



MANUAL DE FISIOLOGIA VEGETAL - FISIOLOGIA DA PRODUÇÃO DE CULTIVOS VOL. I

PAULO ROBERTO DE CAMARGO E CASTRO
COORDENADOR

LAVANDA
Lavandula angustifolia

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA “LUIZ DE QUEIROZ”

MANUAL DE FISILOGIA VEGETAL:
FISILOGIA DA PRODUÇÃO DE CULTIVOS

v. 1

DOI: 10.11606/9786587391755

PAULO ROBERTO DE CAMARGO E CASTRO

Engenheiro Agrônomo, M.S., Doutor em Agronomia, Professor Adjunto, Livre Docente e Professor Titular da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” da Universidade de São Paulo, Piracicaba, S.P.
(Coordenador)

RICARDO ALFREDO KLUGE

Engenheiro Agrônomo, M.S., Doutor em Agronomia, Livre Docente e Professor Associado da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz da Universidade de São Paulo, Piracicaba, S.P.

ARTUR BERNARDELI NICOLAI

Engenheiro Agrônomo, M.S., Doutorando em Fisiologia e Bioquímica de Plantas da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” da Universidade de São Paulo, Piracicaba, S.P.
(Colaboradores)

2025

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Reitor - Prof. Dr. Carlos Gilberto Carlotti Junior

Vice-reitora - Prof^a. Dr^a. Maria Arminda do Nascimento Arruda**ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA “LUIZ DE QUEIROZ”**Diretora - Prof^a. Dr^a. Thais Maria Ferreira de Souza Vieira

Vice-diretor - Prof. Dr. Marcos Milan

**Catálogo na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA - DIBD/ESALQ/USP**

Manual de fisiologia vegetal: fisiologia da produção de cultivos [recurso eletrônico]. - -
coordenador Paulo Roberto de Camargo e Castro; colaboradores Ricardo Alfredo Kluge e
Artur Bernardeli Nicolai. - - Piracicaba : ESALQ-USP, 2025.
v.1. : il.

ISBN: 978-65-87391-75-5
DOI: 10.11606/9786587391755

1. Fisiologia vegetal 2. Plantas cultivadas 3. Biologia vegetal 4. Ecologia vegetal I. Castro, P. R. de C
e., coord. II. Kluge, R. A., colab. III. Nicolai, A. B., colab. IV. Título

CDD 581.1

Elaborada por Maria Angela de Toledo Leme - CRB-8/3359

Esta obra é de acesso aberto. É permitida a reprodução parcial ou total desta obra, desde que citada a fonte e a autoria e respeitando a Licença Creative Common



Presença de Deus

Religião e ciências da natureza envolvem, em seu exercício, a afirmação de Deus. Na religião Deus está no começo e para as ciências da vida está no termo do raciocínio.

Max Planck

PREFÁCIO

Este livro é destinado principalmente às disciplinas das áreas de Fitotecnia e de Horticultura nos níveis de graduação e de pós-graduação das faculdades de Agronomia. O texto poderá ser utilizado também por professores e estudantes das áreas de Biologia e Ecologia Vegetal, Agricultura e Pastagens, além de outras disciplinas afins, pois propicia a base necessária para a abordagem científica destas disciplinas. Esta obra abrange conhecimentos ecofisiológicos de 25 plantas cultivadas.

Para a solução de problemas com essas culturas em condições de campo e maximizar a produção econômica, a obra torna-se indispensável aos agrônomos, consultores e produtores que vivem o dia-a-dia nos sistemas de produção agrícola.

Atenção especial foi dada à extensão e aos temas tratados em cada cultivo de forma a apresentar os fundamentos mais relevantes. A bibliografia citada encontra-se no final do texto referente a cada cultivo.

Todos os autores de cada texto realizaram o trabalho durante o curso de Pós-Graduação da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, disciplina de Fisiologia da Produção de Cultivos.

O Brasil desponta como um dos maiores e mais eficientes países produtores agrícolas do mundo, devido ao conhecimento desenvolvido pelos pesquisadores e das novas tecnologias incorporadas aos diferentes manejos de cada cultivo. A nova fronteira da ciência agrônoma oferece oportunidade para uma transformação dos sistemas agroalimentares, que possibilita produzir em novos ambientes inóspitos. Faz-se necessário dar solidez à essa agenda através da biofortificação, nutrição mineral, disponibilidade hídrica e agricultura digital, rumo à uma maior eficiência e sustentabilidade das plantas cultivadas.

P.R.C.C.

R.A.K.

A.B.N.

**DISCENTES COLABORADORES DO CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO DA
ESALQ-USP**

Ailton da Silva Estrela Júnior	Isabella Theresa de Almeida Martins
Aline Araújo Politano	Jéssika Angelotti Mendonça
Artur Deperon Gallucci	Jonathas P. Graças
Carlos Dornelles F. Soares	Julia Carvalho Gomes
Cesar Augusto Santana	Lais Martins Rossetto
Cleverson Henrique de Freitas	Larissa Fernanda Muniz
Danilo Caçador Nunes	Leonardo Lombardi Perez
Danilo de Brito Garcia	Lucas Baiocchi Riboldi
Diego Sevastian Reartes	Lucas Wadt
Edvaldo Fukuchi	Marcelo Almeida de Oliveira Junior
Ellen Rayssa Oliveira	Márcia Gonçalves Dias
Fernando Manuel Matias Hurtado	Marina Viana Queiroz
Gabriel Asa Corrêa Gruberger	Rachel Tonhati
Gabriela de Sousa Carvalho	Renan Fernandes Alves
Gabriel Ferreira Barcelos	Ricardo Bordignon Medina
Gabriela Possati Fargoni	Thaís Akemi Sillmann
Guilherme Felisberto	Thays da Silva Mandu
	Wilson Pereira Neto

CONTEÚDO

AVEIA	7
CENTEIO.....	29
CEVADA.....	41
ALFARROBA	73
CAMOMILA	89
BABAÇU	111
CANOLA	125
CASTANHA-DO-BRASIL	145
CROTALÁRIA.....	157
JACARANDÁ-DA-BAHIA	191
LAVANDA.....	215
AMOREIRA PRETA.....	233
FIGUEIRA	257
FRAMBOESA	267
JABUTICABEIRA	281
ABOBOREIRA.....	301
ALCACHOFRA.....	317
ALCAPARRA	337
ALFACE	361
BERINJELA	387
BETERRABA.....	401
AZEVÉM.....	425
AZALEIA	439
BEGÔNIAS	453
BROMÉLIAS.....	465

AVEIA



AVEIA (*Avena sp.*)

Danilo de Brito Garcia

Leonardo Lombardi Perez

1. Origem e distribuição geográfica

A aveia (*Avena sp.*), conforme a origem latina do seu nome, foi primeiramente usada como pastagem ou cultura forrageira no sul da Europa, muito antes de ser cultivada para grãos (Coffman, 1977). O estudo morfológico da aveia não é novo. Segundo Coffman (1977), a primeira pessoa a descrever aveias foi Tournefort que, em 1700, estabeleceu o gênero *Avena*. De acordo com o Coffman (1977), Linnaeus em 1753, descreveu quatro espécies de aveia: *Avena sterilis*, *A. fatua*, *A. sativa* e *A. nuda*, classificando-as como silvestres ou cultivadas e, entre as cultivadas, ele diferenciou somente as com e sem cobertura.

A palavra *sterilis* provavelmente foi usada porque a semente dessa espécie geralmente cai durante o amadurecimento. O aparente significado da palavra *fatua* é “falso, sem significado ou sem valor”, o significado da palavra *sativa* remete a “semeado” e “cultivado” e

a palavra *nuda* significa “sem cobertura”, então Coffman (1977) sugere que, claramente, Linnaeus incluiu todo o grupo polimórfico de aveias com cobertura em um único grupo “sativa”, sem mais distinções.

Segundo Zhou et al. (1999), a aveia hexaploide (*Avena sativa* L. e *Avena byzantina* C. Koch) é considerada uma cultura secundária, isso é, derivada de plantas invasoras das primeiras plantações de cereais da Ásia Ocidental. A *Avena sterilis*, a aveia hexaploide mais antiga, é o suposto progenitor de todas as outras espécies de aveia cultivadas ou silvestres. Os mesmos autores, de acordo com resultados de pesquisas sobre a origem das aveias hexaploides, sugerem que elas são derivadas de germoplasma progenitor do sudoeste da Ásia, hoje Irã, Iraque e Turquia e que pelo menos dois caminhos de domesticação ocorreram: um a partir de *A. sterilis* com translocação cromossômica para *A. sativa* e outro a partir de *A. sterilis* sem translocação cromossômica para *A. byzantina*.

2. Classificação botânica, morfologia e anatomia

A classificação botânica da aveia está apresentada na Tabela 1.

Tabela 1. Classificação botânica da aveia proposta por Engler e Cronquist.

	Engler	Cronquist
Divisão	Angiospermae	Magnoliophyta
Classe	Monocotyledoneae	Liliopsida
Subclasse	---	Commelinidae
Ordem	Graminales	Cyperales
Família	Gramineae	Poaceae
Gênero	<i>Avena</i>	<i>Avena</i>

Da família Poaceae, as aveias pertencem ao gênero *Avena*. Nesse gênero, a adição de genomas foi de grande importância na especiação. Nas aveias, as espécies têm $n = 7$, $n = 14$ ou $n = 21$ cromossomos. As espécies de aveia de maior interesse econômico têm $n = 21$ cromossomos ou possuem 3 genomas de $n = 7$ cromossomos cada, sendo assim hexaploides. De forma prática, as espécies hexaploides são de interesse primário entre esses cereais como uma cultura global (Coffman, 1977). *Avena* é um gênero com cerca de 10 a 15 espécies do Velho Mundo, algumas delas cultivadas na América do Sul para grãos e forragem, podendo

ser encontradas como sub-espontâneas, especialmente *A. sativa* L. e *A. strigosa* Schreb (Longhi-Wagner, 2001).

As principais espécies cultivadas são: aveia branca (*Avena sativa* L.), aveia preta (*Avena strigosa* Schreb) e aveia amarela (*Avena byzantina* Koch) (Primavesi et al., 2000). Em geral, *Avena sativa* é a aveia cultivada em maior escala no mundo (White, 1995; Coffman, 1977). As variedades dessa espécie diferem grandemente, segundo Coffman (1977), mas geralmente são aquelas melhor adaptadas nas maiores áreas de produção de aveia no mundo. O sistema radicular é do tipo fasciculado, as hastes (colmos) são cilíndricas e eretas e os nós e entrenós se apresentam relativamente cheios durante o período vegetativo (Primavesi et al., 2000).

A aveia apresenta hábito cespitoso ereto. O seu crescimento é dependente do cultivar, da fertilidade dos solos e de outros fatores ambientais, podendo atingir alturas superiores a um metro (Primavesi et al., 2000). São plantas anuais, possuem lâminas foliares linear-lanceoladas, planas e lígula membranosa (Longhi-Wagner, 2001). As folhas são desprovidas de aurícula e apresentam lígula bem desenvolvida, o que distingue a aveia dos outros cereais, tendo as lâminas foliares de 14 a 40 cm de comprimento e de 5,5 a 22,0 mm de largura (Primavesi et al., 2000). O tipo da abscisão é um caráter importante na distinção das espécies de aveia (Brasil, 2009).

No florescimento, a haste (caule), que sustenta as folhas e a inflorescência, é ereta (White, 1995) (Figura 1). De acordo com Primavesi et al. (2000), a inflorescência da aveia é uma panícula piramidal, com grãos primários e secundários e raramente grãos terciários (Figura 2). As estruturas florais das gramíneas são consideradas altamente especializadas. As inflorescências são compostas, compreendendo uma série de ramos florais, as espiguetas. Segundo White (1995), na *Avena sativa*, em contraste com outros cereais temperados como trigo e cevada, a inflorescência, que fica no ápice do caule, ocorre na forma de uma panícula, onde ramos surgem da haste principal, a ráquis, com as espiguetas na ponta (Figura 1).



Figura 1. Estrutura da panícula e ramo superior (Adaptado de White, 1995).

Cada espiguetas tem de uma a várias flores individuais, os antécios (Figura 2). Os antécios compreendem a parte feminina – o ovário superior – e as partes masculinas – os estames – com o seu número sendo três ou múltiplos de três (White, 1995). Assim como no trigo, o número de grãos que se desenvolvem em cada espiguetas é menor do que o número de antécios (Brouwer; Flood, 1995). Segundo White (1995), usualmente, somente os dois antécios basais da espiguetas são férteis, produzindo cariopses.

Cariopse é o fruto típico das *Poaceae* e é genericamente denominado de grão (Brasil, 2009). O grão de aveia (Figura 3) é uma cariopse semicilíndrica e aguda nas extremidades (Floss, 2005), oblonga e pilosa (Longhi-Wagner, 2001). O termo cariopse designa grãos pequenos, secos, indeiscentes, com semente única por fruto, com uma fina camada de pericarpo, originado pelo desenvolvimento do óvulo superior encoberto pela lema e pálea, as duas glumas florais (Floss, 2005), sendo essas glumas maiores que os antécios, segundo Longhi-Wagner, 2001 (Figura 3).

Seguindo a fertilização, o único ovário se desenvolve em uma cariopse, compreendendo um embrião e um endosperma, que armazena energia principalmente em forma de amido para a germinação da plântula. O grande tamanho da cariopse nos cereais levou ao seu cultivo e dominância na agricultura mundial como culturas para alimentação humana e animal (White, 1995).

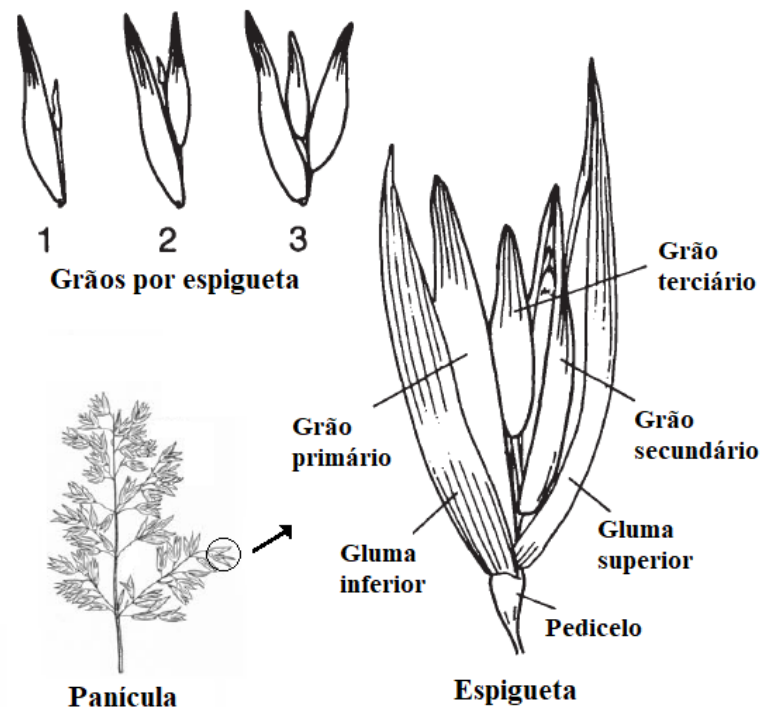


Figura 2. Panícula e estrutura detalhada da espigeta (Adaptado de White, 1995).

Na maturidade, a lema e a palea ficam usualmente presas firmemente à cariopse na sua base, de modo que juntas elas compreendem o grão colhido. No entanto, elas não se aderem totalmente à superfície da cariopse e são prontamente removidas durante o beneficiamento (White, 1995). O peso de 1000 sementes varia conforme a espécie, de 15 a 18 g nas aveias pretas e de 30 a 40 g nas aveias brancas. O ciclo da cultura é muito variável, de 120 a mais de 200 dias, dependendo da espécie cultivada e da época de semeadura (Primavesi et al., 2000).

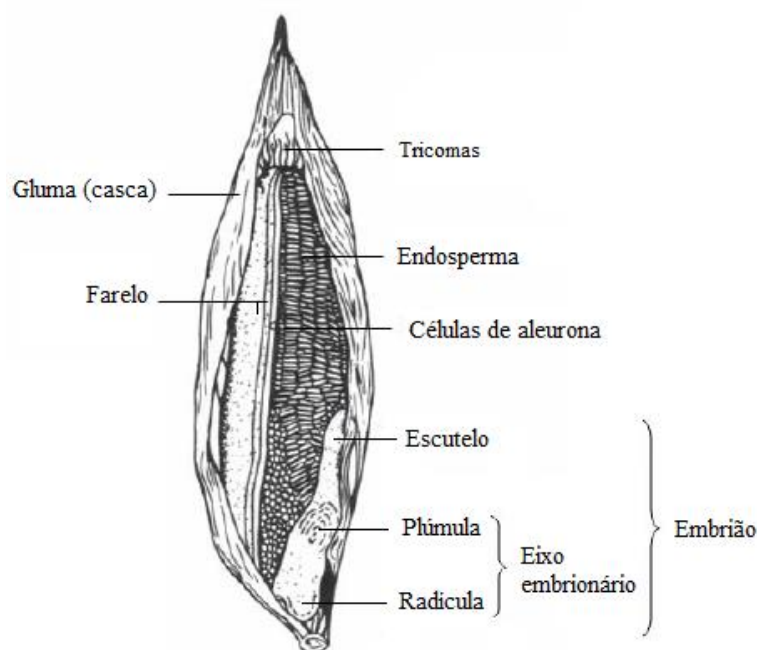


Figura 3. Estrutura do grão de aveia. Tricomas (pilosidade) facilitam a retenção de umidade; Gluma (casca) – brácteas estéreis que se situam na base da espiguetas; Endosperma – tecido nutritivo (triploide) resultante da dupla fecundação que ocorre nas Angiospermas; Farelo – composto pelo pericarpo (parede que envolve o fruto, proveniente da parede do ovário maduro) e pela camada de aleurona; Células de aleurona – Aleurona – camada vital mais externa do endosperma de certas cariopses, tecido vivo, rico em proteínas e compostos fenólicos; Escutelo – estrutura em forma de escudo e que constitui o único cotilédone (modificado) das cariopses de *Poaceae* através do qual os nutrientes são transferidos do endosperma para o embrião; Plúmula – folha pouco perceptível ou diferenciada, que dará origem à parte aérea da planta; Radícula – raiz rudimentar do embrião, que após emergir do tegumento dará origem à raiz primária; Eixo embrionário – Estrutura central de um embrião; Embrião - planta rudimentar existente no interior da semente e que dará origem à futura plântula. (Adaptado de Floss, 2005; McMullen, 2000; Brasil, 2009).

A semente de aveia é organizada de forma similar às outras *Poaceae*, entretanto, aveias têm muitas características químicas e estruturais que as diferenciam, como altos níveis de fibras dietéticas solúveis (beta-glucano), que é o componente primário das paredes celulares, e altos níveis de proteína de boa qualidade (Webster, 1996). Beta-glucano é considerado um ingrediente alimentício funcional e bioativo que pode reduzir o risco de várias doenças crônicas com o aumento do seu consumo diário (Zielke et al., 2017). Além disso, a aveia é uma potencial e economicamente viável fonte de lipase, uma enzima que ocorre na superfície das cariopses das aveias, usada nas indústrias alimentícia, química e farmacêutica (Hoi et al., 1999).

Dois fatores tendem a distinguir a região do endosperma das aveias de outros cereais. O primeiro é a alta concentração de beta-glucano nas paredes celulares do endosperma e o segundo fato é o conteúdo de lipídios relativamente alto. Devido à alta concentração de lipídios e à textura macia da semente, as aveias tipicamente não se separam em frações limpas

durante o beneficiamento. Por exemplo, o farelo de aveia tipicamente tem quantidades significantes de endosperma amiláceo aderido (Webster, 1996).

A aveia, assim como outros cereais, é reconhecida como um importante componente da dieta. Além de fornecer calorias para as nossas necessidades diárias, a aveia é reconhecida por ter o maior teor de proteína e a proteína de melhor qualidade de todos os cereais de grão. Elas são uma excelente fonte de fibras solúveis, uma boa fonte de proteína e contêm poderosos complexos antioxidantes (Webster, 1996). Segundo Floss (2005), o destino mais nobre ao grão de aveia, considerando as suas qualidades nutritivas, é o preparo de alimento para o consumo humano. Com essa finalidade, a indústria exige que a aveia não tenha mistura de aveia preta, que tenha o peso do hectolitro superior a 48 e que tenha grãos sem manchas escuras determinadas por chuvas após a maturação.

Na indústria, a aveia sofre um tratamento térmico com elevação da temperatura para desenvolver o aroma característico de aveia torrada e para inativar seu complexo sistema de enzimas. Farinhas de aveia sem o tratamento térmico rapidamente desenvolvem sabores de sabão e amargos pela ação da lipase, lipoxigenase e peroxidase (Webster, 1996). Esse tratamento também tem significativo impacto sobre potenciais funcionalidades dos produtos de aveia, por exemplo, a solubilidade da proteína é drasticamente reduzida como resultado desse tratamento (Webster, 1996).

