

SOJA E ABELHAS

Decio Luiz Gazzoni

Embrapa

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



SOJA E ABELHAS

Decio Luiz Gazzoni



Versão traduzida para o Português

Embrapa
Brasília, DF
2017

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Soja

Rod. Carlos João Strass, s/n, Acesso Orlando Amaral, Distrito de Warta
Londrina, PR, Brasil
CEP 86001-970
Caixa Postal 231
Fone: (43) 3371 6000
www.embrapa.br
www.embrapa.br/fale-conosco/sac/

Unidade responsável pelo conteúdo

Embrapa Soja

Comitê Local de Publicações

Presidente: *Ricardo Vilela Abdelnoor*

Secretária-Executiva: *Regina Maria Villas Bôas de Campos Leite*

Membros: *Alvadi Antonio Balbinot Junior, Claudine Dinali Santos Seixas, José Marcos Gontijo Mandarino, Fernando Augusto Henning, Liliane Márcia Hertz Henning, Maria Cristina Neves de Oliveira, Norman Neumaier e Vera de Toledo Benassi*

Supervisão editorial: *Vanessa Fuzinato Dall'Agnol*

Normalização bibliográfica: *Ademir Benedito Alves de Lima*

Editoração eletrônica e capa: *Vanessa Fuzinato Dall'Agnol*

Fotos da capa: *Decio Luiz Gazzoni*

1ª edição

1ª impressão (2017): 2.000 exemplares

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 Soja

Gazzoni, Decio Luiz.

Soja e abelhas / Decio Luiz Gazzoni. – Brasília, DF : Embrapa, 2017.

151 p. : il. color. ; 21,6 cm x 27,9 cm.

Publicado anteriormente como: Soybean and Bees

ISBN 978-85-7035-674-1

1. Soja. 2. Polinização. 3. Abelha. I.Título.

CDD 633.34

© Embrapa 2017

AUTOR

Decio Luiz Gazzoni

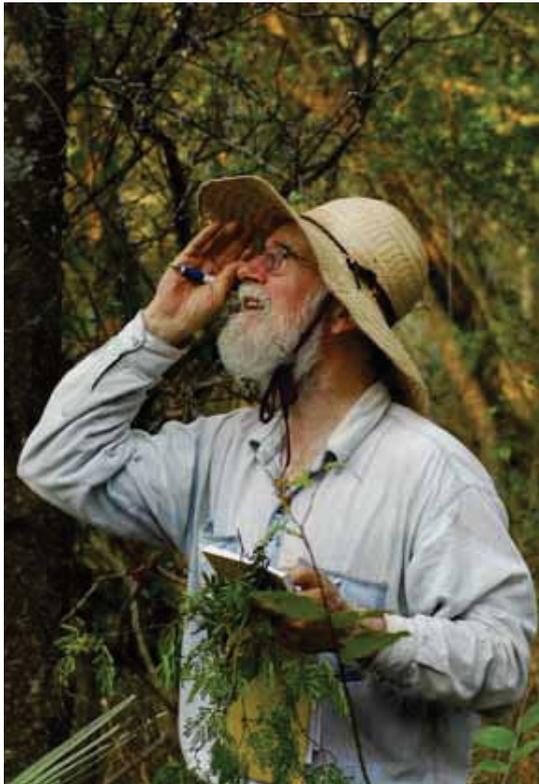
Engenheiro Agrônomo

M.Sc. em Entomologia

Pesquisador da Embrapa Soja

Londrina, PR

Foto: Paulo Robson de Souza



Este livro é dedicado ao meu amigo de longa data, Engenheiro Agrônomo **Dr. Arnildo Pott**, ex-cientista da Embrapa, atualmente professor de Botânica da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul. Ele é um estudioso de botânica mundialmente reconhecido, cuja sabedoria, conhecimento, contribuição científica, dedicação, atitude e esforço sempre admirei.



