento de espécies cultivadas.** Viçosa: Editora UFV. 969p.

SERRAJ, R.; OBATON, N.; VIDAL, V. 1993. Nitrogen fixation and nitrate assimilation of determinate, semi-determinate and undeterminate soybeans (*Glycine max* L.). **Journal of Agronomy and Crop Science**, v.171, p.36-45.

TECNOLOGIAS DE PRODUÇÃO DE SOJA – Região Central do Brasil 2014. 2013. Londrina: Embrapa Soja. 265p.

TESAR, M.B. 1984. **Physiological basis of crop growth and development**. Madison: American Society of Agronomy. 341p.

THOMAS, A.L.; COSTA, J.A. 2010. **Soja – Manejo para alta produtividade de grãos**. Porto Alegre: Evangraf, 248p.

THOMPSON, J. A.; BERNARD, R. L.; NELSON, R. L. 1997. Third Allele at the Soybean *dfl* Locus. **Crop Science**, Madison, v. 37, p. 757-762.

THSENG, F.; HOSOKAWA, S. 1972. Significance of growth habit in soybean breeding. I. Varietal differences in characteristics of growth habit. **Japanese Journal of Breeding**, v. 22, p.261-268.

TIAN, Z.; WANG, X.; LEE, R.; LI, Y.; SPECHT, J.E.; NELSON, R.L.; MCCLEAN, P.E.; QIU, L.; MA, J. 2010. Artificial selection for determinate growth habit in soybean. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v.107, p.8563–8568.

UW EXTENSION. 2018. **Soybean Growth and Development**. Disponível em: <http://corn.agronomy.wisc.edu/Crops/Soybean/L004.aspx>. Acesso em: 11/03/2018.

WEIGEL, D.; ALVAREZ, J.; SMYTH, D.R.; YANOFSKY, M.F.; MEYETOWITZ, E.M. 1992. LEAFY controls floral meristem identity in Arabidopsis. **Cell**, v.69, p.843–859.

WILCOX, J.R. 1987. **Soybeans: improvement, production, and uses**. 2nd ed. Agronomy Monograph no. 16. Madison: American Society of Agronomy. 888p.

XIA, Z.; ZHAI, H.; LIU, B.; KONG, F.; YUAN, X.; WU, H.; COBER, E.R.; HARADA, K. 2012. Molecular identification of genes controlling

flowering time, maturity, and photoperiod response in soybean. **Plant Systematics and Evolution**, v.298, p.1217-1227.

XU, M.; XU, Z.; LIU, B.; KONG, F.; TSUBOKURA, Y., WATANABLE, S.; XIA, Z.; HARADA, K.; KANAZAWA, A.; YAMADA, T.; ABE, J. 2013. Genetic variation in four maturity genes affects photoperiod insensitivity and PHYA-regulated post-flowering responses of soybean. **BMC Plant Biology**. DOI: 10.1186/1471-2229-13-91.

YOSHIDA, K.; NOMURA, F.; GOTOH, K. 1983. Significance of intra-plant flowering date in soybean seed production. 2. Number of flowers, podding efficiency, nodal distribution of pods and yield components among different flowering dates. **Japanese Journal of Crop Science**, v.52, p.567-573.

ZANON, A.J. 2015. **Crescimento, desenvolvimento e potencial de rendimento de soja em função do tipo de crescimento e grupo de maturidade relativa em ambiente subtropical**. Tese (Doutorado em Agronomia), Universidade Federal de Santa Maria, Programa de Pós-graduação em Agronomia, Área de concentração em Produção Vegetal. Santa Maria. 179p.

ZANON, A.J.; STRECK, N.A.; ROCHA, T.S.M.; ALBERTO, C.M.; BARTZ, A.C.; PAULA, G.M.; TOMIOZZO, R.; COSTA, L.C.; FENSTERSEIFER, C.A.; TAGLIAPIETRA, E.L.; CARDOSO, A.P.; WEBER, P.S.; BEXAIRA, K.P. 2016. Growth habit effect on development of modern soybean cultivars after beginning of bloom in Rio Grande do Sul. **Bragantia**, v.75, p.446-458.

ZHANG, S.; WANG, H.; WANG, S.; REN, Y.; NIU, L.; LIU, J.; LIU, B. 2017. Photoperiodism dynamics during the domestication and improvement of soybean. **Science China Life Sciences**, v.60, p.1416-1427.

6. Agradecimentos

Ao Professor José Antonio Costa pela revisão e sugestões apresentadas no texto.