Muitos produtos comerciais de aveia recebem um tratamento com calor suficiente para estabilizar os produtos contra o desenvolvimento de rancidez hidrolítica. Aveias com elevado nível de ácidos graxos livres não deveriam ser usadas para fabricação de produtos para o consumo humano. As especificações da produção de aveia tipicamente exigem que os materiais sejam negativos à tirosinase ou peroxidase. A tirosinase é mais estável ao calor do que a lipase e é muito mais fácil de se determinar, logo, ela tem sido usada como um indicador confiável da atividade residual da lipase. A peroxidase é a enzima mais estável ao calor dentre as enzimas oxidativas e ela pode ser monitorada diretamente para se determinar o grau de inativação (Webster, 1996).

O atual interesse em antioxidantes naturais pode aumentar o interesse na utilização de frações da aveia para estabilizar produtos sensíveis à oxidação. Adicionalmente, existe grande interesse dos benefícios de complexos antioxidantes para a saúde. Antioxidantes alegadamente têm efeitos positivos em problemas como o envelhecimento, colesterol e incidência de câncer. Como os resultados de pesquisa com antioxidantes e saúde têm se tornado mais definitivos, o interesse no consumo de alimentos que são ricos em complexos antioxidantes naturais pode aumentar (Webster, 1996).

3. Germinação e propagação

A semente de aveia é fotoblástica negativa. A germinação da aveia é hipógea, ou seja, o hipocótilo, que é a porção compreendida entre o cotilédone e a primeira folha, é suprimido e a semente permanece abaixo da superfície do solo em consequência disto. O epicótilo perfura a casca da semente, cresce para cima e desenvolve um colmo com folhas uma vez que alcança a superfície do solo. O cotilédone permanece no pericarpo, servindo de reserva. Esgotadas as substâncias de reserva, decompõe-se, junto com o restante da semente, sem deixar vestígios (Floss, 1982).

As sementes de aveia germinam facilmente em profundidades de 2 a 4 cm. Em profundidades maiores existem riscos de sementes de baixo vigor e com poucas reservas não emergirem, também é maior o tempo para a completa emergência das plântulas e consequente redução do índice de perfilhamento (Comissão Brasileira de Pesquisa de Aveia - CBPA, 2006).

Embora a aveia seja plantada tipicamente em profundidades de 2 a 4 cm, elas são menos sensíveis à profundidade de plantio do que o trigo, a cevada ou o centeio e isso tem uma base botânica. Durante a emergência da plântula de aveia, ambos o coleóptilo e o entrenó abaixo (mesocótilo) alongam-se empurrando o meristema apical à superfície do solo. Em contraste, a emergência das plântulas de trigo, cevada e centeio depende somente do alongamento do coleóptilo porque o mesocótilo não se alonga. Assim, a aveia pode ser plantada com menor revolvimento do solo do que as outras culturas porque a aveia tem melhor emergência em ambientes com maior variação na profundidade da sementeira (Forsberg; Reeves, 1995).

O embrião, que se encontra no lado dorsal da cariopse de modo que fica coberto pelo lema, contém os dois a três primórdios foliares da plúmula e as duas a três raízes primárias da radícula. Na germinação, quando o grão é embebido em água, essas estruturas crescem e se desenvolvem nas primeiras folhas e raízes da plântula emergente. Segundo White (1995), entre o embrião e o endosperma está o escutelo, que segrega enzimas durante a germinação e está envolvido na transferência de nutrientes do endosperma ao embrião em crescimento (Figura 3).

A germinação da aveia pode ocorrer com temperaturas de 3 a 5°C, uma indicação de que elas podem tolerar estresse por baixas temperaturas em plantios adiantados quando efetuados em climas temperados. Danos por baixas temperaturas na sementeira raramente justificam um atraso no plantio. Aveias plantadas com atraso, geralmente têm menor peso hectolítrico comparadas àquelas de plantio adiantado. Doenças e altas temperaturas, que

geralmente reduzem a produtividade de plantios atrasados, têm usualmente o mesmo efeito no peso do hectolitro. Aveias de inverno devem ser semeadas previamente no outono para estarem bem estabelecidas antes que ocorram baixas temperaturas que podem causar danos. Culturas bem estabelecidas toleram melhor menores temperaturas e providenciam melhor cobertura de solo ajudando a reduzir a erosão (Forsberg; Reeves, 1995).

No Brasil o plantio de aveia é realizado predominantemente na região sul, iniciando o plantio de abril a junho. Deve-se priorizar a semeadura o quanto antes, pois assim serão aproveitadas as últimas chuvas do outono, diminuindo a necessidade de irrigação. Quando a semeadura é muito tardia, pode haver riscos na produção de grãos, pelo fato do fotoperíodo induzir o florescimento antes que o desenvolvimento vegetativo das plantas tenha se realizado por completo (Godoy et al., 2007).

4. Desenvolvimento de raízes

Quando as sementes de aveia germinam, a radícula penetra a coleorriza (bainha membranácea fechada, altamente especializada, presente nos embriões das *Poaceae* e que envolve a base da radícula) e emerge como a raiz primária. Essa raiz e outras que podem emergir são chamadas de raízes seminais, enquanto que as raízes adventícias se originam do tecido do entrenó. Na aveia, de uma a três raízes adventícias se originam no entrenó do caule. Perfilhos também desenvolvem raízes adventícias dos entrenós basais e uma ou mais raízes a partir de entrenós localizados mais acima no caule. As raízes adventícias formadas a partir da haste principal e dos perfilhos geram o sistema radicular permanente. A longevidade das raízes seminais pode variar com a espécie, mas a sua importância não pode ser subestimada já que essas raízes são críticas para a absorção de água e sais minerais no início do ciclo de vida das plantas (Brouwer; Flood, 1995).

O sistema radicular na aveia compreende as raízes seminais e adventícias (também conhecidas como raízes nodais ou da coroa). As três ou quatro raízes seminais desenvolvem-se da raiz primordial presente no embrião da semente plantada (radícula). Raízes adventícias surgem nos nós basais do caule principal e dos perfilhos, formando a coroa. A posição da coroa é determinada pelo alongamento do primeiro entrenó da haste abaixo do coleóptilo, o mesocótilo, elevando o meristema apical da profundidade onde a semente foi plantada até logo abaixo da superfície do solo. O meristema apical permanece nessa posição enquanto os primórdios da folha e da espiguetta estão sendo iniciados até que o alongamento dos entrenós comece. Dois a três dos entrenós basais não se alongam, logo as folhas mais velhas associadas a esses nós permanecem na base do caule durante todo o ciclo da cultura. Raízes adventícias

constituem a maior parte do sistema radicular e são produzidas continuamente durante a fase inicial do ciclo de vida até a antese (White, 1995). Antese é definida como o início do florescimento e é caracterizada pela deiscência (abertura natural) das anteras (Brouwer; Flood, 1995). Já o número de raízes seminais produzidas é pequeno e embora estejam presentes desde a germinação, continuam a funcionar durante a maior parte do ciclo da cultura (White, 1995).

5. Desenvolvimento do caule

A haste (caule) consiste em uma série de tubos cilíndricos ocos, os entrenós, os quais são usualmente entre quatro e sete, que se juntam nos nós onde a haste é sólida. Os entrenós aumentam de comprimento da base do caule até o pedúnculo abaixo da inflorescência. A posição dos nós é marcada externamente por uma zona de coloração escura circundando o caule imediatamente acima dele (White, 1995).

Cada planta vai produzir alguns caules dependendo das condições de crescimento. O primeiro caule, o caule principal, irá produzir alguns perfilhos. Os perfilhos primários surgem nas axilas das folhas mais velhas da parte de baixo no caule principal, na sua base. Os perfilhos secundários surgem nas axilas dos perfilhos primários. Os perfilhos surgem na fase inicial do ciclo de vida da aveia, entre a emergência da terceira folha e o aumento do caule. Eles variam em idade e conseqüentemente é estabelecida uma hierarquia em tamanho, número de folhas e outros órgãos. Nem todos os perfilhos produzidos irão sobreviver e no geral, perfilhos mais velhos e maiores têm mais chances de sobreviver do que perfilhos mais novos e menores. Durante o florescimento, a maioria senão todos os perfilhos que sobreviveram até esse estágio terão uma inflorescência (White, 1995).

A altura da planta como um componente da biomassa está relacionada à produtividade de grãos. À medida dos aumentos no tamanho das plantas que podem ser utilizados para se obter ganhos em biomassa é limitada, pois aumentos na altura das plantas aumentam a susceptibilidade ao acamamento e isso pode levar a perdas significativas de produção (Brouwer; Flood, 1995; Rajala, 2004).

Uma característica de muitos programas de melhoramento com aveia visando ao aumento de produtividade foi a utilização de genes para estatura média, resultando em redução da altura de cultivares desenvolvidos por esta abordagem. Outro fator que vale a pena ser considerado é o índice de colheita (IC, do inglês HI – Harvest Index), que é definido como a razão entre o peso dos grãos e o peso seco total da parte aérea (Brouwer; Flood, 1995).

Uma redução moderada no número de sementes por hectare no plantio geralmente não resulta em perda de produtividade, pois a aveia se ajustará a mais espaço, crescendo e produzindo mais perfilhos enquanto um grande adensamento provoca acamamento (Forsberg; Reeves, 1995).

6. Desenvolvimento das folhas

Como ocorre com outros cereais, a duração do surgimento de novas folhas na aveia será influenciada pela taxa de semeadura e ambiente de crescimento e também pelos requisitos de fotoperíodo e de vernalização da variedade. Vernalização é a indução do florescimento causada pela exposição a baixas temperaturas (Nava et al., 2012). Mais estudos sobre a produção de folhas faltam para a aveia, como a taxa de formação e características das folhas e como isso é influenciado pela temperatura e comprimento do dia. Essas informações são importantes para determinar a taxa de desenvolvimento da capacidade fotossintética da aveia (Brouwer; Flood, 1995).

As folhas são arranjadas em duas linhas, alternando em lados opostos do caule. A parte superior achatada da folha (lâmina) é unida à parte basal (bainha), onde elas se encontram no caule. Nessa junção, onde a lâmina diverge do caule, há um fino e delicado crescimento membranoso, a lígula, que se estende para cima, no caule (White, 1995).

A lâmina foliar totalmente emergida é longa e estreita, afunilando até um ponto e plana como uma pequena quilha. A bainha é cilíndrica como os entrenós e envolve bem o caule. Na aveia, a bainha tem margens livres com uma margem sobrepondo a outra, sendo que a margem sobreposta se alterna de folha em folha, caule acima. As bainhas das folhas do baixeiro no caule sobrepõem às bainhas acima porque elas são mais longas que os entrenós entre os nós dos quais elas surgem. No início do desenvolvimento as bainhas protegem o meristema, o ponto de crescimento onde as folhas e a inflorescência são geradas, e as folhas mais novas, cujas lâminas estão enroladas em torno de uma margem (White, 1995).

O índice de área foliar (IAF, do inglês LAI – Leaf Area Index) é a razão entre a área das folhas e a área do solo sob a cultura. Em aveia e em outros cereais o IAF é caracterizado por um pico entre períodos de rápido aumento e rápido declínio. O potencial número e tamanho dos drenos, isto é, grãos em desenvolvimento, podem ser aumentados pelo desenvolvimento de uma lâmina foliar maior antes da antese. Para que esses drenos adicionais contribuam para aumentos de produção, a área foliar precisa continuar a crescer após a antese para suprir assimilados adicionais (Brouwer; Flood, 1995).

7. Efeitos de fatores ecológicos

7.1. Temperatura, umidade e geadas

Condições não ideais de crescimento geralmente impedem que cultivares altamente produtivos desempenhem seu potencial genético. Essas condições incluem extremos de temperatura e de suprimento de água, excesso ou deficiência de nutrientes e danos à cultura devido ao uso de defensivos, principalmente herbicidas (Brouwer; Flood, 1995). A aveia é adaptada a uma grande amplitude de ambientes e é cultivada predominantemente em regiões temperadas ou como cultura de inverno (Nava et al., 2012).

Entre os fatores climáticos, temperatura e umidade são os mais importantes na determinação do plantio de aveia (Forsberg; Reeves, 1995). A temperatura tem influência no florescimento da aveia através de processo chamado vernalização e as variedades diferem nos padrões de crescimento e desenvolvimento, em resposta à vernalização, característica também encontrada em trigo e outros cereais de clima temperado, sendo essa dependência não obrigatória. O período de florescimento em cereais geralmente é estimado, por exemplo, com base em observações sobre a emissão da espiga no trigo ou da panícula na aveia, porque a iniciação floral (antese) acontece com essas estruturas ainda circundadas pela folha bandeira, onde é difícil de ser observada (Nava et al., 2012).

A intensidade de baixas temperaturas, o tempo de duração das temperaturas desfavoráveis e o período do ciclo da cultura afetado, são relevantes, sendo a emergência da plântula e a polinização as fases mais sensíveis, além do tecido vegetal afetado, são todos fatores importantes na determinação da quantidade de dano sofrido pela cultura e da perda de produção (Brouwer; Flood, 1995).

No sul do país, as temperaturas que ocorrem durante o período em que os cereais se desenvolvem não oferecem grande limitação à cultura. Eventualmente há alguma restrição por efeitos de temperaturas muito elevadas. Tem sido considerado que, para os estados do sul, as temperaturas médias ideais nos meses de setembro, outubro e início de novembro (pouco antes da floração até a colheita) devem situar-se ao redor de 19 °C para que se atinjam boas produções de grãos. Como os valores mensais são muito variáveis de ano para ano, surgem alguns casos de prejuízos às culturas quando temperaturas muito baixas (geadas) coincidem com a floração e início da formação dos grãos. No outro extremo, em alguns anos ocorrem temperaturas muito elevadas que aceleram o ciclo e causam redução na produção (Mundstock, 1983).

Robertson et al. (2013), em experimento envolvendo modelagem, identificaram a aveia como pouco tolerante ao calor, com decréscimos de produtividade ocorrendo para cada

hora de exposição a temperaturas acima de 28°C. Ao contrário de arroz e milho que tem origem tropical, a aveia, o trigo e a cevada são menos propensas a sofrer danos pela exposição a baixas temperaturas, mas esse é um fator que deve ser considerado (Brouwer; Flood, 1995).

Adkins et al. (1987), reportaram que a duração da dormência aumentou em linhagens de plantas de *Avena fatua* dormentes e não dormentes quando em ambiente de crescimento de 15°C, e diminuiu quando em 25°C. Além disso, a temperatura de 25°C durante o desenvolvimento resultou em menor altura da planta, tempo de desenvolvimento vegetativo e da semente, número de sementes por planta, massa seca e conteúdo de água da semente.

Em climas temperados de países do hemisfério norte, o adiantamento do plantio pode resultar em aumento de produção, já que em altas altitudes ou latitudes, a aveia sofre mais danos por temperaturas baixas no outono quando estão em estágio anterior à maturidade fisiológica do que por possíveis congelamentos em estágios iniciais de crescimento (Forsberg; Reeves, 1995).

Já em condições de clima tropical como no estado de São Paulo, para a produção de grãos, a aveia pode ser semeada a partir de meados de março, até junho, sendo evidentemente recomendável que a semeadura seja feita o quanto antes, pois assim serão aproveitadas as últimas chuvas, diminuindo a necessidade de irrigação, se for o caso. Quando a semeadura é muito tardia, corre-se o risco de redução na produção de grãos, pelo fato de o fotoperíodo induzir o florescimento antes que o desenvolvimento vegetativo das plantas tenha se completado (Primavesi et al., 2000).

7.2 Radiação

A aveia é considerada uma planta de dia longo, com o tempo da semeadura à emergência da panícula decrescendo progressivamente com o aumento do comprimento do dia (Brouwer; Flood, 1995).

8. Relações hídricas

Segundo Sandhu e Horton (1975), a aveia é mais sensível a deficiências hídricas que ocorrem durante a antese até o início da formação de grãos, do que quando se verificam durante a fase de inicialização (“boot”), fase posterior ao crescimento das hastes, quando a panícula ainda está dentro da bainha da folha bandeira. Portanto, práticas culturais e manejo de irrigação devem ser implementados de modo a evitar ao máximo estresse por falta de água da antese até o início da formação de grãos.

O efeito fitotóxico do alagamento (quando o perfil do solo na altura das raízes fica saturado) resulta primeiramente da exclusão de oxigênio do perfil alagado. A extensão do dano e a subsequente recuperação da planta dependem muito do estágio de desenvolvimento da planta durante o qual acontece o alagamento, mas o crescimento da planta pode ser suprimido em todos os estádios (Brouwer; Flood, 1995).

9. Solos, nutrição e micorrizas

A aveia é cultivada em muitos diferentes tipos de solo em todo o mundo (Forsberg; Reeves, 1995). Para o plantio de aveia, o preparo do solo pode ser o convencional e o plantio direto (Primavesi et al., 2000). Além de poder ser plantada através do plantio direto, a aveia é importante para o sistema de produção como um todo. Segundo a CBPA (2006), a aveia é uma das principais culturas utilizadas no sul do Brasil quando se visa à diversificação na exploração agrícola e sua área de cultivo vem crescendo continuamente devido à necessidade de alternativas para rotação de culturas.

O cultivo de aveia é realizado com a finalidade de produção de grãos, forragem verde, feno, silagem e cobertura verde/morta de solo no inverno, antecedendo a implantação de culturas de verão, especialmente pelo sistema de semeadura direta. Esse cereal desempenha um importante papel na sustentabilidade do sistema de semeadura direta, pois os atuais cultivares de aveia branca tem alta capacidade de produção de palha, com alta relação C/N e, portanto, menor velocidade de decomposição (CBPA, 2006).

O preparo convencional em geral consiste de uma aração seguida de uma ou duas gradagens, aplicando-se a metade da dose recomendada de calcário antes da aração e a outra metade, antes da gradagem. A correção da acidez do solo, quando necessária, é feita por meio de calagem. Recomenda-se aplicar calcário para atingir saturação por bases (V) de 70% para a aveia branca e de 50%, para a aveia preta, e teor de magnésio de no mínimo 5 mmol dm⁻³. É aconselhável realizar esta operação antes da cultura de verão, não sendo recomendável utilizar mais de 4 t ha⁻¹ ano⁻¹ de calcário (Primavesi et al., 2000).

Em experimento de 8 anos conduzido na região sul do Brasil, comparando sistemas de manejo de solo no rendimento de grãos de aveia branca (*Avena sativa* L.), os teores de matéria orgânica, P extraível e K trocável, na camada 0-5 cm, foram mais elevados nos sistemas conservacionistas (cultivo mínimo e plantio direto) em relação àqueles observados nos preparos convencionais do solo (arado de discos e de aivecas), de acordo com Santos e Lhamby (2001).

Todo o nitrogênio (N) absorvido do solo pelas raízes das plantas é na forma de nitrato e de amônio. Devido aos processos de nitrificação no solo, a maioria do N disponível para plantas não leguminosas está na forma de nitrato. Uma vez dentro das células da raiz, o nitrato e o amônio são convertidos em outros compostos ou carregados para o xilema e transportados para outras partes da planta na corrente transpiratória (Brouwer; Flood, 1995).

Pouco se sabe sobre a capacidade de absorção de nitrato pelas raízes da aveia, mas há indícios de que ela varia entre os cereais. A assimilação do nitrato requer que os íons de nitrato sejam reduzidos a íons de nitrito e então a íons de amônio, com as reações químicas sendo catalisadas pelas enzimas nitrato redutase e nitrito redutase, respectivamente (Brouwer; Flood, 1995).

Em experimento comparando o efeito da inoculação de fungos micorrízicos (solo contendo esporos e hifas de *Rhizophagus intraradices* = *Glomus intraradices* Schenck & Smith) em aveia cultivada (*Avena sativa* L.) e aveia selvagem (*Avena fatua* L.), Koide et al. (1988), concluíram que a inoculação aumentou o crescimento vegetativo de ambas espécies. Entretanto, a inoculação aumentou o ciclo da cultura, o número de panículas por planta, a concentração e conteúdo de fósforo (único nutriente avaliado, no caso) na haste, a duração do florescimento e a média de peso por semente na *A. sativa* L., enquanto que a *A. fatua* L. teve efeito menor, reduzido ou ausente nessas características. As menores respostas na variedade selvagem foram associadas a adaptações às deficiências de nitrogênio, como maior índice raiz/haste e baixa taxa de crescimento inerente.

10. Fotossíntese e translocação

Em plantas C3, como a aveia, a assimilação de CO₂ se dá através da carboxilação direta da ribulose-1,5-bifosfato (RuBP) mediada pela enzima rubisco. Ela também oxigena a RuBP, resultando na eventual perda de CO₂ fixado através do processo chamado de fotorrespiração (Kowles et al., 2008). Estresses que promovem o fechamento dos estômatos como seca ou altas temperaturas irão diminuir os níveis CO₂ nas folhas, restringindo a fotossíntese. Os carboidratos gerados na fotossíntese são translocados na forma de sacarose para os drenos mais eficientes.