APRESENTAÇÃO

O Brasil, alinhado com os esforços internacionais, tem realizado vários estudos e atividades com vistas à conservação e uso sustentável de polinizadores. A perda de habitat primário desses agentes, em grande parte devido à supressão da vegetação nativa para múltiplos usos, constitui uma das maiores ameaças para os serviços de polinização dos ecossistemas. As ações para reversão do problema estão em curso. Por exemplo, em termos de políticas públicas, a Lei Florestal brasileira pode, potencialmente, favorecer o serviço de polinização ambiental, fornecendo abrigo e alimento para polinizadores. A Embrapa está comprometida com o estudo e a quantificação dessa contribuição.

Na Embrapa, a crescente atenção dada a essa questão sublinha a necessidade de expandir o uso de tecnologias, processos e estruturas para garantir que os serviços de polinização sejam favorecidos. Estudos estão sendo desenvolvidos para o monitoramento contínuo, a caracterização de polinizadores e sua contribuição para os sistemas de produção agrícola praticados no país. É necessária atenção especial para monitorar e estudar as consequências do desmatamento e do uso inadequado de agrotóxicos na agricultura, bem como de outros processos que possam representar uma desvantagem para o serviço ambiental de polinização.

Além disso, a Embrapa entende que a polinização tem grande valor para a produção agrícola e para o meio ambiente. O equilíbrio dos ecossistemas depende da fertilidade do solo, da não contaminação da água e do ar, da decomposição dos resíduos e da reciclagem, bem como da desaceleração no ritmo dos eventos meteorológicos extremos e catástrofes naturais. Por isso, todos os esforços para entender e garantir a integridade dos serviços ambientais representa um grande benefício para a existência humana no planeta.

A agricultura de pequena escala, realizada em espaços pequenos ou em sistemas orgânicos de produção, pode ser conduzida sem o uso de agrotóxicos, sob certas circunstâncias. Por outro lado, os agrotóxicos constituem uma contribuição importante para a agricultura em larga escala, devido a razões operacionais e econômicas, embora a sua aplicação deva seguir as recomendações das boas práticas agrícolas. Portanto, os sistemas de produção devem ser melhorados para favorecer a ação de inimigos naturais e de polinizadores.

Consequentemente, o manejo de áreas agrícolas deve contar com práticas que favoreçam a presença e a permanência de insetos benéficos nos campos de cultivo, com ênfase nas populações de polinizadores. A adoção de boas práticas agrícolas, tais como manejo integrado de pragas (MIP), significa menores custos de produção e menor risco de perturbação dos ecossistemas. Também, é importante mencionar que a Embrapa, historicamente, mantém diretrizes para apoiar o contínuo desenvolvimento e utilização de programas de manejo de

pragas, com o objetivo de minimizar os danos de pragas para as culturas, com redução dos custos de produção e do impacto ambiental negativo.

Nesse particular, a Embrapa sempre manteve uma clara diretriz de preocupação ambiental nas tecnologias desenvolvidas por seus cientistas. E, mais recentemente, foi incorporado ao seu programa um Arranjo de Pesquisa - um conjunto de projetos correlacionados - chamado Poliagro, que visa harmonizar os sistemas de produção existentes ou futuros, com o serviço ambiental de polinização. Outros Arranjos de projetos, tais como A.B.E.L.H.A e SA (Serviços Ambientais) complementam o tema central do Poliagro, na busca por sistemas de produção agrícola mais favoráveis ao serviço ambiental de polinização.

O Poliagro integrará as redes de investigação existentes, ou criará novas redes, envolvendo institutos e universidades no Brasil e no exterior, sob a coordenação da Embrapa, gerando processos e tecnologias para auxiliar os agricultores e subsidiar políticas públicas, com foco na criação de um ambiente favorável para o serviço de polinização. Além de ser uma demanda generalizada na sociedade, os estudos a serem realizados pelo POLIAGRO estão totalmente em linha com as preocupações dos agricultores e suas organizações, bem como dos órgãos governamentais como os Ministérios do Meio Ambiente (MMA), da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) e da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC).

O Livro Soja e Abelhas constitui uma revisão bibliográfica do processo de polinização na soja, cujo recente aumento da produtividade, fundado em inovações tecnológicas, depende de um manejo eficiente da cultura. A soja é a cultura mais importante do país, ocupando grandes áreas, portanto com maior consumo de agrotóxicos, aspectos que podem afetar negativamente o serviço ecossistêmico de polinização, o qual, por outro lado, beneficia também outras culturas adjacentes, cultivadas na paisagem agrícola. Um aspecto que deve ser considerado é que, embora a soja seja uma planta cleistogâmica, com baixa taxa de polinização cruzada, alguns estudos apontam para benefícios quando as abelhas visitam suas flores de forma consistente, um aspecto que deve ser definitivamente esclarecido.