11. Florescimento e frutificação

A aveia é uma planta autógama, ou seja, possui uma alta taxa natural de autofertilização. O florescimento é um fator decisivo à adaptação da aveia. Algumas variedades de aveia requerem baixas temperaturas para a iniciação floral, um processo

chamado de vernalização (Nava et al., 2012). Brouwer e Flood (1995), relatam divergências quanto à necessidade de vernalização para diferentes cultivares, mas atestam que a vernalização é suficiente para diminuir o desenvolvimento da aveia e atrasar a antese na maioria das condições de crescimento da cultura. Além disso, o controle genético da vernalização e de respostas ao fotoperíodo ainda podem ser melhor compreendidas (Brouwer; Flood, 1995; Nava et al., 2012).

O número de dias da semeadura ao florescimento e à colheita é um fator decisivo para o sucesso e o estabelecimento da aveia como espécie cultivada. A ocorrência do florescimento em um momento favorável dentro da estação de crescimento representa um dos principais fatores de adaptação de diferentes cultivares a diferentes ambientes de cultivo e, conseqüentemente, na determinação do potencial de rendimento dos grãos (Nava, 2008).

O florescimento em aveia é influenciado em grande parte pela interação entre efeitos de fotoperíodo, vernalização e soma térmica. O requerimento à vernalização é um processo evolutivo e tem a função de atrasar o desenvolvimento reprodutivo, até que o risco de dano por frio às inflorescências jovens tenha sido minimizado (Nava, 2008).

Existe interesse em se determinar se os genes da vernalização cessam a operação após a fase de transição na aveia. Em contraste ao trigo, onde linhas isogênicas carregam genes específicos e conhecidos que são usados para investigar esse processo, o conhecimento para o mecanismo genético da aveia está menos adiantado (Brouwer; Flood, 1995).

O número e tamanho das espiguetas e antécios são os maiores determinantes da produtividade de grãos e qualquer tentativa de aumentar a produtividade provavelmente irá envolver a manipulação e a taxa ou duração das várias fases de desenvolvimento da planta. Tentativas de aumentar a produtividade dessa forma precisam ser feitas sabendo-se que, na maioria das situações, modificar o comprimento do ciclo da cultura ou alterar a data da antese não são opções viáveis (Brouwer; Flood, 1995).

Os assimilados para o enchimento de grãos podem ser derivados da fotossíntese em andamento na planta ou podem ser remobilizados de carboidratos armazenados antes da antese e para isso são transportados pelo sistema vascular da planta. A translocação de carboidratos e compostos nitrogenados de tecidos vegetativos é importante na determinação da proteína do grão. A maioria dos assimilados usados na granação vem da fotossíntese atual, com grande importância da folha bandeira, porém agora está bem estabelecido que os assimilados armazenados em outros locais na fase pré-antese e mobilizados durante o enchimento de grãos contribuem significativamente para a produtividade de grãos em cereais (Brouwer; Flood, 1995).

O desenvolvimento do grão necessita da síntese de amido, proteínas, lipídios, celulose e outros compostos do endosperma para o embrião. Os assimilados necessários a essa síntese são transportados principalmente pelo floema na forma de sacarose como fonte de carboidrato e com aminas e aminoácidos como fonte de nitrogênio para as proteínas. A sacarose é liberada das células do mesófilo no espaço livre adjacente ao parênquima foliar e então é carregada nos elementos de tubo crivado (células do floema). Esse é um processo dependente de energia, envolvendo uma ATPase da membrana plasmática, e a sacarose é carregada nos elementos crivados contra o gradiente de concentração. Já o tecido do xilema é a rota principal de transporte de minerais que são absorvidos pela raiz e carregados pela corrente transpiratória (Brouwer; Flood, 1995).

12. Zoneamento agroclimático e adaptações ao meio ambiente

A aveia, embora seja uma planta de clima temperado, pode ser cultivada em regiões de clima subtropical ou mesmo tropical. Entretanto, temperaturas acima de 32°C no florescimento podem provocar esterilidade e acelerar a maturação dos grãos. Também pode ser cultivada desde o nível do mar até 1000 metros de altitude. A aveia se adapta melhor a solos bem drenados, férteis, com teores altos de matéria orgânica e com pH entre 5,5 e 6,0. Não tolera solos encharcados e com altos teores de alumínio (Primavesi et al., 2000).

13. Estratégias para altas produções

Considerando altos rendimentos agrícolas, a aveia não é diferente das outras culturas para alcançar alta produtividade de grãos, pois isso envolve diversas interações entre numerosos fatores biológicos, estratégias de manejo e condições climáticas (Forsberg; Reeves, 1995). Porém, a aveia tem sido plantada de forma menos intensiva, em campos considerados menos adequados para o plantio de trigo e cevada (Rajala, 2004).

Na região sul do Brasil, culturas de verão como soja e milho assumem um papel principal na cadeia produtiva. No entanto, o cultivo de inverno não deve ser considerado menos importante, uma vez que este integra o sistema de rotação e sucessão de culturas, gera renda ao produtor e permite o estabelecimento e manutenção do sistema de plantio direto (Nava, 2008).

Boas práticas de manejo incluem o uso de sementes de alta qualidade semeadas nas corretas taxas de semeadura, uso adequado de fertilizantes e controle de pragas e de plantas invasoras, quando necessário. Rapidamente se torna aparente que melhorar a produção de aveia é uma tarefa complicada envolvendo fatores que o produtor pode controlar como a

escolha de cultivares e práticas de manejo e fatores dos quais se tem controle limitado, como o tipo de solo e clima (Forsberg; Reeves, 1995).

A aveia é tipicamente comprada a granel como uma commodity (sendo uma mistura de variedades) ao invés de separadamente por variedades identificadas. Seu uso primário é como grão inteiro, farinha ou em flocos (Webster, 1996). Em relação à qualidade industrial dos grãos, o principal problema da aveia brasileira é a impureza genética (mistura com aveia-preta cultivada como forrageira ou cobertura verde/morta do solo), o baixo peso do hectolitro (PH) de grãos, dependendo do cultivar escolhido, região e ano de cultivo, a coloração escura, devido à maturação em condições climáticas desfavoráveis (excesso de chuva no estágio de maturação) e ao não controle dos fungos causadores das manchas foliares a partir da floração (Floss, 2005).

Do ponto de vista físico, os grãos de aveia destinados às indústrias de alimentação humana devem apresentar algumas características qualitativas específicas, como ser branca, tanto as glumas quanto, especialmente, as cariopses. Essas características qualitativas dependem do genótipo, das condições ambientais de cultivo, como solo, disponibilidade de nutrientes, tratos culturais e clima (Floss, 2005).

O peso do hectolitro (PH) representa o peso de um hectolitro (100 Litros) de grãos e é um parâmetro muito utilizado na avaliação da qualidade física de grãos de aveia destinados ao uso na industrialização e até como padrão de qualidade para alimentação animal, pois tem uma relação direta com o conteúdo de reservas armazenadas. Com o desenvolvimento, nos últimos anos, de novos cultivares, houve um aumento significativo do peso do hectolitro (Floss, 2005).

Apesar de o pH não ser um parâmetro adequado para estimar o rendimento industrial da aveia, ele continua sendo utilizado como um método simples para a determinação da qualidade. O processamento basicamente é realizado com a manutenção do grão integral, cortado ou não, na fabricação de flocos, farinha integral ou farelo, razão pela qual o rendimento industrial não se correlaciona adequadamente com o pH (Floss, 2005).

Em culturas como trigo, cevada e aveia, a data de semeadura é o fator que mais influencia a taxa de desenvolvimento ou o progresso até os diferentes estádios de crescimento e conseqüentemente tem influência no cronograma e planejamento das operações de manejo. O cultivar e o clima também influenciam a taxa de desenvolvimento. Operações como as aplicações de herbicidas e de reguladores vegetais têm as janelas de aplicação variando com o produto químico para que a aplicação seja efetiva e não cause danos à cultura. A familiaridade com os estádios de crescimento pelos quais a cultura progride e as principais diferenças entre

as culturas, particularmente durante a fase inicial do ciclo, quando as diferenças são maiores e quando a maioria dos agroquímicos é aplicada, é de grande importância aos produtores (White, 1995).

Embora as fases iniciais de desenvolvimento até o alongamento do caule (incluindo-o) sejam fortemente influenciadas pela data de semeadura e pelo cultivar, os estádios posteriores se tornam mais sincronizados e ocorrem dentro de uma faixa mais estreita de datas. Assim, se uma combinação de culturas está sendo cultivadas, as datas de semeadura podem ser organizadas a fim de que se evite a colheita tardia de culturas com maturação tardia como é o caso da aveia (White, 1995).

Assim como todos os sistemas biológicos, as características da planta de aveia estão sob controle genético e os melhoristas podem selecionar maiores ou menores níveis de qualquer característica. Devido a recursos limitados, o maior foco dos melhoristas de aveia tem sido em características agronômicas ou de produtividade (Webster, 1996).

Variações anuais nas condições ambientais podem ter grandes efeitos sobre a qualidade dos grãos. Desse modo, é extremamente importante estar ciente das condições climáticas em áreas de produção chave. Em um ambiente de produção normal, variedades adaptadas para grãos podem usualmente atingir seu potencial genético, entretanto, se os grãos forem submetidos a estresses de temperatura, umidade ou doenças, especialmente durante a fase de enchimento de grãos, sua qualidade irá decair rapidamente. Por exemplo, o peso do hectolitro irá diminuir enquanto o conteúdo de casca irá aumentar, resultando em qualidade de beneficiamento de grãos inferior. Esses fatores precisam ser levados em consideração na busca de grãos para processamento (Webster, 1992).

Historicamente, a aveia tem sido tratada como uma commodity. Como resultado, procurou-se com pesquisas agronômicas, aumentar a produção da aveia que poderia ser usada com múltiplos e intercambiáveis propósitos para comida e ração. Embora isso tenha sido bem-sucedido do ponto de vista agronômico, essa abordagem pode ter acelerado o declínio na produção, por falhar ao não abordar as necessidades específicas das diversas finalidades de uso. Recentemente, muitos melhoristas começaram a questionar o foco somente em produtividade e começaram a colocar ênfase adicional em traços de qualidade específicos. Certamente uma aveia melhorada para propósitos de ração não seria o melhor material para alimentação. Portanto, o sucesso no desenvolvimento de aveias para ração iria criar problemas no beneficiamento para a produção de alimentos. Um resultado lógico final seriam duas classes únicas de aveia, uma para alimentação e outra para ração. Em longo prazo, essa abordagem poderia beneficiar produtores e consumidores (Webster, 1996).

O grão é o produto de uma miríade de processos que interagem uns com os outros, que evoluíram durante a domesticação e agora estão sendo manipulados em programas de melhoramento. Eles também são modificados pelas condições climáticas durante a safra, que, em muitas situações, impedem que o cultivar atinja o seu potencial de produção (Brouwer; Flood, 1995).

Embora o crescimento e desenvolvimento das plantas envolvam muitas interações, o potencial de produção é o produto de características discretas como o momento da antese, a taxa e duração do aparecimento de folhas, o tamanho da panícula e a absorção de nitrogênio. Por exemplo, o momento da antese determina se as plantas podem evitar condições adversas durante e após o florescimento e isso é vital para se ter boas colheitas (Brouwer; Flood, 1995).

14. Efeitos de reguladores vegetais

Os reguladores vegetais (RV) podem alterar o metabolismo da planta, a divisão celular, o alongamento celular e o crescimento e desenvolvimento através da regulação dos hormônios ou de outros sinais biológicos. Por exemplo, alguns reguladores vegetais podem regular o crescimento da haste através da inibição da biossíntese de giberelinas ou pela liberação de etileno (Rajala, 2004).

Para obter aumento de produtividade, precisa-se de mais panículas por área, mais grãos por panícula ou grãos mais pesados. Desses fatores determinantes da produtividade, o número de hastes com panículas e o número de grãos por panícula têm mais chances de serem melhorados pela aplicação de RV do que o aumento do peso de grãos. Na ausência de acamamento, RV podem reduzir a produção de grãos devido a potencial redução no peso médio de grãos e/ou o número de grãos. Sistemas de cultivo que visam altas produtividades com o uso intensivo de insumos se beneficiarão da aplicação de RV com mais frequência do que sistemas com baixo a moderado uso de insumos, para os quais a efetividade de custo do uso de RV não é frequentemente alcançada (Rajala, 2004).

Como os reguladores vegetais influenciam no acamamento e nos componentes da panícula da aveia, com reflexos na produção, Marolli et al. (2017), em experimento avaliando diferentes concentrações de etil-trinexapac e doses de nitrogênio para *A. sativa* L., concluíram que as doses de 395, 450 e 560 mL ha⁻¹ do retardante são eficientes, com acamamento de plantas de aveia de no máximo 5%, em reduzida, alta e muito alta fertilização com nitrogênio, respectivamente. Hawerroth et al. (2015), em experimento semelhante, estabeleceram que a aplicação do etil-trinexapac nas doses de 100 a 150 g i.a. ha⁻¹ em plantas de aveia branca 'Barbarasul', nos estádios E₃₁ e E₃₂, reduziu a altura das plantas e a porcentagem de

acamamento, sem prejuízos à produtividade de grãos, sendo que a intensidade da redução do acamamento foi dependente das características do ambiente de cultivo.

Referências

ADKINS, S.W.; LOEWEN, M.; SYMONS, S. Variation within pure lines of wild oats (*Avena fatua*) in relation to temperature of development. **Weed Science**, v. 35, p. 169-172, 1987.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Glossário ilustrado de morfologia**. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Secretaria de Defesa Agropecuária, 2009. 410 p.

BROUWER, J.; FLOOD, R. Aspects of oat physiology. In: WELCH, R.W. (Ed.). **The oat crop: production and utilization**. London: Chapman & Hall, 1995. 584 p.

COFFMAN, F.A. Oat history, identification and classification. **Technical Bulletin**, n. 1516, 1977, 356 p.

COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE AVEIA. **Indicações técnicas para a cultura da aveia**. Guarapuava: Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária, 2006. 82 p.

HAEFELE, S.M. et al. Field screening of diverse rice genotypes for weed competitiveness in irrigated lowland ecosystems. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 88, n. 1, p. 39-56, 2004.

FLOSS, E.L. **A cultura da aveia**. Passo Fundo: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Passo Fundo, 1982. 52 p.

FLOSS, E.L. Manejo forrageiro de aveia (*Avena* sp) e azevém (*Lolium* sp.). In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGEM, 9., **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1988. p. 231-268.

FLOSS, E.L. **Uso de aveia na nutrição humana**. Porto Alegre: UPF Editora, 2005. 164 p.

FORSBERG, R.A.; REEVES, D.L. Agronomy of oats. In: WELCH, R.W. (Ed.). **The oat crop: production and utilization**. London: Chapman & Hall, 1995. p. 223-251.

GODOY, R.; RODRIGUES, A.A.; PRIMAVESI, A.C. Aveia na alimentação animal. In: SEMANA DO ESTUDANTE, 18., 2007, São Carlos. **Anais...** São Carlos: EMBRAPA Pecuária Sudeste, 2007.

HAWERROTH, M.C. et al. Redução do acamamento em aveia branca com uso do regulador de crescimento etil trinexapac. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 50, n. 2, p. 115-125, 2015.

HOI, S.W.; HOLLAND, J.B.; HAMMOND, E.G. Heritability of lipase activity of oat caryopses. **Crop Science**, Madison, v. 39, p. 1055-1059, 1999.

KOIDE, R. et al. Role of mycorrhizal infection in the growth and reproduction of wild vs. cultivated plants I. Wild vs. cultivated oats. **Oecologia**, Amsterdam, v. 77, p. 537-543, 1988.

- KOWLES, R.V. et al. Expression of C4 photosynthetic enzymes in oat-maize chromosome addition lines. **Maydica**, v. 53, p. 69-78, 2008.
- LONGHI-WAGNER, H.M. (Coord.). Poaceae. In: WANDERLEY, M.G.L. et al. (Ed.). **Flora fanerogâmica do Estado de São Paulo**. São Paulo: Instituto de Botânica, 2001. v. 1.
- MAROLLI, A. et al. Oat yield through panicle components and growth regulator. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 21, n.4, p. 261-266, 2017.
- McMULLEN, M.S. Oats. In: KULP, K; PONTE Jr., J.G. (Ed.). **Handbook of cereal science and technology**. New York: Marcel Dekker, 2000. p. 127-147.
- MUNDSTOCK, C.M. **Cultivo de cereais de estação fria**: trigo, cevada, aveia, centeio, alpiste, tritcale. Porto Alegre: GENBS, 1983. 265 p.
- NAVA, I.C. **Caracterização genética e molecular de fatores associados à resposta à vernalização para o florescimento em aveia**. 2008. 117 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.
- NAVA, I.C. et al. Tagging and mapping candidate loci for vernalization and flower initiation in hexaploid oat. **Molecular Breeding**, v. 30, p. 1295-1312, 2012.
- PRIMAVESI, A.C.; RODRIGUES, A.A.; GODOY, R. **Recomendações técnicas para o cultivo da aveia**. São Carlos: EMBRAPA Pecuária Sudeste, 2000. 39 p. (Boletim Técnico, 6).
- RAJALA, A. Plant growth regulators to manipulate oat stands. **Agriculture and Food Science**, v. 13, p. 186-197, 2004.
- ROBERTSON, S.M. et al. Estimating yield response to temperature and identifying critical temperatures for annual crops in the Canadian prairie region. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 93, p. 1237-1247, 2013.
- SANDHU, B.S.; HORTON, M.L. Response of oats to water deficit. II. Growth and yield characteristics. **Agronomy Journal**, Madison, v. 69, n. 3, p. 361-364, 1975.
- SANTOS, H.P.D.; LHAMBY, J.C.B. Rendimento de grãos de aveia branca em sistemas de manejo de solo. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Passo Fundo, v. 7, n. 2, p. 227-235, 2001.
- WEBSTER, F.H. Oats. In: HENRY, R. J.; KETTLEWELL, P. S. (Ed.). **Cereal grain quality**, London: Chapman & Hall, 1996. p. 179–203.
- WHITE, E.M. Structure and development of oats. In: WELCH, R.W. (Ed.) **The oat crop: production and utilization**. London: Chapman & Hall, 1995. p. 88-119.
- ZHOU, X.; JELLEN, E.N.; MURPHY, J.P. Progenitor germplasm of domesticated hexaploid oat. **Crop Science**, Madison, v. 39, p. 1208–1214, 1999.
- ZIELKE, C. et al. Characterization of cereal β -glucan extracts from oat and barley and quantification of proteinaceous matter. **PLoS ONE**, v. 12, n. 2, 2017.

CENTEIO



CENTEIO (*Secale cereale*)

Márcia Gonçalves Dias

Larissa Fernanda Muniz

1. Origem e distribuição geográfica

Não há uma precisão quanto ao centro de origem do centeio, mas pesquisadores acreditam que esse cereal tem origem na região sudoeste da Ásia, mais precisamente na mesma região de origem do trigo, da cevada e da aveia (Bushuk, 2001). De acordo com a literatura, há dois possíveis centros de origem: região da Anatólia e Cáucaso, a leste da Turquia e norte do Irã; e região norte do Afeganistão e a oeste do Irã (Baier, 1994). Leonard e Martin (1967) acreditam que o centeio (*Secale cereale*) tem como ascendentes duas possíveis espécies: *Secale anatolicum*, espécie silvestre que pode ser encontrada desde a Síria até o Irã; e *Secale montanum*, espécie silvestre ocorrente no Sul da Europa e partes da Ásia.

A princípio, o centeio era considerado como planta invasora no trigo e na cevada, e com isso foi disseminado pelo centro e norte da Europa, se expandindo posteriormente para outras partes do mundo (Baier, 1994). A rota exata da disseminação na Europa é desconhecida, porém estudiosos acreditam que ocorreu durante o primeiro milênio d.C. Há duas teorias de possíveis rotas: a partir do norte da Ásia Menor para a Rússia e,

posteriormente, para o oeste da Polônia e da Alemanha; e a outra seria a partir da Turquia, por meio da península balcânica para o centro norte da Europa (EMBRAPA, 2013).

A partir de então, o centeio foi se espalhando por toda Europa até ser trazido para a América do Norte e oeste da América do Sul durante os séculos XVI e XVII, pelos colonos europeus (EMBRAPA, 2013). De forma simultânea, se espalhou pelo sul da Rússia e pela Sibéria. Já nos séculos XIX e XX, se propagou pela Argentina, sul do Brasil, Uruguai, Austrália e África do Sul (Bushuk, 2001). Hoje em dia é cultivado em todo o mundo, porém sua produção é concentrada no hemisfério norte, entre os Montes Urais e o Mar Nórdico (EMBRAPA, 2013).

2. Classificação botânica

Tabela 1. Classificação botânica do centeio (Adaptado de Barker, 2012).

Domínio	Eukarya
Reino	Plantae
Divisão	Magnoliophyta
Classe	Monocotiledôneas
Subclasse	Commelinidae
Ordem	Poales
Família	Poaceae
Subfamília	Pooideae
Tribo	Triticeae
Gênero	<i>Secale</i>
Espécie	<i>Secale cereale</i> L.

3. Morfologia e anatomia

A família Poaceae encontra-se na classe das Monocotiledôneas, sendo essa denominação proveniente do embrião com a presença de um só cotilédone na germinação. Nas gramíneas esse processo é classificado como germinação hipógea, onde a semente permanece no solo devido à supressão do hipocótilo (Schulz, 1968). A casca da semente então é perfurada pelo epicótilo, que continua crescendo e quando alcança a superfície do solo, desenvolve um colmo com folhas. O cotilédone permanece no pericarpo como reserva e, quando essa se esgota, ocorre a decomposição juntamente com o restante da semente.

Há ocorrência de dois tipos de sistemas de raízes: raízes seminais (embrionárias) e raízes permanentes (caulinares ou adventícias). O primeiro sistema tem origem ainda no embrião e são cobertas pela coleorriza, que atua protegendo e auxiliando na absorção hídrica e nutricional. Essas raízes têm pouca duração (semanas) e pode ocorrer o aparecimento de pelos absorventes sobre elas. Já as raízes permanentes têm origem nos primeiros nós basais, estolões, ou de nós que estejam em contato com o solo. Apresentam-se em maior quantidade, formam muitas ramificações e passam a substituir o sistema seminal.

O hábito de crescimento é cespitoso ereto, sendo o colmo oco, constituído de nós e entrenós, e cada nó tem sua folha correspondente. As brotações, ou perfilhos, surgem dos nós do colmo, na axila das bainhas foliares. A folha do centeio é incompleta, possui lâmina, bainha e dois apêndices, lígula e aurículas. A lâmina é linear com nervação paralelinérvea; a bainha cobre o nó; a lígula constitui-se de uma membrana que se localiza no limite com a lâmina foliar, na parte superior interna da bainha; e as aurículas são estruturas localizadas nos contornos da lígula, abraçam o caule, e nessa espécie são pequenas e glabras.

A inflorescência é do tipo espiga, com 2-19 cm de comprimento, delgada, compacta com uma espiguetta por nó da raque (Figura 1). O grão é coberto por lema, pálea e gluma, organizado ao longo da raque em pares de forma alternada (zigue-zague), conforme Schlegel (2013).



Figura 1. Inflorescência do centeio (*Secale cereale* L.) com duas espiguetas destacadas da raque em formato de zigue-zague (Adaptado de Sapirstein; Bushuk, 2016).

4. Ciclo e germinação

O centeio é a única cultura de cereais de pequenos grãos que possui polinização cruzada. Da sementeira até a colheita são aproximadamente 290 dias. O ciclo reprodutivo pode ser dividido em 12 estádios. No primeiro estágio não é possível observar diferenças no crescimento. No estágio 2, são formados o caule, os nós e entrenós. Geralmente, o centeio é plantado no outono (cujo clima é moderado) e passa todo o inverno no estágio 2. No estágio 3 o crescimento é diferenciado em outros segmentos, surgindo os primórdios de espiguetas. Entre o estágio 3 e 4 são formados os primórdios florais e nos estádios 5 e 6 permanecem em organogênese. O estágio 7 é caracterizado pelo alongamento dos entrenós. As plantas florescem no estágio 8 e a maturação e fertilização das cariopses ocorre nos quatro estádios seguintes (Bushuk, 2001).

Os estádios de absorção de água por sementes de centeio são distinguidos em três etapas. A primeira dura 10 minutos, a segunda é mais lenta e dura cerca de 1 hora. Durante o segundo estágio, alterações na ultraestrutura celular podem ser observadas, principalmente no número de mitocôndrias. O terceiro estágio, com a absorção ativa de água, é caracterizado por

uma proliferação de retículo endoplasmático que gradualmente se torna mais denso ao redor do núcleo da célula após 6 horas. Neste estágio também ocorre síntese de proteínas (Bushuk, 2001).

A duração do período de dormência do grão de centeio depende de fatores climáticos. Em centeio cultivado sob condições de chuvas abundantes e temperaturas elevadas durante o período de formação e maturação do grão, o período de dormência das cariopses não é estabilizado e as sementes podem até germinar na espiga. Nos anos em que as temperaturas de colheita são altas e a precipitação é escassa, as sementes têm uma baixa tendência para germinar durante a colheita. Vários dias após a colheita, a capacidade germinativa aumenta acentuadamente. Outros cereais (por exemplo, cevada) sofrem pouco efeito ambiental sobre a dormência das sementes. Altas temperaturas e umidade podem até prolongar o período de dormência das sementes (Bushuk, 2001). Acredita-se que as sementes de centeio permaneçam viáveis e dormentes nos solos por cerca de cinco anos (Stump; Westra, 2000).

Os perfilhos do centeio crescem profusamente, e as plantas individuais podem ser facilmente divididas em vários clones. Os genótipos podem diferir na capacidade de clonagem. O corte das plantas pode estimular a produção de perfilhos, retardando o desenvolvimento das espigas. Condições de dias frios, úmidos e curtos aumentam a capacidade de perfilhamento (Bushuk, 2001).

5. Desenvolvimento de raízes e do caule

Há ocorrência de dois tipos de sistemas de raízes: raízes seminais (embrionárias) e raízes permanentes (caulinares ou adventícias). O primeiro sistema tem origem ainda no embrião e são cobertas pela coleoriza, que atua protegendo e auxiliando na absorção hídrica e nutricional. Essas raízes têm pouca duração (poucas semanas) e pode ocorrer o aparecimento de pelos absorventes sobre elas. Já as raízes permanentes tem origem nos primeiros nós basais, estolões, ou de nós que estejam em contato com o solo. Apresentam-se em maior quantidade, formam muitas ramificações e passam a substituir o sistema seminal. Abaixo há a descrição dos processos morfológicos da germinação e emergência de raízes:

0-1 DAS (dias após semeadura): pericarpo absorve água (embebição), tornando-se macio e elástico;

1-2 DAS: a coleoriza alonga-se lentamente, emergindo do pericarpo;

2-4 DAS: a radícula rompe através da coleoriza e se torna arqueada e o coleótilo alonga-se;

4-7 DAS: o coleóptilo continua alongando-se; várias raízes laterais (raízes seminais) formam-se do grão; a radícula juntamente com as raízes seminais, são chamadas de sistema de raízes primárias (principal sistema de raízes para as três primeiras semanas de crescimento da plântula);

7-14 DAS: o mesocótilo, primeiro entrenó, permanece inativo; as primeiras folhas surgem através do coleóptilo, tornam-se verdes e iniciam a fotossíntese;

14-21 DAS: raízes da coroa (adventícias) desenvolvem-se imediatamente abaixo da superfície do solo; o sistema secundário de raízes é formado pelas raízes adventícias, e após três semanas de crescimento, torna-se o principal sistema de absorção hídrica; o ponto de crescimento é localizado logo abaixo do nó basilar e permanece abaixo da superfície do solo por aproximadamente 30 dias.

Na germinação, o centeio produz um sistema primário de raízes que é composto por quatro raízes, diferindo dos demais cereais, os quais normalmente apresentam apenas três raízes nesse sistema. Depois surgem numerosas raízes fibrosas, compondo o sistema secundário (permanente), onde o número total varia de acordo com o grau de perfilhamento. Em solos argilosos e úmidos, as raízes geralmente apresentam distribuição lateral de 15-25 cm, profundidade aproximada de 1,2 m e penetração máxima de 1,5 m. O sistema de raízes maduras é muito semelhante ao da aveia e do trigo de primavera (Fontanelli, 2012).

O colmo do centeio é delgado, alto (20 cm a 1,5 m), ereto, glabro, exceto a pubescência perto da espiga, e tem uma estrutura oca. O número de nós é 6 ou 7 para centeio de primavera e 10 a 12 para centeio de inverno. Uma folha é formada em cada base do nó. As bainhas das folhas são longas e soltas. As língulas são curtas (Grains Research and Development Corporation - GRDC, 2018).

6. Desenvolvimento das folhas

Durante o processo de ontogenia, as folhas podem ser caracterizadas como drenos, quando prevalece a importação de assimilados, ou como fonte, quando há maior ocorrência de exportação. São considerados drenos fortes quando jovens, pois importam mais nutrientes e assimilados do que exportam e, conforme o desenvolvimento e maturidade passam a exportar mais do que importam, tornando-se fontes (Rodrigues, 2012).

O desenvolvimento foliar pode ser dividido em três fases:

(1) Expansão foliar: a folha é caracterizada como dreno de compostos orgânicos;

(2) Folha madura: capacidade fotossintética completamente desenvolvida e a folha passa a ser fonte, exportando o material orgânico produzido;

(3) Senescência: ocorre forte mobilização dos componentes da folha para outras partes da planta, prevalecendo o conteúdo proteico.

7. Efeitos de fatores ecológicos

A cultura do centeio requer temperaturas mais amenas durante o período de perfilhamento, solos profundos e também bem drenados, então, seu cultivo em solos muito argilosos e/ou encharcados deve ser evitado.

De modo geral, o centeio é capaz de se desenvolver em uma ampla variação de umidade no solo, no entanto ele supera as leguminosas e os demais cereais de inverno sob condições de solos arenosos, pobres quimicamente e déficit hídrico. Como exemplo, o centeio requer em torno de 20-30% menos água por unidade de matéria seca em relação ao trigo.

Devido a sua adaptação, essa cultura é cultivada desde o círculo polar ártico até altitudes de 4300m, no Himalaia (Baier, 1994). A atividade fisiológica de crescimento do centeio ocorre à temperatura basal a partir de 0°C, fazendo com que, sob condições de temperaturas muito baixas, próximas a zero, ou em caso de geadas, essa cultura possui maior potencial de rendimento de massa verde do que o trigo e a aveia (*Avena sativa* L.), por exemplo, (temperatura basal da atividade fisiológico do trigo = 2,8 a 4,4°C; da aveia = 4,4°C (Bruckner; Hanna, 1990).

O centeio é uma cultura eficiente para ser usada como cobertura, pois uma de suas características é a boa adaptação a condições frias e secas. Temperaturas entre 25 a 31°C é onde o centeio se desenvolve melhor (temperatura ótima de crescimento). A cultura se destaca pela maior produção de massa seca e pela precocidade, justamente em regiões mais elevadas e frias, ou em anos em que ocorrem invernos mais frios e/ou secos. De acordo com Mundstock (1983), o centeio é o cereal mais tolerante a baixa temperatura, principalmente nas fases iniciais de desenvolvimento. No entanto, em relação a altas temperaturas, é bastante sensível, principalmente nas fases de floração e formação de grãos. É também exigente em dias longos, e o florescimento é induzido por 14 horas (ou mais) de luz (DL).

As populações cultivadas de centeio consistem em fenótipos de inverno, primavera e intermediários. Centeio de primavera plantado no outono pode mudar para o de inverno como resultado de seleção natural e processos de adaptação. O período de vernalização do centeio de primavera é relativamente curto (10-12 dias) enquanto o dos fenótipos de inverno é mais longo (40-60 dias). Existem muitos biótipos que são intermediários entre esses dois extremos (Mullen, 1996).

8. Relações hídricas

Em comparação aos demais cereais de inverno, o centeio é o mais eficiente no aproveitamento de água, sendo capaz de produzir a mesma quantidade de massa seca com apenas 70% da água que o trigo (*Triticum spp.*). Durante seu desenvolvimento, a cultura é pouco exigente e muito sensível ao excesso de chuva, o que explica as maiores áreas de cultivo na Polônia e Argentina, por exemplo, onde os solos são arenosos e com déficit hídrico.

O requerimento de água aumenta significativamente durante as fases de florescimento e de enchimento de grãos, porém pode haver diferenças na resistência à seca entre as variedades de centeio. O déficit hídrico no período de formação de brotações, da floração e maturação são os mais danosos ao rendimento de grãos. Variedades tetraploides são mais sensíveis à seca do que diploides. Em solos secos com déficit hídrico contínuo, o centeio pode produzir rendimentos mais elevados do que em solos onde a água é abundante, mas ocorrem períodos de seca (Schlegel, 2013).

9. Solos, nutrição e micorrizas

A cultura do centeio caracteriza-se por apresentar alta rusticidade, sendo o mais produtivo dos cereais de inverno. É adaptada a solos de baixa fertilidade, maior acidez e reduzida umidade, podendo ser indicado para cultivo em solos arenosos, degradados, exauridos e até mesmo na recuperação e proteção de áreas em processo de desertificação. Também é menos exigente em relação ao preparo do solo e adubação (Schlegel, 2013).

Essa cultura é conhecida por suportar solos ácidos, tolerando condições de pH entre 4,5 e 8,0, porém a melhor adaptação ocorre em pH entre 5,0 e 7,0. Solos com ausência de impedimentos de natureza química, ausência de impedimentos físicos, ausência de impedimentos à mecanização e pouca susceptibilidade à erosão, são os ideais para culturas de inverno não irrigadas, incluindo o centeio. A cultura apresenta maior desenvolvimento e produção quando há adubação adequada e pH do solo corrigido para valor entre 5,6 e 7,0 (Leonard; Martin, 1967).

Uma vez que o cultivo geralmente é realizado em solos pobres, a fertilização adicional é requerida. Devido ao seu grande sistema radicular é capaz de absorver de forma mais eficiente os nutrientes disponíveis. A deficiência em macronutrientes, como por exemplo, nitrogênio e potássio causam estresse no centeio. As raízes crescem mais numerosas e longas, coleóptilos ficam curtos. Análises da zona de alongação de raízes seminais, utilizando microscopia de fluorescência, mostraram a presença de espécies reativas de oxigênio, resultado da ativação de mecanismos de sensibilidade e resposta ao estresse. Apesar da

resposta baixa aos micronutrientes e as diferenças quanto à necessidade dos mesmos, de acordo com o genótipo, os mais importantes para o centeio são o boro, cobre, manganês, zinco, cloro e molibdênio (Schlegel, 2013).

10. Fotossíntese e translocação

O metabolismo fotossintético do centeio é do tipo C_3 . Caules e bainhas apresentam menores taxas de fotossíntese e exportação de assimilados do que as folhas. A folha bandeira é menor e menos importante na fotossíntese. O colmo do centeio é o mais longo de todos os pequenos cereais cultivados, fornecendo a maior parte da área fotossintética. Durante a formação de grãos, os colmos e bainhas respondem por 60 a 80% da área total da planta. As lâminas foliares podem fornecer cerca de 15-20% da área fotossintética, que é muito menor do que para o milho, trigo e aveia. Estudos sobre a taxa de assimilação líquida não encontraram evidências de que o aparelho fotossintético das plantas de centeio seja mais bem adaptado do que o do trigo às condições de baixa temperatura e luz do inverno e início da primavera. No entanto, o início mais precoce da extensão do colmo de centeio foi associado a aumentos significativos na taxa assimilatória líquida, o que compensou as reduções na razão de área foliar (Schlegel, 2013; GRDC, 2018).

11. Florescimento e frutificação

O centeio é uma gramínea de cultivo anual, sendo considerada uma planta de dia longo. A indução do florescimento ocorre após 14 h de luz com temperaturas de 5 a 10°C. Os períodos de vernalização são variados, dependendo da exigência da variedade. As variedades de inverno necessitam de 40 a 60 dias, enquanto as de primavera necessitam apenas de 10 a 12 dias para entrar no estágio reprodutivo. Após a floração, o grão começa a se formar. Possui polinização cruzada e dependente do vento. As espiguetas permanecem abertas por algum tempo, mas o clima frio e chuvoso pode dificultar essa abertura e com isso a eficiência da polinização (Schlegel, 2013; GRDC, 2018).

12. Estratégias para altas produções

Investigações de campo sobre o crescimento vegetativo e reprodutivo precoce do centeio mostraram que os rendimentos mais altos e mais precoces são devidos a uma combinação de fatores como: taxas mais rápidas de germinação, emergência, aparência e expansão foliar, aliados a maiores proporções de área foliar (GRDC, 2018). As variedades híbridas apresentam alto potencial de rendimento, e se uma técnica ótima de cultivo é usada,

elas podem produzir como outros cereais sob condições agronômicas comparáveis. O centeio mostrou-se alelopático em relação a outras plantas, mas alguns dos efeitos supressores podem estar relacionados à ligação do nitrogênio do solo pela decomposição dos resíduos da planta. Também pode inibir a germinação ou o crescimento de culturas semeadas após a incorporação do centeio. Alguns exemplos são dados sobre como o centeio pode ser incorporado nas rotações, dependendo do tipo e utilização do solo (Barnes; Putnam, 1987; Schlegel, 2013). O zoneamento agroclimático é importante para auxiliar no planejamento produtivo, mas no Brasil o centeio ainda não é contemplado por esta ferramenta.

13. Efeitos de reguladores vegetais

A altura da planta reduz a resistência ao acamamento, que influencia diretamente na produção de grãos e em sua qualidade, aumentando os custos com a colheita. Mesmo quando a semeadura é baixa e a adubação com nitrogênio é ótima, o uso de biorreguladores pode auxiliar na redução da altura do caule, levando em conta as características específicas das variedades e as condições locais e climáticas. Dentre os principais retardantes aplicados têm-se etil-trinexapac (Moddus), cloreto de mepiquat (Pix), prohexadione cálcio (Medax Top), cloreto de chlormequat (CCC) e ethephon (Camposan). Os melhores resultados são obtidos quando aplicados durante o período de crescimento mais intenso do colmo, com isso os entrenós médios e superiores são encurtados. Outros reguladores vegetais têm melhores resultados se aplicados antes do surgimento do colmo (Schlegel, 2013).

14. Senescência e aproveitamento de resíduos

O resíduo de centeio que permanece na superfície do solo pode modificar o ambiente físico e químico durante a germinação das sementes e o crescimento das plantas (GRDC, 2018). Estudos de Torma et al. (2017), mostraram que os restolhos de 17 culturas, incluindo o de centeio, fornecem uma quantidade considerável de nutrientes, especialmente nitrogênio e potássio. No caso do centeio, foram deixados no solo 45 e 8 kg ha⁻¹. Produtores geralmente plantam centeio de inverno para aumentar a matéria orgânica do solo e realizar a proteção do solo. Isso deve ser considerado no cálculo da fertilização da safra subsequente. Resíduos de centeio contribuem para a supressão de plantas invasoras em sistemas de plantio direto. O uso de plantas de cobertura alelopáticas em sistemas de cultivo reduzido pode fornecer uma estratégia de manejo ecologicamente correta e ambientalmente segura para o controle de invasoras.

O centeio é uma cultura ideal para a produção de energia agrícola devido ao seu crescimento vigoroso, alta eficiência do uso de nutrientes e água e baixa produção de insumos. Outra estratégia é usar a silagem da planta inteira para reatores de biogás. O rápido desenvolvimento juvenil na primavera comparado a outros cereais e a pouca exigência em solos pobres permitem que o centeio seja uma cultura universal em muitos locais. Também pode ser utilizado para produção de energia térmica (Schlegel, 2013).

Na Alemanha, há projetos para substituir matérias-primas comuns por produtos de cereais sustentáveis. Existem produtos que já são comercializados como o Ceralith® (70% de farinha de centeio), que se trata de um isolamento granulado e o Rofa® (cerca de 40% de farinha de centeio) - contra a erosão do solo e antirruídos (Schlegel, 2013).

15. Doenças

Apesar de ser considerada uma cultura saudável quando comparada ao trigo e a aveia, o centeio pode ser afetado por algumas doenças que têm efeito na produtividade da cultura e devem ser motivo de atenção. A mais conhecida é o *ergot*, ou cravagem/espório do centeio. Causada por fungos do gênero *Claviceps*, produzem alcaloides que podem afetar os seres humanos e outros mamíferos que consomem grãos contaminados com sua estrutura de frutificação. Já foi reportada no Brasil, mas não é preocupante e pode ser evitada mantendo-se a qualidade das sementes. Manchas foliares podem ser causadas por variados patógenos, dentre eles *Bipolaris sorokiniana*, *Drechslera* spp., *Stagonospora nodorum* e *Septoria tritici* e a rotação de culturas é eficaz nestes casos. A ferrugem do colmo que tem como agente causal o fungo *Puccinia graminis* f. sp. *secalis* que foi a principal responsável pela destruição das lavouras de centeio no Brasil em meados de 1981. Seu manejo deve ser feito de maneira integrada com uso de controle químico, eliminação de hospedeiros intermediários e cultivares resistentes (Baier, 1994; Schlegel, 2013). Outras doenças também podem afetar o centeio, mas estas estão entre as principais.