O autor argumenta, corretamente, a necessidade de expandir o domínio da diversidade e da abundância sazonal de abelhas polinizadoras em relação às diferenças morfológicas entre cultivares de soja, o que é crucial para estabelecer uma estratégia de mitigação do impacto negativo das ações de controle de pragas sobre o serviço de polinização.

Na minha opinião, o esforço representado por este livro é justificado pela importância econômica e ambiental da produção de soja, uma cultura que tem crescido expressivamente nas últimas três décadas, e é responsável por quase 50% da área de grãos no Brasil. Cultivada

principalmente nas regiões Centro-Oeste e Sul, a soja conforma um complexo composto de grãos, farelo e óleo, e se destaca como o principal produto da pauta das exportações brasileiras, com cerca de 15% do total exportado pelo país. O MAPA prevê um aumento de 45% na produção brasileira de soja entre 2016 e 2019, suportado pela expansão tanto da demanda internacional quanto do consumo interno, não só para a produção de alimentos mas, também, para fins industriais, incluindo a produção de biodiesel, uma razão para melhorar continuamente a sustentabilidade dos sistemas de produção de soja.

O esforço feito pelo Dr. Decio Luiz Gazzoni na organização deste livro é amplamente bem-vindo. Com informações detalhadas, apresentadas de forma objetiva, didática e ilustrada, esta publicação oferece aos produtores, técnicos, estudantes, funcionários governamentais e outros cidadãos interessados, fatos e números para as reflexões indispensáveis para a expansão do conhecimento das interações entre a polinização por abelhas e o cultivo da soja. Em obtendo-se a harmonização das formas, meios e tempos necessários para o serviço de polinização, também será possível programar a aplicação de agrotóxicos, de modo a não prejudicar os polinizadores, bem como para mitigar os danos presentes ou potenciais para o equilíbrio dos ecossistemas – um valor permanente da Embrapa.

Maurício Antônio Lopes

Presidente da Embrapa



PREFÁCIO

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é hospedeira de vários insetos-pragas ao longo de seu ciclo, desde a germinação até a maturação. Exceção feita para o interregno entre a germinação e o surgimento da primeira folha trifoliolada, a produtividade de soja e a qualidade de sementes são muito mais afetadas no período da fase reprodutiva do ciclo em que existem vagens na planta, em comparação com a fase vegetativa e o florescimento.

As pragas que atacam a soja durante a fase vegetativa são desfolhadoras (principalmente lepidópteros e coleópteros), enquanto aquelas que se alimentam de vagens (percevejos ou brocas) são mais importantes do início da formação de vagens até a maturação fisiológica das sementes. Em cultivares de ciclo determinado – que cessam seu crescimento vegetativo no início da floração - as vagens estão presentes sobre a planta apenas após o final do florescimento. Assim, durante a floração, as pragas que provocam desfolhamento são consideradas as que possuem maior potencial de danos à soja, à semelhança da fase vegetativa.

Entrementes para as cultivares indeterminadas – que não cessam o crescimento vegetativo no início da floração - isso não é verdade, porque há um período de sobreposição de aproximadamente 15-20 dias em que existem flores nas plantas, ao mesmo tempo em que também estão presentes vagens em diferentes etapas de desenvolvimento. Nessa condição, as pragas que se alimentam de vagens, especialmente percevejos, podem se estabelecer em populações elevadas, além do nível de ação, exigindo medidas de controle de pragas. Neste momento, deve ser tomado cuidado para evitar ou minimizar o impacto sobre polinizadores.

A planta de soja é hermafrodita, produzindo flores perfeitas com os aparelhos reprodutores masculino e feminino funcionais presentes, simultaneamente, na mesma flor. As anteras produzem pólen e os óvulos se desenvolvem no ovário da mesma flor. Quando um grão de pólen maduro atinge um estigma receptivo, o pólen cresce no interior de um tubo formado no estilo, de forma que o núcleo da célula do pólen, com toda a informação genética, desloca-se através do tubo, combinando-se com o ovo no óvulo para formar o zigoto. O ovário protege e nutre o zigoto e permite o desenvolvimento do embrião, do endosperma e do tegumento da semente. Na base da flor existe um nectário, órgão da flor que produz néctar, um composto químico altamente nutritivo, que atrai polinizadores.