Referências

BAIER, A.C. **Centeio**. Passo Fundo: EMBRAPA, CNPT, 1994. 29 p.

BARKER; N.P. et al. Phylogeny and subfamilial classification of the grasses (Poaceae). **Annals of the Missouri Botanical Garden**, p. 373-457, 2001.

BARNES, J.P.; PUTNAM, A.R. Role of benzoxazinones in allelopathy by rye (*Secale cereale* L.). **Journal of Chemical Ecology**, v. 13, n. 4, p. 889-906, 1987.

BRUCKNER, P.L.; HANNA, W.W. *In vitro* digestibility of fresh leaves and stems of small-grain species and genotypes. **Crop Science**, Madison, v. 30, n. 1, p. 196-202, 1990.

BUSHUK, W. Rye production and uses worldwide. **Cereal Foods World**, Amsterdam, v. 42, n. 2, p.70-73, 2001.

EMBRAPA. **Trigo**: origem e usos. 2013. (Documentos Online, 142). Disponível em: <http://www.cnpt.EMBRAPA.br/biblio/do/p_do142_2.htm>. Acesso em: 28 mar. 2018.

FONTANELI, R.S. et al. Gramíneas forrageiras de inverno. In: FONTANELI, R.S. SANTOS, H.P. (Ed.). **Forrageiras para integração lavoura pecuária floresta na região sul-brasileira**. Brasília: EMBRAPA, 2012.

GRAINS RESEARCH AND DEVELOPMENT CORPORATION. **Grow notes**: cereal rye, Southern Region. Janeiro, 2018. Disponível em <https://grdc.com.au/__data/assets/pdf_file/0017/301634/GRDC-GrowNotes-Cereal-Rye-SOUTHERN.pdf>. Acesso em: 04 jun. 2018.

LEONARD, W.H.; MARTIN, J.H. **Cereal crops**. New York: Macmillan, New York, 1967. 824 p.

MULLEN, R.E. **Crop science**: principles and practice. Edina: Burgess Publ., 1996, 352 p.

MUNDSTOCK, C.M. **Cultivo dos cereais de estação fria**: trigo, cevada, aveia, centeio, alpiste, triticale. Porto Alegre: SBCS, NBS, 1983. 265 p.

RODRIGUES, O. et al. Bases fisiológicas para o manejo de forrageiras. In: FONTANELI, R.S.; SANTOS, H.P. (Ed.). **Forrageiras para integração lavoura pecuária floresta na região sul-brasileira**. Brasília: EMBRAPA, 2012.

SAPIRSTEIN, H.D.; BUSHUK, W. Rye grain: its genetics, production, and utilization. In: WRIGLEY, C.W. et al. (Ed.). **Encyclopedia of food grains**. New York: Academic Press, 1976.

SCHLEGEL, R.H.J. **Rye**: genetics, breeding, and cultivation. Boca Raton: CRC Press, 2013. 387 p.

SCHULZ, A.R. **Estudo prático da botânica geral**. Porto Alegre: Globo, 1968. 230 p.

STUMP, W.L.; WESTRA, P. The seedbank dynamics of feral rye *Secale cereale*. **Weed Technology**, Amsterdam, v. 14, n. 1, p. 7-14, 2000.

TORMA, S. et al. Residual plant nutrients in crop residues: an important resource. **Acta Agriculturae Scandinavica**, Section B. Soil & Plant Science, v. 68, n. 4, p. 358-366, 2018.

CEVADA



CEVADA (*Hordeum vulgare* L.)

Aline Araujo Politano

Fernando Manuel Matias Hurtado

1. Origem

Newman menciona que o ancestral da cevada é o *Hordeum spontaneum* C. Koch, ainda encontrado em abundância em muitas partes da Ásia e do Norte da África. *H. vulgare* e *H. spontaneum* são interferentes e diferem principalmente na ligação da raquis à espiga; permitindo que os grãos se quebrem na maturidade com maior facilidade. No entanto, arqueólogos e outros cientistas que tentaram revelar mais das tentativas de cultivo da cevada não concordam conclusivamente sobre os locais exatos onde esses eventos ocorreram. A teoria de que a cevada foi domesticada pela primeira vez no Crescente Fértil do Oriente Médio, que abrange Israel atual, norte da Síria, sul da Turquia, leste do Iraque e oeste do Irã, tem sido amplamente aceita, porém, existem argumentos opostos a essa teoria.

Vavilov um notável agrônomo russo, propôs que a cevada se originou em dois centros separados: um nas montanhas da Etiópia e o segundo no leste da Ásia, limitado ao norte pelo atual Tibet e Nepal e ao sul pela Índia, no subcontinente. Tanto no altiplano etíope quanto na vasta área da Ásia proposta por Vavilov, há uma abundância de evidências da cultura primitiva de cevada. A conclusão de Vavilov foi baseada na grande diversidade de tipos morfológicos de cevada cultivada que existe nessas regiões. Anos mais tarde, Vavilov indicou que era improvável que a cevada fosse domesticada em uma área (Etiópia) onde o ancestral silvestre não existia, portanto se aceita como a origem as regiões no leste de Ásia (Newman, 2008).

2. Distribuição geográfica

O cultivo da cevada, o quarto cereal do mundo em volume de produção, depois do milho, arroz e trigo, totalizando cerca de 136 milhões de toneladas, é realizado nos cinco continentes (Figura 1), em uma área cultivada total de 530.000 Km². Os principais produtores mundiais são a União Europeia (França, Espanha e Alemanha principalmente), Rússia e Canadá. Os 20 maiores produtores cobrem 82% do total mundial segundo FAO, 2014 (Figura 1). O Brasil produz cevada em escala comercial desde 1930. Dentre os vários tipos de cevada explorados, a cevada cervejeira é a mais produzida comercialmente no país. Em 2012, alcançou uma produção de 380 mil toneladas, sendo referência na produção total da cevada maltada.

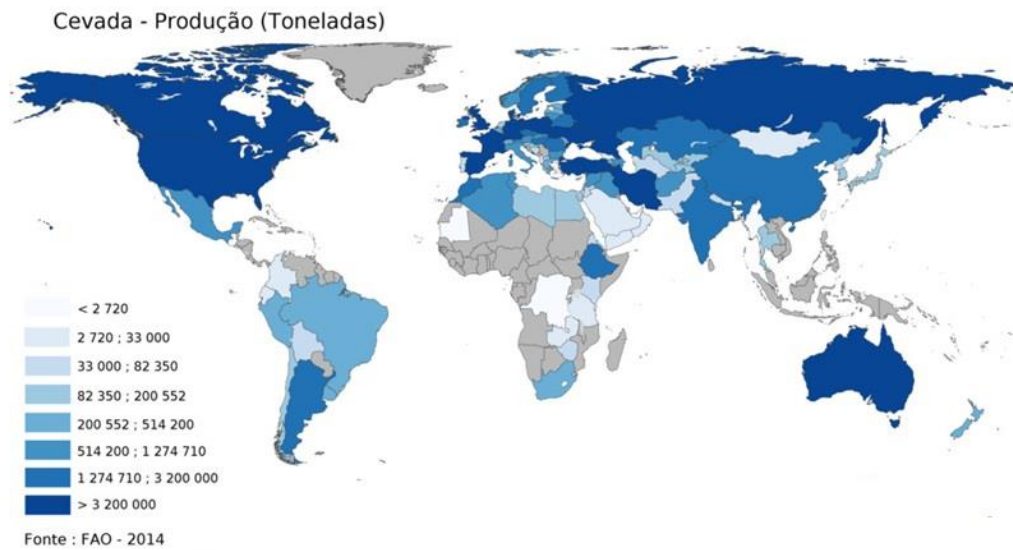


Figura 1. Distribuição geográfica da cevada e sua produção em toneladas, a cor mais intensa do azul indicam os países com maior produção, os de menor intensidade de cor indicam os países com pouca produção e a cor cinza indica os países que não têm produtividade mínima (Adaptado de FAO, 2014).

3. Classificação botânica

Atualmente, as classificações mais aceitas são as de Engler e Cronquist, especificadas na Tabela 1.

Tabela 1. Classificação botânica da cevada proposta por Engler e Cronquist (Adaptado de Plant Data Base – USDA, Liliopsida-Cronquist, A. (1981); Adolf Engler e Karl Anton Eugen Prantl's system, 1924).

	Cronquist	Engler
Reino	Plantae	Plantae
Sub-reino	Tracheobionta	---
Superdivisão	Spermatophyta	---
Divisão	Magnoliophyta	Siphonogamae
Subdivisão	---	Angiospermae
Classe	Liliopsida	Monocotyledonae
Subclasse	Commelinidae	---
Ordem	Cyperales	Gramineales
Família	Poaceae	Gramineae
Gênero	<i>Hordeum</i> L.	<i>Hordeum</i>
Espécie	<i>Hordeum vulgare</i> L.	<i>Hordeum vulgare</i>

4. Morfologia e anatomia

A cevada é uma monocotiledônea anual pertencente à família das poáceas (gramíneas). Possui folhas estreitas, invaginadas em cada nó do colmo, e a lâmina ou o limbo foliar são compridas, eretas e glabras. O caule é uma cana oca, reta e grossa, apresenta uma série de nós onde as folhas saem do lado oposto. Cada haste desenvolve uma única ponta, e a altura varia conforme a variedade, de 50 cm a 1 m. A raiz é fasciculada, com raízes primárias e secundárias, as primárias se originam quando a radícula é formada, mas desaparecem quando a planta é adulta, aparecendo assim as secundárias, podendo atingir até 1,20 m de profundidade (Figura 2).

A espiga é formada no prolongamento do caule, apresentando duas pequenas glumas no exterior e duas glumilas como órgãos de proteção, a glumila externa é chamada de lema e a interna é chamada de pálea.

A diferença que existe entre as cevadas refere-se ao número de espiguetas que existem em cada dente da espiga (Figura 3):

Cevada de duas fileiras: *Hordeum distichum*. Apresenta uma espiguetas intermediária enquanto as espículas laterais morrem.

Cevada de quatro fileiras: *Hordeum tetrastichum*. É formado quando a espiguetas central é aberta enquanto as duas espículas laterais permanecem.

Cevada de seis fileiras: *Hordeum hexastichum*. As três espiguetas se desenvolvem.

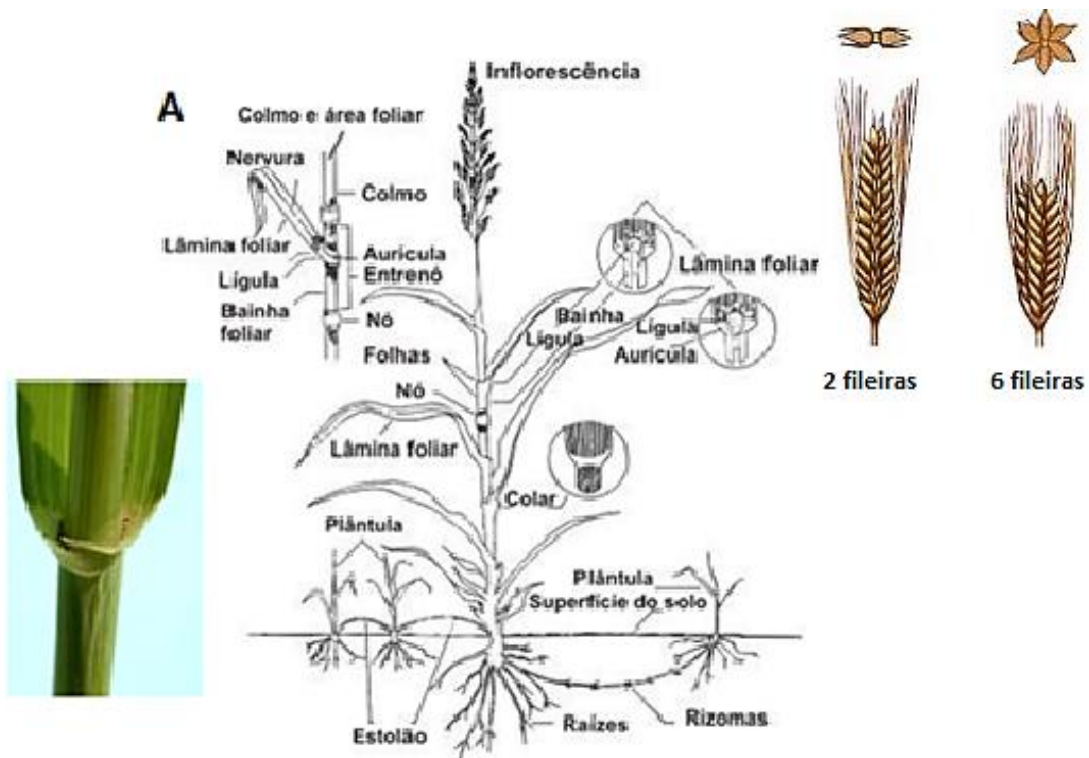


Figura 2. Morfologia da cevada (*Hordeum vulgare*), formação da aurícula e distribuição de grãos em dois tipos de fileira (Adaptado de Ball et al., 2007).

O grão é uma cariópse com uma série de glumilas anexadas ao redor do fruto, servindo como proteção ao grão, tem uma forma alongada, mas os grãos destinados à produção de cevada para o consumo humano tendem a ser muito mais redondos e grossos, com a casca muito fina, com uma cor amarela clara, sendo uma característica de boa maturação. O embrião localiza-se na parte projetada do grão, o que separa o embrião do endosperma, o qual é um tecido de reserva que nutre o embrião, é o escutelo que é usado como proteção, liberando enzimas hidrolíticas do embrião para o endosperma. A entrada de água e ar ocorre através da micrópila, localizada perto da base da glumila ventral. Ao redor do endosperma está uma camada chamada aleurona, rica em proteínas. O pericarpo é formado pelo restante da parede do ovário. O tegumento ou cobertura da semente entre o pericarpo e a aleurona, é composto de células esmagadas formando uma camada de celulose. A formação de fissuras

nessa camada pode causar perda de nutrientes, diminuir a resistência mecânica e favorecer o crescimento microbiano nos tecidos, o pericarpo e a testa tem uma função protetora (Figura 3).

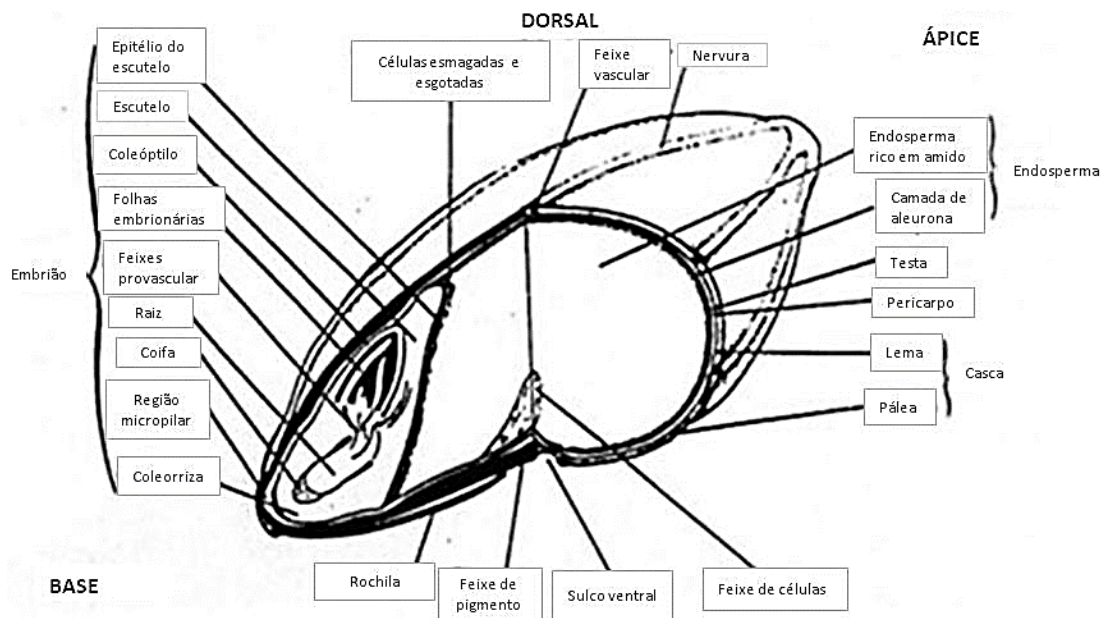


Figura 3. Semente de cevada (Adaptado de Briggs, 1978).

A inflorescência (cabeça de flor) da cevada, denominada espícula, é classificada como uma inflorescência indeterminada porque o eixo (raque) não termina em uma espiguetas. A espiga de cevada, localizada na ponta do colo da haste, consiste de um número variável de espiguetas presas nos nós de uma coluna em zigue-zague sólida e plana.

As flores de cevada são completas, contendo tanto o óvulo quanto as anteras e são, em sua maioria, autopolinizadas. As espiguetas são de flores simples, consistindo de duas glumas e uma florzinha, na qual o núcleo se desenvolve após a fertilização. Há três espigas anexadas em cada nó na coluna, alternando de lado a lado. Todas as três espiguetas são férteis em cevada de seis fileiras, enquanto que apenas a espiga central é fértil na cevada de duas fileiras.

As cevadas tendo aristas estendidas, são muitas vezes referidas como tendo “pilosidade”, todas as aristas contêm tecido fotossintético e estômatos, os estômatos também estão presentes no interior da lema, o número de espiguetas por espiga, também é variável dependendo do genótipo, as condições ambientais também influenciam no comprimento da espiga (Figura 4).



Figura 4. Espiguetas estéreis centrais e laterais férteis na espiga de uma cevada de dois ramos durante o desenvolvimento (painel superior) e no amadurecimento (painel inferior). Observe o par de glumas (G) coluna (raquis) (R) que está associado com a espiga, a lema (L) e a lema (La) da espiga central e as glumas (g), pálea (p) (imagem do meio superior), e a lema (l) das espiguetas laterais. A figura no canto inferior direito do painel mostra adicionalmente a pálea (P) com sua ponta arredondada (TP), (Adaptado de Gubatz e Weschke, 2014).

5. Germinação e propagação

O processo da germinação ocorre entre 4 a 37°C, mas temperatura ideal se encontra entre 20 - 25°C e a umidade relativa entre 30 a 35 %. Durante a germinação das sementes de cevada o escutelo e a camada de aleurona, em torno do endosperma amiláceo, sintetizam hidrolases em resposta ao aumento do ácido giberélico, fitohormônio liberado pelo embrião. Muitas dessas enzimas são secretadas no endosperma e mobilizam macromoléculas de armazenamento para suportar o crescimento da plântula, constituído pelo eixo embrionário, plúmula e radícula, circundados pelo coleóptilo e pela coleorriza, que atuam como bainhas protetoras desses tecidos (Figura 5). Em particular, a quebra de proteínas de armazenamento é efetuada pela ação conjunta de endoproteases e exoproteases. As carboxipeptidases de serina (Ser-CPs) são as principais exopeptidases encontradas na germinação de sementes de cevada (Dal Degan, 1994).

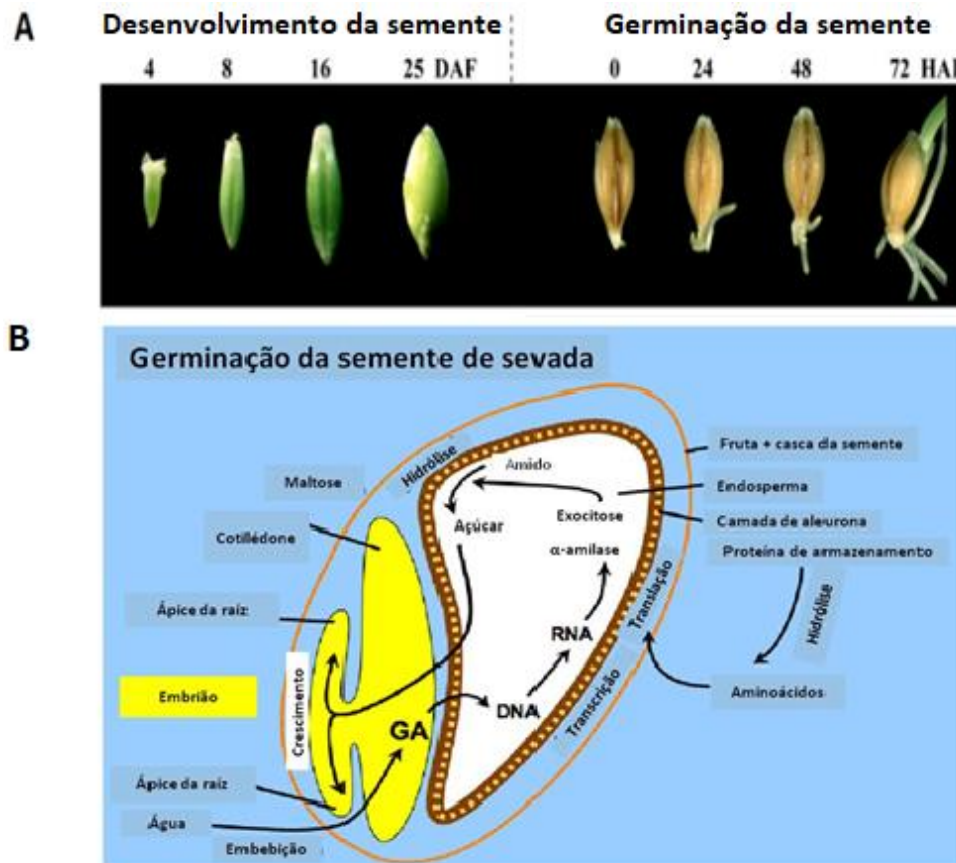


Figura 5. Germinação da cevada (A) desenvolvimento da semente ao longo dos dias até madurar e germinar, formação do coleóptilo, radícula e raízes seminais (B) processo fisiológico da germinação da semente e estimulação das giberelinas nas sínteses da α -amilase nas células de aleurona que rodeiam ao endosperma amiláceo (Adaptado de Ross, 1994).

6. Desenvolvimento das raízes

Depois da absorção da umidade devido ao baixo potencial mátrico da semente ocorre a germinação, iniciando uma série de eventos como a formação de raízes. No caso da cevada, apresenta raízes simples axiais, mostra dois conjuntos de raízes, primárias ou seminais e as raízes adventícias. As raízes primárias se formam durante a germinação as quais surgem da coleorriza, as raízes crescem por fora e por dentro, ramificando-se e formando uma massa fibrosa, onde se apresentam os pelos absorventes aumentando assim a área da superfície radicular para aumentar a absorção de água e nutrientes do solo; estas raízes são de curta duração e estão sendo substituídas continuamente à medida que desenvolve o sistema radicular. As raízes adventícias, que emergem da corona à medida que se desenvolvem os caules, tendem a ser mais grossas e estão menos ramificados que as raízes primárias (Figura 5A), o estabelecimento da plântula começa com a extensão para o solo, isto depende do tipo e profundidade do solo, disponibilidade de água e nutrientes e do genótipo da cevada.

7. Desenvolvimento do caule

O coleóptilo, um tecido envolto em bainha capaz de mitose, produz uma brotação que rompe a testa ou casca da semente e cresce o lado dorsal do núcleo sob a lema, logo após as raízes começarem a se desenvolver, fornecendo estabilidade à plântula. O coleóptilo envolve e protege o tecido em formação enquanto cresce em direção à superfície do solo. Neste ponto, uma série complexa de eventos leva à emergência da folha primária da parte aérea principal dos primeiros perfilhos. Uma vez que a folha primária emerge, o coleóptilo deixa de alongar-se. À medida que a planta jovem cresce, essa sequência é repetida em outros locais de perfilhos primários. Cada perfilho primário tem o potencial de produzir perfilhos secundários. Os primeiros perfilhos primários podem se tornar quase tão grandes quanto o principal.

O número de perfilhos por planta é influenciado pela densidade de plantas, genótipo e fatores ambientais. O comprimento do perfilho também depende do genótipo e do ambiente e, em certa medida, da densidade das plantas. O perfilho maduro é uma estrutura cilíndrica que consiste em entrenós ocos, separados por nós sólidos ou articulações com septos transversais.

Na planta média, há cinco a sete entrenós, embora 10 ou 11 entrenós já tenham sido observados. O entrenó basal é o mais curto e o diâmetro do entrenó diminui em direção ao topo da planta. O pedúnculo é a parte do perfilho do último nó ao colar, que marca a transição do perfilho para a coluna da espiga. O colar é por vezes referido como o nó basal da coluna. Existem vários tipos de colares, sendo os mais comuns fechados, em forma de V, abertos e modificados, fechados ou abertos. O topo do pedúnculo logo abaixo da ponta é chamado de pescoço e pode ser reto, curvo ou em zigue-zague.

8. Desenvolvimento das folhas

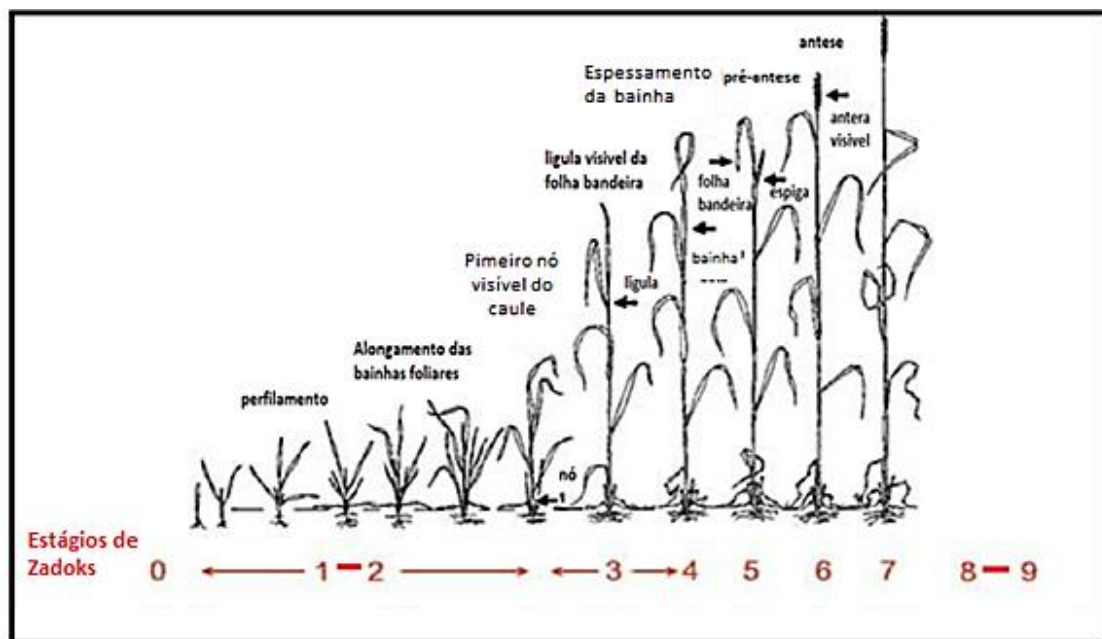
Uma folha de cevada consiste de uma bainha, lígula, aurículas e lâmina. A lâmina é lanceolada-linear ou gradualmente afunilada com uma proeminente nervura média ou costela, flanqueada por 10 a 12 ou mais nervuras laterais em paralelo. A lâmina mais alta, chamada folha bandeira, é geralmente a menor folha, diferente da folha de plântula, que é a primeira folha a ser mostrada e também a menor. As folhas da folhagem constituem o sistema dérmico, tecido interno e sistema vascular e contêm mesófilo fotossintético verde coberto pela epiderme em ambas as superfícies. Os estômatos, que fornecem caminhos para o consumo de oxigênio e gás carbônico, além da remoção do vapor da água, estão localizados na parte inferior das folhas. O número de estômatos varia de acordo com o ambiente e o genótipo. Entre cinco e onze folhas únicas, surgem como uma crista semicircular nos pontos alternados

em lados opostos do caule. As folhas serão diferentes em tamanho, forma e posição na haste, em diferentes cevadas.

O tamanho das folhas também é influenciado pelas condições ambientais no crescimento, especialmente a duração do dia. As aurículas, apêndices semelhantes a garras que seguram o caule, localizam-se na junção superior da bainha da folha e da lâmina. A lígula é um apêndice localizado também na junção do feixe de folhas e a lâmina que se estende para cima ao longo do caule, varia em tamanho com o tipo de cevada. Além de fornecer a fixação das folhas, o feixe de folhas também fornece resistência e suporte ao caule. O ângulo de fixação da folha ao caule varia de ereto a caído, dependendo do cultivar.

Por causa da clorofila, a folha da cevada normal é completamente verde, mas o conteúdo de clorofila varia, e em casos extremos, é tão baixo que a planta é considerada albina. O teor de clorofila é altamente correlacionado com a sobrevivência das plantas. A cor verde da cevada normal é intensificada por fertilizantes, especialmente fertilizantes nitrogenados. Na maioria das cevadas, as superfícies da folha e da bainha são cobertas por uma substância semelhante a giz que cria uma aparência cerosa. Em cevada com menos ou nenhuma dessa substância, a planta tem uma aparência brilhante.

Etapa principal	Descrição	Etapa principal	Descrição
0	Germinação	5	Formação de espiga
1	Formação de folhas no caule principal	6	Antese
2	Formação de perfilhos	7	Estado leitoso do grão
3	Formação de nós no caule principal	8	Estado pastoso do grão
4	Espessamento da bainha	9	Maturação



Figuras 6 e 7. Fases de desenvolvimento da cevada seguindo a escala decimal (Adaptado de Zadoks, 1974).

9. Efeitos de fatores ecológicos

9.1 Fotoperíodo

Cereais de grãos pequenos são, em geral, plantas de dias longos, florescem quando o número de horas luz do dia é superior a um fotoperíodo crítico. No caso da cevada, essa generalização é limitada pelo fato de haver um limiar mais baixo de fotoperíodo, abaixo do qual a floração não ocorre de forma alguma (8-10 horas dependendo do genótipo), e um limiar maior acima do qual um aumento no fotoperíodo não implica uma mudança na taxa de desenvolvimento (13-18 horas dependendo do genótipo). Entre os dois limites, a resposta dos genótipos de cevada ao fotoperíodo crescente permite sua classificação em diferentes grupos, conforme proposto por Boyd et al. (2003):

Genótipos que não respondem, ou que o fazem minimamente, ao aumento do fotoperíodo. Referem-se a estes genótipos como insensíveis ao fotoperíodo, fotoperíodo insensível ou PI, ao contrário daqueles que respondem (fotoperíodo sensível ou PS).

Genótipos cujo grau de sensibilidade ao fotoperíodo varia ao longo do desenvolvimento. Estes genótipos sensíveis ao fotoperíodo são, no entanto, não sensíveis durante o período de tempo imediatamente após a germinação, chamado período pré-indutivo ou vegetativo, período de base, e durante um período adicional antes da antese, chamado pós-indutivo. O intervalo de tempo entre dois períodos de ausência de resposta é chamado de período indutivo ou período de sensibilidade fotoperiódica e se produz uma maior relação linear entre o aumento do fotoperíodo e avanço no espigamento, ocorre com a taxa de crescimento variável, dependendo do genótipo e da temperatura.

A resposta das plantas à duração diferente das fases claras e escuras é devida a presença de pigmentos foto-reversíveis chamados fitocromos. A forma inativa do fitocromo (Pr), com absorção de luz vermelha, é transformada em uma outra forma (PFR), fisiologicamente ativo e mais instável, capaz de absorver a luz infravermelha. Este processo é revertido em condições de escuridão. A indução da floração em cevada é promovida pela absorção de luz infravermelha num processo ativo, assim, o domínio da forma em PFR – Pr, que ocorre em condições de dias longos, promove indução de floração, sendo a outra forma inativa. O mecanismo de indução parece ser devido ao acúmulo de estímulos florais nas folhas, que são translocados para os ápices das hastes, desencadeando o processo reprodutivo.

9.2 Vernalização

Alguns genótipos de cevada requerem um período de exposição a baixas temperaturas para induzir o florescimento. A diversidade genética de respostas é grande, a partir daquelas em que o acúmulo de horas de frio promove floração em maior ou menor grau, para aqueles em que vernalização é um pré-requisito. Existem, por outro lado, genótipos indiferentes em que o requisito de vernalização é nulo.

A temperatura que causa o efeito de vernalização em cevada varia de acordo com os autores, a partir de -5 a 16°C, com um efeito máximo entre 0 e 8°C, ou de 3 a 12°C, com um efeito ótimo a 7°C. Ao contrário do que acontece com o fotoperíodo, aqui não ocorre translocação de estímulos a partir das folhas para os ápices das hastes, mas células em divisão mitótica no meristema apical são capazes de perceber a influência da vernalização. Adaptação altamente relevante de vernalização em cevada e outros membros da família Triticeae, podem ser associados à resistência ao frio (Igartua, 2002).

10. Relações hídricas

O uso de água nos diferentes processos de crescimento e desenvolvimento na cultura de cevada é importante devido poder limitar gravemente na produtividade, de modo que o déficit hídrico pode ser um fenômeno crítico no processo de perfilhamento, espessamento da bainha e preenchimento de grãos (pós-antese), mesmo que não mostre efeito no teor de umidade dos grãos, encurta o período de preenchimento de grãos e reduz o rendimento (Figura 7). Estudos realizados indicam que uma baixa taxa e uma menor duração da granação se apresentam nos cultivares de cevada sob condições severas de estresse hídrico, no entanto podem ser importantes respostas adaptativas ao estresse hídrico (Samarah, 2005).

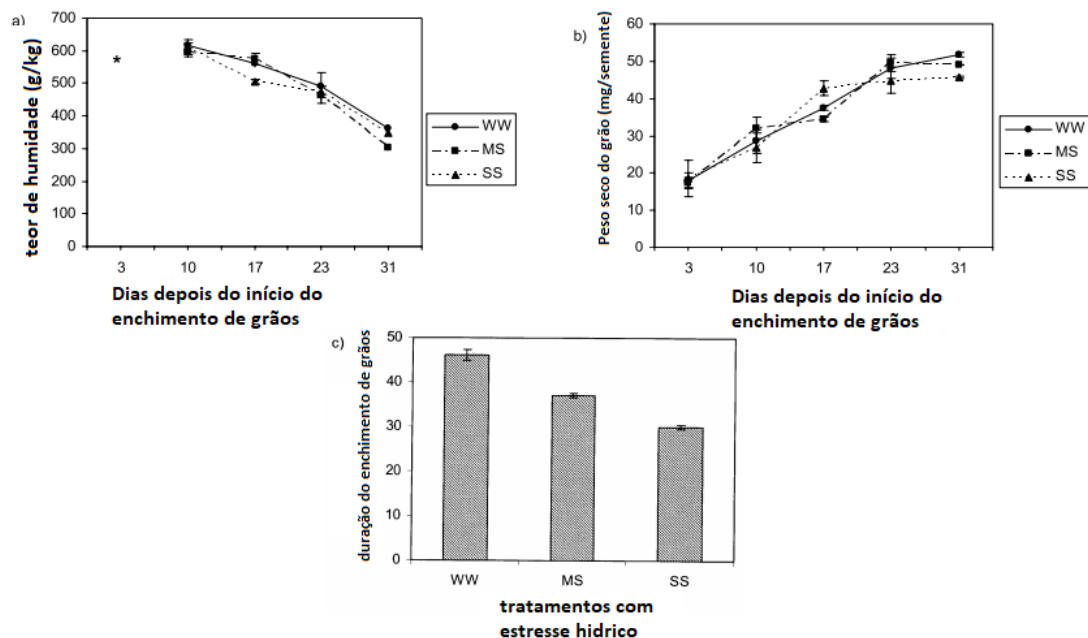


Figura 8. a) Teor de umidade do grão, b) Peso seco dos cereais e c) Duração do preenchimento de grãos das plantas de cevada expostas a três tratamentos de seca desde o início da granação até a maturação dos grãos. WW: tratamento bem hidratado; MS: estresse hídrico leve; SS: estresse severo com a seca. As barras indicam o erro padrão da média (Adaptado de Samarah, 2005).

A eficiência do uso da água (WUE – water use efficiency) é definida como a biomassa produzida por unidade de evapotranspiração, sendo que o valor depende da eficiência da transpiração e da evaporação do solo. Quanto mais lento o desenvolvimento da copa, maior a carga de radiação para o solo, aumentando sua evaporação, resultando uma menor WUE da copa. Assim o rendimento da WUE e a fotossíntese estão inter-relacionados, por outro lado a transpiração está diretamente associada ao acúmulo de matéria seca, uma vez que o vapor de água e o dióxido de carbono passam pelos estômatos. Da mesma maneira, a evaporação do solo afeta indiretamente o acúmulo de matéria seca por meio da perda de água que fica

indisponível para as raízes das plantas e pela modificação da temperatura e umidade na copa. O valor relativo da *WUE* varia, dependendo do parâmetro no qual é baseado, isto é, peso seco acima do solo, peso total da raiz e da parte aérea ou produção de grãos. Pela mesma razão, mostrou-se que a eficiência do uso da água aumenta em cevada sob estresse hídrico, mais do que em trigo, triticale e aveia (Loboda, 1993).

A resposta da cevada ao estresse hídrico está associada a uma maior *WUE* através de um desenvolvimento mais rápido da área foliar e florescimento mais precoce que as outras espécies, sendo que esses fatores parecem minimizar a perda de água na superfície do solo e garante uma rápida conclusão do crescimento. Em experimentos a fotossíntese líquida da cevada diminuiu após dois terços da água disponível no solo ter sido utilizada, e continuou a diminuir em relação ao conteúdo relativo de água no solo, posteriormente. No entanto, enquanto as diferenças genotípicas na resposta à seca da taxa de assimilação de CO_2 , condutância estomática e concentração intercelular de CO_2 ocorreram, nenhuma delas foi correlacionada com o rendimento (Arnau; Monneveux, 1995).

Por último, o estresse da umidade pode influenciar na quantidade e no comportamento da clorofila, sendo que estudos no conteúdo de clorofila a e b (mg / g PM), mostram valores diferentes em dois cultivares de cevada, onde o efeito da seca progressiva foi mais pronunciado em Chl-a, em ambos cultivares do que Chl-b ou clorofila total, e foi mais forte em Chl-a da variedade Jau-87 (Figura 8). A diminuição na clorofila-a pode ser causada pela inibição da biossíntese de precursores de Cl-a sob estresse de umidade. A clorofila total em ambos cultivares diminuiu em relação às plantas controle. Os déficits de umidade também aumentaram os índices de estabilidade de Chl-a e Chl-b e de clorofila total. Isso pode ser atribuído a mais desnaturação da clorofila sob condições de estresse e menor fotossíntese (Anjum, 2003).

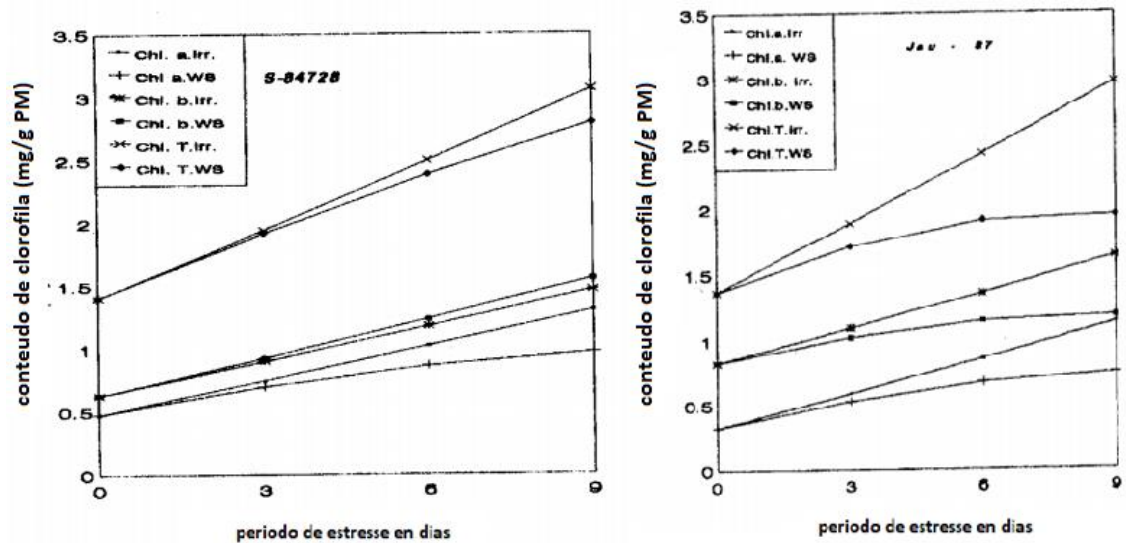


Figura 9. Teor de clorofila (mg/g PM) no cultivar de cevada Jau-87 sob condições de irrigação e estresse hídrico (Adaptado de Anjum, 2003).

11. Solos, nutrição e micorrizas

O estudo do manejo nutricional dos cultivos pode ser abordado com base nas melhores práticas de manejo de nutrientes e fertilizantes (MPM), definidas como a dose e a fonte de nutrientes aplicados na forma e momento correto no cultivo da cevada.

11.1 Nitrogênio

Diferentes estudos evidenciam que a absorção pré-antese é de maior importância para o cultivo de cevada em relação ao trigo, também foi determinado que a quantidade total de N acumulada em cevada sob irrigação, até a floração, foi de 80% do total de N à maturidade fisiológica. Em conclusão, para o cultivo de cevada a absorção pré-antese de N e sua subsequente remoção, desempenha um papel fundamental na época de definir o teor de N em grãos, de modo que se podem alcançar maiores rendimentos de grãos numa dose de 15 kg de N/ha, e para maiores rendimentos de palha de 10- 15 kg de N/ha (Tabela 2). Além disso, a quantidade de N deve ser administrada de forma que possa evitar ou reduzir danos por acamamento.