A soja é considerada uma planta autógama, cleistogâmica e autopolinizável. Na maioria das flores de soja, quando ocorre a sua abertura, já ocorreu a autofecundação. Assim mesmo, após a abertura, o estigma do pistilo é completamente coberto pelas anteras dos estames, o que torna muito difícil para o pólen exógeno alcançá-lo. Por isso, a polinização cruzada é mencionada na literatura ocorrendo em taxas baixas, próximo a 2%. A polinização cruzada na cultura da soja é mediada por polinizadores, normalmente insetos, e especialmente as abelhas, sendo a polinização pelo vento desprezível. As abelhas coletam néctar como sua principal fonte de energia (carboidratos) e pólen como a principal fonte de proteína.

A abscisão de flores de soja é muito alta, superior a 80%, sendo que o número de vagens efetivamente colhidas corresponde a 10-20% do número de flores abertas. De acordo com a literatura revisada, as flores que caem da planta estão todas fertilizadas e, geralmente, contendo proembriões que já haviam passado por duas ou três divisões celulares. De acordo com o conhecimento atualmente disponível na literatura, aparentemente não há nenhuma interferência de insetos-pragas ou de falta de polinização, que possam ser responsabilizados pela abscisão de flores de soja.

A fertilização das flores de soja geralmente ocorre um dia antes ou no próprio dia da abertura da flor, o que reduz, teoricamente, a dependência da polinização por insetos. A polinização cruzada na cultura da soja, embora em taxas baixas, é mediada por insetos polinizadores, normalmente as abelhas, as quais visitam as flores entre as 9h e às 15h, porém concentrando o forrageamento entre 9h e 12h, dependendo da região, da temperatura e da umidade relativa do ar.

Apesar da baixa taxa de polinização cruzada, alguns autores afirmam que a polinização assistida pelas abelhas aumenta a produtividade da soja, principalmente devido ao maior número de vagens e de grãos por vagem. Estudos realizados nos EUA e no Brasil concluíram que, quando a soja é cultivada em gaiolas, com colônias de abelhas em seu interior, o rendimento pode aumentar de 10 a 50%, comparativamente a parcelas de soja em gaiolas sem a presença das abelhas. Quando foi observado um aumento da produtividade da soja na presença de abelhas, o número de vagens cheias, e o número de sementes por vagem, foram maiores que as parcelas cultivadas na ausência de abelhas. Entretanto, também existem referências na literatura que apontam para produtividades similares de soja com presença ou ausência de abelhas.

A literatura menciona uma dominância da abelha doméstica, *Apis mellifera*, forrageando em campos de soja, mas várias espécies nativas também foram encontradas. Há uma clara necessidade de estabelecer a diversidade e a abundância sazonal de abelhas polinizadoras forrageando em soja, para apoiar a estratégia de mitigação do impacto negativo das ações de controle de pragas sobre o serviço de polinização.

Uma flor de soja permanece aberta apenas por 1-2 dias. O período de floração da soja dura cerca de 15 dias para cultivares de ciclo determinado, e cerca de 25 dias para as de ciclo indeterminado. No caso de cultivares determinadas, as vagens somente se desenvolvem quando encerra o período de floração. Já, para as cultivares indeterminadas, parte do período de floração coincide com a formação e o desenvolvimento de vagens, e pode se sobrepor, parcialmente, à fase de enchimento de grãos. Presentemente, as cultivares indeterminadas dominam a área cultivada com soja no Brasil.