Tabela 2. Efeito dos níveis de N e P nos rendimentos de grãos e palha de cultivares de cevada durante as safras de 1994 - 95 e 1995-96 (Adaptado de Turk, 1998).

Cultivar	1994-95					1995-96				
	0-0	5-10	10-20	15-30	Mean	0-0	5-10	10-20	15-30	Mean
rendimento de grãos (kg.ha⁻¹)										
Rum	978	1119	1375	1461	1240	795	910	1117	1185	1008
Giza	891	1075	1293	1331	1140	742	894	1080	1105	949
Fun	748	941	1105	1170	988	620	783	921	978	824
Harmel	735	935	1074	1141	969	623	791	915	969	782
Arta	731	882	1121	1110	966	585	706	815	884	757
Mean	817	990	1194	1243		673	817	970	1024	
rendimento de palha (kg.ha⁻¹)										
Rum	1623	1815	2284	2361	2015	1282	1410	1720	1774	1547
Giza	1437	1702	2139	2197	1870	1091	1274	1575	1616	1389
Fun	1316	1615	1960	1988	1717	984	1205	1463	1482	1282
Harmel	1413	1716	1976	2011	1788	1002	1217	1405	1422	1268
Arta	1385	1668	1849	1944	1712	973	1160	1365	1376	1223
Mean	1435	1703	2042	2139		1066	1253	1506	1534	

11.2 Fósforo

As deficiências de P reduzem o número de grãos e biomassa na espiga durante o período crítico da cultura, além disso, mostra uma maior taxa de acumulação, apesar de existir algumas diferenças entre espécies, que podem ser devidas à capacidade de alguns genótipos de cevada para produzir ácidos orgânicos em suas raízes, aumentando a disponibilidade inicial de P a partir de frações menos lábeis, que ficam disponíveis para o cultivo (Tabela 2). O acúmulo de P afeta o número de perfilhos e posteriormente, o número de espigas, fatores intimamente associados ao número de grãos e rendimento. Em conclusão, a adoção do nível de N- P recomendado é 15-30 kg ha⁻¹, de modo que proporcionará maiores rendimentos, no caso dos grãos, além de que levará a uma maior e mais estável produção de forragem e pastagem (Turk, 1998).

11.3 Enxofre

A dinâmica de acúmulo de enxofre (S) em cevada deve ser discutida em relação ao N, por causa da estreita associação entre as vias de absorção e acumulação de ambos. Para a cevada, mostram-se diminuições na relação N/S nas folhas ao longo do ciclo da cultura, em situações de alta e baixa disponibilidade de S (Figura 12), sugerindo um acúmulo tardio de S em relação ao N, essa acumulação mais tardia poderia estar relacionada ao fato de que o S é um nutriente móvel na planta (Grzebisz, 2007).

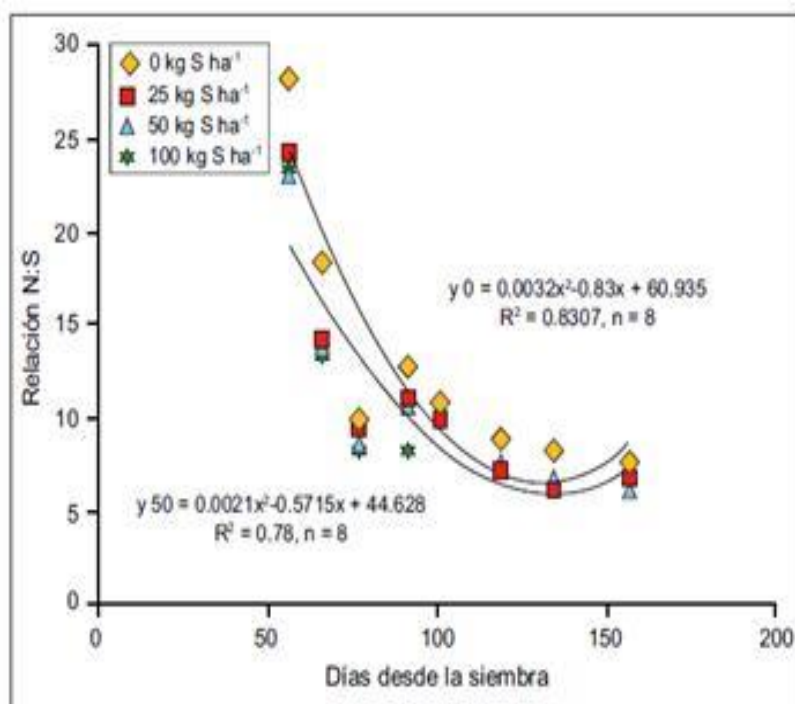


Figura 10. Desenvolvimento da relação N/S em folha de cevada (Adaptado de Grzebisz, 2007).

11.4 Micronutrientes

Ao avaliar a resposta das culturas aos micronutrientes, o efeito do genótipo é um fator importante a ser considerado. Como exemplo para o boro (B) em cereais, a maioria dos genótipos de trigo e cevada tem uma resposta a esse nutriente em ambientes caracterizados como deficientes. Da mesma forma, as deficiências moderadas de zinco (Zn), ferro (Fe) e manganês (Mn), são de magnitude dependente do genótipo. Isso sugere a necessidade de considerar o genótipo na aplicação do manejo de nutrientes e fertilizantes para micronutrientes, com possíveis diferenças no comportamento da cevada em relação ao trigo. Houve diferenças documentadas entre as espécies em relação à sensibilidade ao Zn, de acordo com a seguinte ordem de sensibilidade mais alta à menor: trigo duro > aveia > trigo farinheiro > cevada > triticale > centeio. A menor sensibilidade da cevada ao Zn seria relacionada à capacidade de produzir fitosideróforos ao nível da rizosfera, substâncias relacionadas à solubilização e mobilidade de Zn (Fageria et al., 2001).

Por outro lado, manganês (Mn) e cobre (Cu) são micronutrientes que também limitam a produção de cevada. Na Argentina, os aumentos no teor de proteína nos grãos foram relatados como resultado da fertilização com Cu, embora variasse de acordo com a região experimental. Para Mn, existe tolerância diferente dos genótipos de cevada para crescer em ambientes deficientes deste micronutriente. Por outro lado, a menor dose relativa de

micronutrientes comparada aos macronutrientes, limita as possibilidades de aplicá-los sozinhos, de modo que sejam frequentemente usados em conjunto com macronutrientes ou em combinação com pesticidas, razão pela qual é necessária mais informação sobre as possíveis interações. Por exemplo, a eficácia de um micronutriente, como Zn, varia significativamente dependendo da fonte utilizada (óxido ou sulfato) e o macronutriente com o qual a aplicação (P ou K) pode ser combinada (McLaughlin et al., 2010).

11.5 Micorrizas

O papel das micorrizas na agricultura tem sido objeto de várias revisões. Como outros membros da família Graminae, a cevada forma associações simbióticas com fungos micorrízicos arbusculares. Como acontece com outras plantas micorrízicas, a maior parte do benefício derivado da simbiose micorrízica é a extensão efetiva do sistema radicular uma vez que se estendem vários centímetros, além da superfície da raiz, facilitam a absorção de nutrientes relativamente imóveis, principalmente fósforo. Correlações positivas observadas entre produção de cevada, abundância de fungos e absorção de nutrientes, sugerem que a simbiose micorrízica é um componente da estratégia de aquisição de nutrientes em cevada (Black; Tinker, 1979), de acordo com a Figura 10.

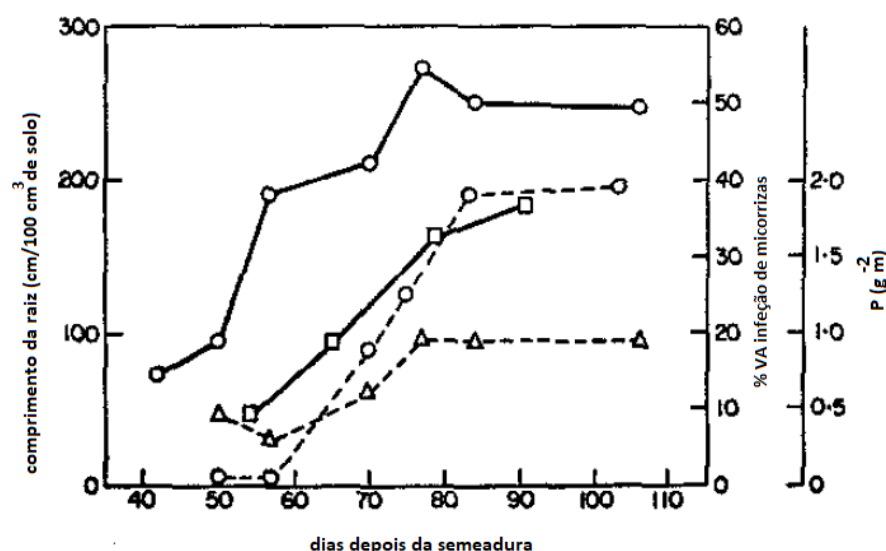


Figura 11. Crescimento e desenvolvimento em presença da infecção de micorrizo vesicular arbuscular (VA) em cevada. Comprimento da raiz, ano 1967-○-; gm^2 P, -□-: % de infecção, --○--, 1975; --Δ--, 1976. Para um comprimento total de raiz = 83 cm. Semeadura o 28 de abril 1975, 31 de março 1976. Antese foi em julho de 1975, 23 junho de 1976 (Adaptado de Black e Tinker, 1979).

O atraso no desenvolvimento micorrízico pode levar a uma nutrição mais pobre e a um crescimento reduzido durante o desenvolvimento inicial da cultura. A resposta à inoculação micorrízica varia entre as espécies vegetais, e inversamente à eficiência das diferentes linhagens micorrízicas. A cevada tem menor resposta à inoculação micorrízica comparada com culturas como alho poró, milho ou a maioria das leguminosas; entretanto, os aumentos de produtividade geralmente resultam da inoculação. Das 11 espécies fúngicas micorrizadas testadas *Glomus epigaeus* e *G. macrocarpum* foram mais eficientes em cevada, aumentando o rendimento em 21 a 24% respectivamente (Jensen, 1984). Por outra parte, *G. constrictum* e *G. fasciculatum* aumentaram o rendimento de grãos em 63 e 53% respectivamente, enquanto *G. margarita* não teve efeito. Verificou-se que os níveis de colonização da raiz micorrízica variam amplamente na cevada. A seleção de cultivares de cevada sob alta fertilidade de P, como é geralmente o caso, pode selecionar resistência micorrízica ao invés de susceptibilidade, já que o desenvolvimento micorrízico se manifesta sob condições de alta fertilidade.

12. Fotossíntese e translocação

A cevada é uma planta C3, especialmente importante entre as culturas de cereais, porque tem um potencial altamente adaptativo, além disso, são caracterizadas por um crescimento intensivo e uma formação rápida da área foliar. Consequentemente apresenta um Índice de Área Folar (IAF) com valores altos, mostrando uma relação positiva na produtividade da cevada, dependendo das condições de crescimento, o valor varia de 1,5 a 3, e o valor da massa foliar específica (SLM) atinge 70 g/m² (Golovko et al., 2004).

A folha bandeira é responsável pela formação de fotossintatos na cevada, o desenvolvimento da lâmina da folha bandeira indica o momento máximo do IAF, processo que coincide com o estado de bota ou de bainha engrossada (espiga no interior da bainha da folha bandeira). De modo que os valores nesta folha são importantes no processo de fotossíntese, sendo que apresenta uma taxa fotossintética de aproximadamente 450 mkmol/m⁻¹s, a taxa de absorção de CO₂ varia entre 20 -25 mkmol/m⁻¹s em presença de saturação de luz, de tal forma que a folha bandeira continua a assimilação ativa até o final do período vegetativo sendo importante para evitar o chochamento dos grãos. Sendo que no período de maturação do grão, a fotossíntese das folhas é relevante assim como a reutilização do carbono armazenado nos caules.

A acumulação de pigmentos fotossintéticos reflete o estado do aparato fotossintético. O maior conteúdo de clorofila (3 mg / g FW) e carotenoides (0,7-1,2 mg / g) foi encontrado

em folhas de cevada na fase vegetativa, onde a maior parte da clorofila (62 - 67%) se localizou nas lâminas foliares, do mesmo modo na fase de maturação de grãos, o conteúdo de clorofila foi: 18 - 30% nos caules, 42 - 44% nas bainhas foliares e na espiga 28 -30% (Tabalenkova, 2014).

O índice de área foliar (IAF) pode ser determinado diretamente, medindo-se a área total das folhas dentro uma área de campo específica, ou indiretamente, como por medidas de refletância, o IAF, que no caso da cevada geralmente está no seu máximo na antese (Ramos et al., 1995). A densidade de plantio influencia o IAF da cevada com maiores densidades, causando acúmulo mais rápido e, às vezes, valores finais mais altos. Por outro lado, uma diminuição de IAF foi encontrada com baixa fertilidade de K, solo compactado e aplicação de clorosulfonados. Consequentemente, plantas de cevada submetidas à seca a partir de duas semanas antes da antese e mais tarde, apresentaram um rendimento reduzido da biomassa, que foi associado com a redução na interceptação de radiação, devido à senescência foliar mais rápida (diminuição do IAF).

Por último o rendimento máximo está associado a um IAF ótimo, que não é necessariamente o mais alto; do ponto de vista geral, a fotossíntese até a colheita pode ser manipulada pela data da semeadura, taxa de semeadura, espaçamento entre linhas, direção da linha, nível de nutrientes e aplicação de reguladores vegetais. Determinação das taxas fotossintéticas mostraram que, em geral, linhas mais estreitas resultam em maior interceptação de luz e aumento do rendimento de grãos; enquanto aumentos no N aumentam as taxas fotossintéticas nas penúltimas folhas.

13. Florescimento e frutificação

13.1 Desenvolvimento da espiga

Inicialmente, o ápice gera cristas únicas que crescem nas folhas. Normalmente, quando duas ou três folhas são visíveis, todos os primórdios foliares são formados, e o ápice começa a gerar a espiga (Figura 11). No início, o ápice se alonga então os cumes duplos se desenvolvem. Em cada caso, a crista superior cresce rapidamente e dá origem ao primórdio floral. A crista inferior parece dar origem ao entrenó da coluna. O raquis é a extensão do caule que é o eixo de suporte da espiga. Nesta fase, as espigas de cultivares com duas ramadas e com seis ramadas parecem semelhantes, mas subsequentemente, o desenvolvimento das flores laterais desacelera nas duas variedades. Por processos de crescimento diferencial e dobramento, se formam papilas que se diferenciam em inícios de gluma, seguido pela lema.

A pálea se desenvolve mais tarde, atrás dos outros primórdios próximos ao eixo, que está destinada a se tornar a raquis. Então três papilas aparecem e crescem em estames. O pistilo se desenvolve como uma cúpula entre o estame; os estilos com seus pelos estigmáticos formam-se posteriormente. Com o tempo, a ráquila aparece no lado do eixo da pálea, e os lóculos se formam na base da flor. A pálea e a lema crescem até fechar as partes florais, embora por algum tempo os estames se projetem. As aristas começam a crescer rapidamente após a formação das anteras, mas antes do pistilo. As espiguetas mais antigas e diferenciadas estão na base da espiga. Eventualmente, a espiga termina com a formação de uma ou mais flores estéreis. Na base, uma crista, o colarinho jovem em desenvolvimento representa o primeiro nó (Takahashi, 1970).

Os estames se diferenciam em uma antera de quatro lobos (cabeça) e em um filamento mais delicado (caule). As câmaras dos lobos das anteras são separadas a princípio. As células esporogênicas se dividem, formando as células mãe do pólen (micrósporos). Estes se dividem ainda mais, pela meiose, dando origem a tétrades de micrósporos. Com o tempo, eles são liberados e amadurecem para formar o pólen. O núcleo do micrósporo se divide para formar um núcleo vegetativo e um núcleo generativo. O núcleo generativo se divide novamente para produzir os dois gametas masculinos, então, na maturidade, cada grão de pólen contém três núcleos, quando o pólen se forma, ocorrem mudanças nas paredes das anteras, à medida que a maturidade se aproxima, o teor de sacarose das anteras aumenta acentuadamente, e dos 17 aminoácidos, a prolina, o glutamato, o aspartato e a glutamina aumentam.

Antes da antese, os estilos são embalados juntos, com as anteras dos estames se ajustando ao redor delas. O óvulo e as sinérgides estão próximos da micrópila. Assim, cada espiguetas consiste de um ovário e seus estigmas, três estames e dois lodículos empacotados entre a pálea (pálea superior, pálea ventral, pálea inferior) e a lema sobreposta. A ráquila está entre o raquis e a pálea. Duas glumas estéreis estão situadas ao lado da lema (Briggs, 1978).

Nas cevadas de seis fileiras, todas as espiguetas são férteis. Nas cevadas de duas fileiras (ramas) apenas a espiga mediana de cada tríade é fértil. O pólen e os óvulos de cada florzinha amadurecem juntos. O curso de floração difere ligeiramente entre variedades de flores abertas e fechadas. Geralmente inicia nas flores em torno do meio da espiga, e se espalha para cima e para baixo, possivelmente levando 1, 2 ou até 4 dias para ser concluído. A linha mediana de flores amadurece primeiro.

Na emasculação a abertura da planta estende-se por um período mais longo. A maior parte do pólen é derramado dentro da espiguetas e, à medida que é derramado, as anteras perdem sua cor amarela brilhante e depois colapsam. Assim, a autofecundação é comum na

cevada, mas não é inevitável. O saco embrionário maduro contém um óvulo e duas sinérgidas no final do micróptero. Dois núcleos polares ocorrem próximos às sinérgides, além de uma massa de células antipodais (Briggs, 1978).

13.2 Formação do grão

O processo de desenvolvimento dos grãos começa com dupla fertilização. Os grãos de cereais consistem em endosperma e o embrião rodeado pelo revestimento da semente. O endosperma, o maior órgão do grão de cereal, é cercado por uma única camada de células, a camada de aleurona, nos cereais, o desenvolvimento dos grãos segue um padrão trifásico em termos de pesos frescos e secos e conteúdo de água nos grãos (1) expansão dos grãos; (2) preenchimento de grãos e (3) maturação de grãos. A expansão dos grãos envolve a divisão rápida e precoce do zigoto e do núcleo triploide. A divisão celular é seguida pelo consumo de água, que impulsiona a extensão celular. A divisão celular e a expansão ocorrem com a absorção de água e, quando essa expansão é interrompida, as células são destinadas à maturidade. A divisão celular do endosperma para após 2 a 3 semanas da antese, com o aumento líquido de água por grão representando o tamanho máximo de grão. A duração do preenchimento de grãos é controlada pelo conteúdo de água da parte central. Nos primeiros estádios de desenvolvimento, os grãos acumulam mais água, que é então reservada, pois o volume obtido pelos grãos é mais importante do que a densidade inicial, esta água acumulada é denominada acumulação máxima do conteúdo de água, a duração do preenchimento dos grãos é inversamente proporcional à perda de água e deposição de biomassa (Farooq, 2014).

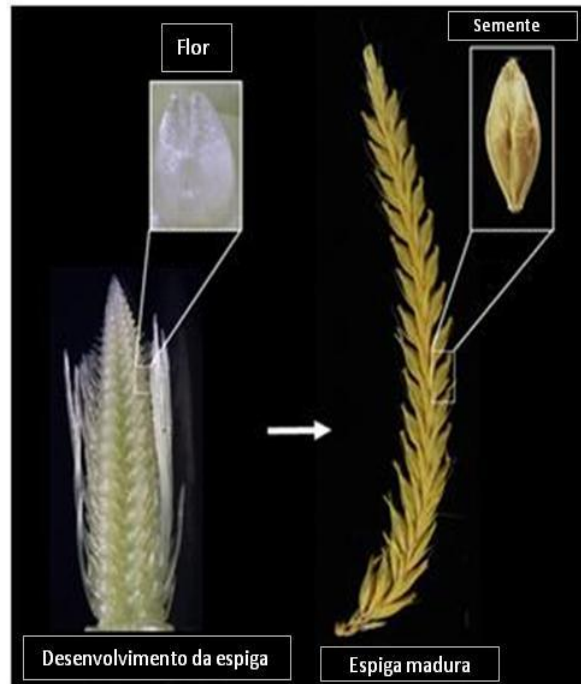


Figura 12. Processo inicial e final na formação da flor de cevada e a maturação do grão (Adaptado de GOL, 2017).