Essa diferença no comportamento da floração entre cultivares de soja é crucial para compatibilizar a presença de visitantes florais, mormente polinizadores, com o controle de pragas de soja. Pragas que causam desfolhamento (coleópteros ou lagartas) podem atacar a soja desde a fase inicial da plântula até a maturidade fisiológica. Os insetos que se alimentam de vagens (lagartas ou percevejos) são considerados pragas somente quando existem vagens maiores do que 0,5 cm de comprimento sobre as plantas. Em cultivares determinadas, não há necessidade de controlar insetos que se alimentam de vagens durante o florescimento, o que não é necessariamente válido para as indeterminadas, pois a decisão passa a depender da abundância de pragas e do nível de ação recomendado pelo Manejo de Pragas. Para essas cultivares, um período de aproximadamente duas semanas passa a ser crítico, devido à presença simultânea de flores e vagens, nas plantas de soja.

A visita das abelhas a uma flor pode ser considerada um processo de dois estágios, sendo orientadas pelo aroma floral, cor e forma das flores. O processo envolve a orientação a uma distância maior com predomínio do efeito das características visuais e, posteriormente, a orientação é guiada por voláteis, sempre objetivando a busca de néctar e pólen. Assim, o aroma floral, cor e forma das flores parecem influenciar a visitação das abelhas e fornecer pontos de referência, que as abelhas utilizam para otimizar o forrageamento em uma espécie de planta específica.

O néctar é um poderoso atrante das abelhas, para uma determinada flor. O néctar é um complexo de hidratos de carbono, basicamente uma solução de frutose, glucose, ou sacarose em água, com pequenas quantidades de outros compostos (outros hidratos de carbono, aminoácidos, proteínas, sais minerais, ácidos orgânicos, vitaminas, lipídios, antioxidantes, alcaloides e flavonoides). O conteúdo de hidratos de carbono no néctar pode variar de 4 a 60%, dependendo da espécie das plantas e das condições ambientais, além de uma variação de acordo com a hora do dia, o que pode determinar as horas de forrageamento pelas abelhas.

A importância do olfato no recrutamento de abelhas forrageiras tem sido bem documentada. A abelha doméstica tem um grande número de sensilhas placoides nas antenas, que são os principais quimiorreceptores para aromas florais. De fato, tem sido sugerido que o olfato de-

sempenha um papel mais importante no recrutamento de forrageiras do que as indicações fornecidas pela dança observada nas colônias. O aroma é mais importante para orientar e fidelizar as abelhas produtoras de mel do que a cor, a forma, ou hora do dia, posto que os estudos demonstraram que a discriminação da abelha doméstica foi maior com uma mudança no aroma do que com o padrão, cor ou forma de flor.

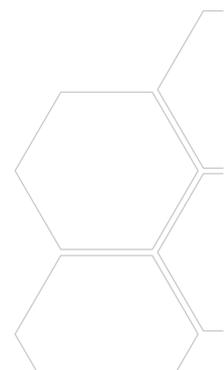
À primeira vista, não parece razoável estabelecer que o aumento da produtividade da soja esteja associado com polinização externa, considerando que em plantas cleistogâmicas, quando a flor abre, normalmente já está fertilizada. Conforme já indicado, a polinização cruzada natural em soja é baixa, tendo sido estimada por diferentes autores variando desde 0,03% até 4%, apesar de taxas maiores haverem sido referidas. Esses valores indicariam que a polinização entomófila teria muito baixo impacto na produtividade da soja. No entanto, persiste na literatura uma controvérsia sobre a contribuição dos polinizadores para aumentar a qualidade e rendimento de sementes de soja. Alguns autores concluíram que a presença de polinizadores, especialmente as abelhas, em ambiente de campo aberto, ou em soja cultivada em gaiolas, redundam em incremento da produtividade da soja. Trata-se de uma questão em aberto, posto não ser esperado aumento de produtividade decorrente da presença de polinizadores em uma planta cleistogâmica, autopolinizável, com baixas taxas de polinização cruzada. Nos estudos que demonstraram maiores rendimentos na presença de abelhas, não foram apresentadas evidências fisiológicas para fundamentar as constatações de campo.

Entretanto, à margem da discussão acima, impõe-se a necessidade de estudos específicos para definir as estratégias mais adequadas para minimizar o impacto negativo de medidas de controle de pragas, sobre polinizadores. Como regra geral, é fundamental observar estritamente as recomendações do MIP para evitar redução no rendimento ou na qualidade das sementes. Aplicações de inseticidas devem ser evitadas durante o período de florescimento. Caso sejam necessárias, deve-se preferir inseticidas menos tóxicos para polinizadores, utilizados em suas doses mínimas recomendadas. A aplicação de agrotóxico deve, preferencialmente, ser realizada durante períodos do dia em que as populações de abelhas na lavoura de soja são menores, ou mesmo ausentes (início da manhã, final da tarde ou à noite). Além disso, outros componentes do sistema de produção, que possam afetar negativamente os polinizadores, devem ser repensados, assim como, deve-se reforçar aqueles componentes que favoreçam o serviço natural de polinização.

SUMÁRIO

Ciclo da soja	17
Tipos de estruturas reprodutivas as plantas.....	23
Plantas monoicas e dioicas	23
Flores perfeitas	24
Flores: estrutura, anatomia e principais eventos.....	26
Tipos de crescimento da soja	39
Desenvolvimento reprodutivo da soja.....	39
Estrutura de uma flor de soja	41
Abscisão de flores, vagens e sementes de soja.....	48
Desenvolvimento do estame e do óvulo	49
Polinização das flores de soja	51
Embrião, endosperma e desenvolvimento da semente.....	56
Abelhas e suas relações com as plantas.....	61
Néctar, um mediador-chave	61
Composição, dinâmica e papel do néctar	62
Produção de néctar e a função das enzimas	66
Secreção de néctar	67
Orientação das abelhas.....	68
Néctar e atração de polinizadores	70
Néctar, aroma e fidelidade dos polinizadores	73
Néctar e proteção	75
Efeitos da remoção de néctar e pólen	76
Nectários.....	79
Nectários de soja e produção de néctar	79
Os tricomas e os nectários	84

A produtividade da soja e sua relação com abelhas e polinização entomófila.....	85
Abelhas e polinização cruzada em soja.....	86
Abelhas e produtividade da soja	89
Polinizadores forrageando em soja	93
Relações entre soja e polinizadores.....	97
Ciclo da soja e a necessidade de controle de pragas	103
Referências.....	107
Glossário.....	147



CICLO DA SOJA

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill, família Fabaceae, subfamília Faboideae) constitui-se em hospedeira de diversos insetos-praga ou insetos benéficos, no curso de seu ciclo (germinação até a maturação fisiológica das sementes). A produtividade e a qualidade de sementes e grãos de soja são mais sujeitas a perdas quando o ataque de pragas ocorre durante o período em que existem vagens na planta, se comparado com a fase vegetativa e o florescimento. As pragas que atacam a soja durante a fase vegetativa (Tabela 1 e Figura 1) são, principalmente, desfolhadores (lepidópteros e coleópteros). Inúmeros estudos realizados ao longo dos últimos 60 anos demonstraram, em definitivo, que a soja pode suportar altas taxas de desfolhamento, mesmo atingindo 100%, até a fase do florescimento, sem perda de rendimento ou da qualidade dos grãos ou das sementes, se as condições ambientais e de cultivo forem adequadas. Esta capacidade demonstra a resiliência da soja para esses estresses bióticos, desde que as condições do ambiente (temperatura e água, principalmente) sejam adequadas e as práticas culturais (manejo dos solos; nutrição de plantas; controle de ervas daninhas, nematoides e doenças) sigam as recomendações técnicas (GAZZONI et al, 1978). Devido à necessidade de uso de medidas de controle de insetos-praga que, por vezes, são detrimenais para insetos benéficos (inimigos naturais e polinizadores), é fundamental adaptar os sistemas de produção para tornar o ambiente em que a soja é cultivada tão favorável quanto possível para os insetos benéficos.

Tabela 1. Estádios de desenvolvimento da soja

a. Estágio vegetativo		
Estágio	Denominação	Descrição
VE	Emergência	Cotilédones acima da superfície do solo
V1	Primeiro nó	Duas folhas nos nós unifoliolados completamente desenvolvidas
V2	Segundo nó	Trifólio completamente desenvolvido no primeiro nó acima dos nós unifoliolados
V3	Terceiro nó	Três nós no caule principal com folhas completamente desenvolvidas, iniciando no nó unifoliolado
Vn	Enésimo nó	"n" nós no caule principal com folhas completamente desenvolvidas, iniciando no nó unifoliolado.