14. Zoneamento agroclimático e adaptações ao meio ambiente

A cevada evoluiu para incluir várias formas morfológicas e comerciais, incluindo de inverno, primavera, duas fileiras, seis fileiras, inanição, encapuzados, cobertos, nós, sem casca e maltados, ração (grãos e forragem) e tipos de alimentos. A cevada é indiscutivelmente a espécie de grãos de cereais mais adaptada, com boa tolerância à seca, ao frio e à salinidade. Geralmente é produzido, em climas temperados (inverno e/ou primavera) e semiáridos (climas de inverno). Não tolera climas quentes muito úmidos.

A produção de grãos ocorre em latitudes e altitudes mais elevadas e mais nos desertos do que em qualquer outra cultura de cereais. Por exemplo, nos países nórdicos da Noruega, Suécia e Finlândia, a cevada de seis filas é cultivada mais ao norte (acima de 65°N lat.) no inverno e na primavera de duas fileiras, o trigo e a aveia. No Altiplano das nações andinas do Peru e da Bolívia, a cevada é cultivada para grãos em altitudes mais elevadas (mais de 4.500 m) do que a aveia, o trigo e o milho. No país norte-africano da Argélia, a cevada é cultivada mais ao sul, em direção ao Saara.

No Brasil, a aclimação foi boa nas regiões do Sul cujos principais estados produtores são Rio Grande do Sul e Paraná, na década de 1990, o estado do Rio Grande do Sul foi o maior produtor (66,8% da produção total do país), no entanto, na década seguinte o Paraná passou a ocupar esta posição (49,8% da produção). No período de 2007-2011, 55,0% da área

de cultivo concentrou-se no Paraná (62,6% da produção), 42,4% no Rio Grande do Sul (34,9% da produção) e 2,6% em Santa Catarina (2,5% da produção) sendo todo o território um grande consumidor e importador de malte e cevada apenas para atender a indústria cervejeira.

Em 2011, a área semeada de cevada foi de 88,4 mil hectares com produção de 305,1 mil toneladas e rendimento estimado de 3.451,3 kg/ha, sendo que 91% foi semeado com cultivares BRS, sigla que identifica materiais provenientes do programa de melhoramento genético liderado pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). Com uma produção nacional de aproximadamente 300 mil toneladas ao ano, o volume atende apenas 43% da necessidade da indústria brasileira que produz 1,3 milhão de toneladas de malte. Para suprir essa demanda ainda são importadas anualmente 400 mil toneladas de cevada, algumas das variedades utilizadas no Brasil e sua relação com as características agrônômicas, reação a doenças e ciclo se encontram na Tabela 3.

Finalmente, a cevada pode prosperar e produzir uma safra aceitável em algumas das margens agrícolas da Terra, ela se dá muito bem sob solos francos bem drenados, em chuvas moderadas (400 - 800 mm) ou sob irrigação, e em regimes de temperatura moderada (15 - 30°C).

Tabela 3. Cultivares de cevada registradas para cultivo nas safras 2017 e 2018, EM: emergência; ES: espigamento; MA: maturação; APL: altura; ACA: acamamento; OID: Oídio; FFO: Ferrugem-da-folha; MRE: Murcha-reticular; MMA: Mancha-marrom; GIB: Giberela. R: Resistente; MR: moderadamente resistente; MS: moderadamente suscetível; S: suscetível; AS: altamente suscetível (Adaptado de EMBRAPA, 2017).

Cultivar	Ciclo (dia)		Característica agrônômica		Reação à doença				
	EM-ES	EM-MA	APL (cm)	ACA	OID	FFO	MRE	MMA	GIB
Anag 01	93	137	81	R	MR	MR	S	S	S
Ana 02	83	130	75	MS	R	R	R	MR	S
Danielle	83	130	78	MR	R	R	R	R	S
BRS Brau	88	132	76	MR	AS	S	MR	S	S
BRS Cauê	90	132	72	MR	AS	S	MR	S	S
BRS Korbel	88	132	80	MR	MR	S	MR	S	S
BRS Quaranta	88	132	80	MR	MR	S	MR	S	S
BRS Sampa	89	131	81	MR	MS	S	MR	S	S

15. Estratégias para altas produções

A determinação dos componentes de rendimento como: número de espigas/m², número de grãos/espiga e peso médio do grão, determina o rendimento da cultura de cevada.

O fator principal determinante do processamento desta cultura é o número de espigas férteis por m², sendo menos importante o número de grãos/espiga, ou o peso dos mesmos.

A máxima situação do cultivo da cevada de conseguir uma adequada disponibilidade de água durante todo o seu ciclo é um fator importante. Numerosos trabalhos de investigação com distintos cultivos como soja, milho, sorgo, girassol, etc., demonstram que a falta de disponibilidade de água reduz sensivelmente o aproveitamento.

No caso da cevada e dos cereais em geral, o estresse hídrico durante dominância apical do caule pode reduzir a densidade potencial de espigas, durante o perfilamento e o espigamento, o número de espigas por planta, e depois a espiga também pode diminuir o tamanho da semente, limitando substancialmente o rendimento. Dada a escassez e a variabilidade das chuvas ao longo do ano, o uso da irrigação torna-se imprescindível para incrementar a produtividade do cultivo, evitando os estresses hídricos nos períodos críticos.

A inoculação com *Globus constrictum* e *G. fasciculatum* aumentam o rendimento de grãos em 63 e 53% respectivamente, somado de um bom programa de fertilização de nitrogênio (100 – 120 kg ha⁻¹), dividido em três estádios: 40% na semeadura, 30% no perfilamento e o 30% restante na antese, e a dose de fósforo (80 kg ha⁻¹) na semeadura. Por último, a aplicação de reguladores vegetais, como citocininas e giberelinas aumentam o preenchimento dos grãos.

16. Efeitos de reguladores vegetais

Os hormônios das plantas podem alterar tanto o alongamento celular quanto a divisão celular. A auxina é um dos vários hormônios vegetais que regulam o desenvolvimento celular, influenciando o controle do ciclo celular. As citocininas (CKs) estimulam divisão celular no endosperma dos grãos de cereais e as giberelinas (GAs) estão envolvidas na diferenciação celular. Assim, as CKs e GAs estão relacionados ao processo de estabelecimento do potencial de dreno na cevada.

Por outra parte, os bioestimulantes vêm sendo estudados em diferentes culturas, obtendo como resultados aumentos de produtividade, também foram estudados os efeitos em cevada entre outros cultivos, os seguintes bioestimulantes: 1) Stimulate® cuja composição consta de GA3 [50mg L⁻¹], IBA [50mg L⁻¹], cinetina (CN) [90mg L⁻¹], com aplicação de 0,5ml L⁻¹, 2) Activity, composto de GA [500 mg L⁻¹], NAA [500 mg L⁻¹] e benziladenina (BA) [900mg L⁻¹] com aplicação de 5 ml L⁻¹, 3) Suntech® - nano dióxido de titânio (nano TiO₂), composto de nano partículas de dióxido de titânio (TiO₂) [0,05] com aplicação de 0,5ml L⁻¹, 4) Actara® composto por tiametoxam, aplicado 0,5 g L⁻¹. O nano TiO₂ apresentou

melhores resultados no índice de teor de clorofila aparente (SPAD) (Figura 12), aumento de altura das plantas, e melhoria no índice de colheita (Figura 13), no caso de outros bioestimulantes como tiametoxam, GA + NAA + BA e GA + IBA + CN não promoveram diferenças estatísticas significativas para o caso da cevada (Paffaro, 2017).

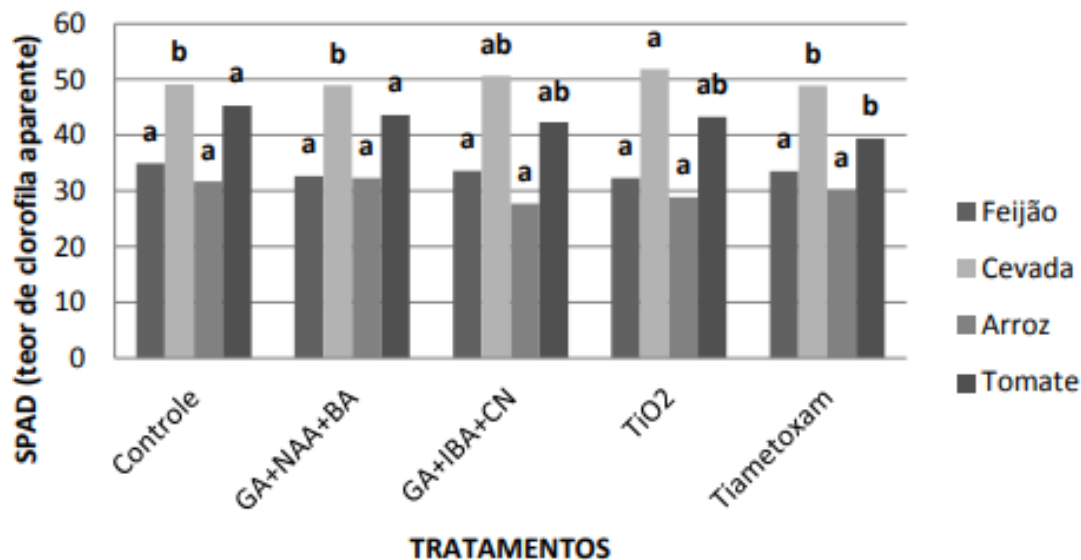


Figura 13. Índice SPAD de feijão, cevada, arroz e tomate aos 52, 67, 90, 56 dias, respectivamente. Os valores das barras são médias ($n=8$ para feijão, cevada e arroz e $n=7$ para tomate), colunas com letras diferentes indicam diferença significativa pelo teste de Duncan ($p<0.05$), (Adaptado de Paffaro, 2017).

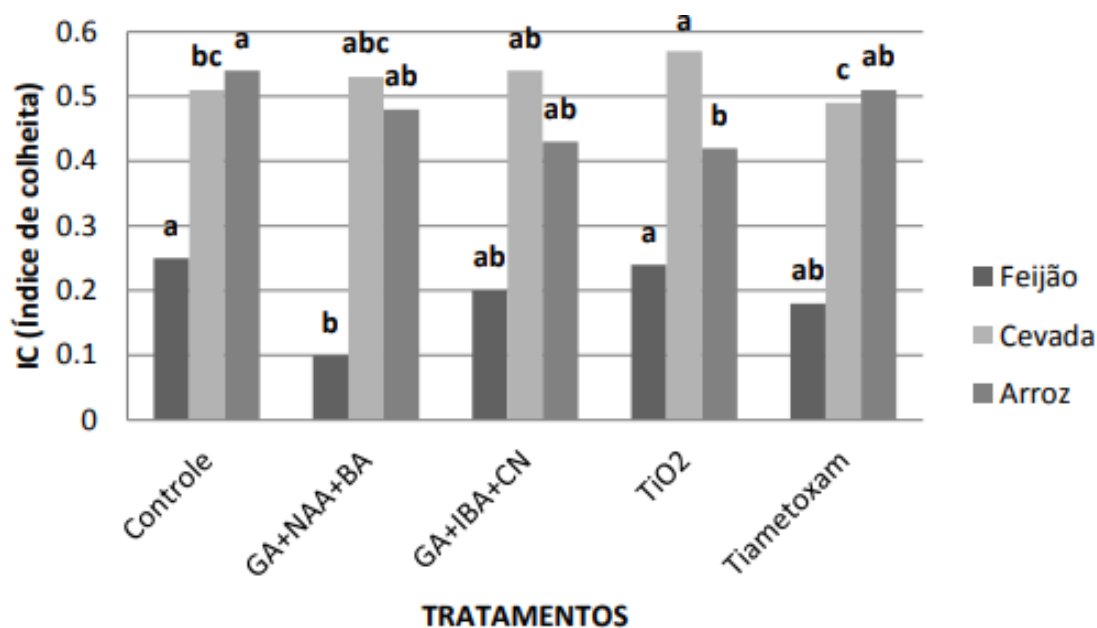


Figura 14. IC (Índice de Colheita) do feijão, cevada e arroz. Os valores das barras são medidos ($n=8$), colunas com letras diferentes indicam diferença significativa pelo teste de Duncan ($p<0.05$), (Adaptado de Paffaro, 2017).

No caso de ethephon, sua aplicação tem pouco efeito sobre a fotossíntese de cevada nos primeiros dias, embora haja uma tendência para aumentar a taxa fotossintética até atrasar a senescência das folhas, e consequentemente aumentar as taxas fotossintéticas e o rendimento de grãos com o passar dos dias. O tratamento com ethephon pode também estender a duração de preenchimento de grãos da cevada. De modo que, para determinar os efeitos do ethephon sobre os componentes de rendimento e produção, se testaram sua aplicação em duas regiões: áridas (precipitação de 150 mm) e semiáridas (346 mm), aplicado nos estádios de perfilhamento, alongamento de colmo e floração. Além disso, se comparou o efeito do ethephon na cevada com e sem irrigação, os resultados indicaram que ethephon reduziu o rendimento de grãos quando foi pulverizado no alongamento dos perfilhos e do colmo, comparado com o estágio de floração tardia, tanto para as localidades áridas quanto semiáridas. Todas as plantas de cevada em locais áridos tinham menores rendimentos de grãos do que as plantas de localização semiárida, apresentando redução nos espigamentos por m^2 nas pulverizações durante o perfilhamento, e alongamento em relação ao controle para ambas as localidades. Nas localidades semiárida e árida, não se observam diferenças em precocidade entre as épocas de pulverização. Todas as plantas de localização árida eram mais precoces que as plantas de localização semiárida. No entanto, quando o ethephon foi usado com irrigação suplementar, verificou-se um aumento na produção, espigas/ m^2 e precocidade, de acordo com Al-Jamali, 2002 (Figura 14).

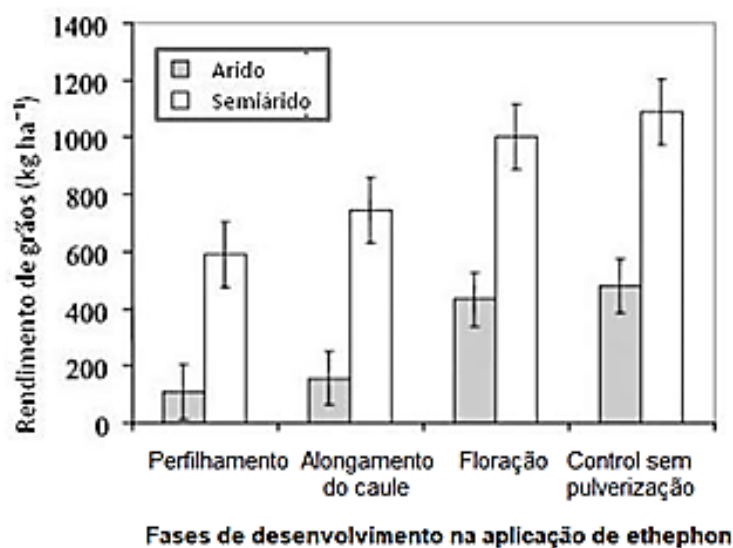


Figura 15. Rendimento de grãos (kg ha^{-1}) afetado pelo estágio de desenvolvimento em que o ethephon foi pulverizado nos locais áridos e semiáridos durante a estação de crescimento 1999/2000 (Adaptado de Al-Jamali, 2002).

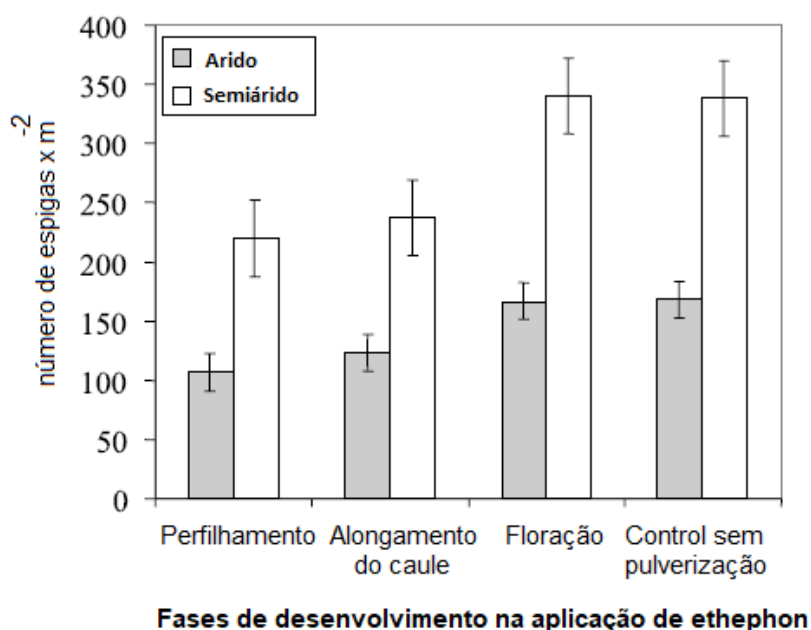


Figura 16. Número de espigas por m² afetado pelo estágio de desenvolvimento em que o ethephon foi pulverizado nos locais áridos e semiáridos durante a estação de crescimento de 1999 a 2000 (Adaptado de Al-Jamali, 2002).

17. Senescência e resíduos

17.1 Índice de colheita

O grão é considerado fisiologicamente maduro quando o acúmulo de matéria seca cessa (em cerca de 40% de umidade), mas a espiga deve se desidratar a 13 a 15% de umidade para atingir a maturação da colheita. Durante a fase de desidratação, o pericarpo é comprimido entre a lema e a pálea, que se aderem a ele no exterior na testa, e no interior, em cultivares descascados.



Figura 17. Comparação de flores em desenvolvimento. Vista das flores aos 6, 13, 20 e 29 dias após a floração (DAF) e na maturação, mostrando o lado da pálea na linha superior, o lado do lema na linha do meio e as vistas laterais na linha inferior. Aos 29 DAF, o lema, a pálea e o embrião foram removidos (linha superior); aos 6 DAF, o lema foi removido para revelar as anteras e o grão jovem em desenvolvimento (ver em ambos os casos do lado do lema). Barras são 5 mm em todos os casos (Adaptado de Gubatz e Weschke, 2014).

Porém, pode-se definir o índice de colheita como a razão entre o peso seco do material de colheita desejável (por exemplo, grãos ou rebentos no caso da silagem) pela matéria seca

total acima do solo produzida pela cultura. Certamente o valor é mais útil como um índice de produtividade para cereais e leguminosas de grãos pequenos, com valores para variedades modernas de culturas de grãos mais intensivamente cultivadas entre 0,4 e 0,6. Os aumentos nos rendimentos da cevada de primavera ao longo do último século foram em grande parte atribuídos ao aumento dos índices de colheita; no entanto, o aumento no índice de colheita para as culturas de cereais parece estar atingindo um patamar limitado. Por outro lado, a maior produção total de matéria seca e maior resistência ao acamamento, foram outros fatores importantes no aumento da produção de cevada. O índice de colheita é altamente hereditário. No entanto, não foi útil como critério de seleção em programas de melhoramento para aumentar o rendimento, ou como um modelo para estimar o teor de grãos de silagem de cevada.

O tratamento com ethephon pode resultar em um índice reduzido de colheita de cevada. Embora o ethephon reduza o acamamento, também resulta em emergência incompleta da espiga e redução na sobrevivência do perfilho e, conseqüentemente, redução do peso dos grãos. O índice de colheita é influenciado pelas interações entre padrões de chuva, adubação nitrogenada e temperatura de preenchimento dos grãos. Fortes chuvas e temperaturas moderadas no preenchimento dos grãos foram associadas com o aumento do índice de colheita e rendimento em resposta à fertilização com N, poucas chuvas e altas temperaturas na granação, foram associadas com a diminuição do índice de colheita em resposta à fertilização nitrogenada. Alta fertilidade do solo, enquanto aumenta o rendimento, diminui o índice de colheita. O índice de colheita e o rendimento mostraram diminuir com o aumento do déficit hídrico e a irrigação salina. O baixo rendimento geralmente ocorre quando o índice de colheita é reduzido. No entanto, as condições de crescimento podem ser tais que o rendimento e a produção total de biomassa sejam aumentados, mas o índice de colheita seja reduzido (Smith, 1999).

17.2 Aplicações dos resíduos

Inicialmente, a cevada foi exclusivamente usada como alimento humano, crú ou assado e em pães e sopas, mas acabou evoluindo basicamente para ração, maltagem, fabricação de cerveja e destilação de grãos. O decréscimo de destaque da cevada como grão alimentício foi em parte devido ao aumento da importância do trigo e do arroz. Nos últimos tempos, 55 - 60% da colheita de cevada tem sido utilizada para alimentação, 30 - 40% para malte, 2 - 3% para alimentos e cerca de 5% para sementes.

Na indústria de cervejaria, a cevada (malte) é usada como matéria prima para produção de cerveja, sendo o Brasil um dos maiores produtores (12 % da produção mundial) depois da China e USA (Figura 2). O resíduo gerado (bagaço) é utilizado como complemento na dieta alimentar de bovinos.

O farelo de cevada, juntamente com sabugos e folhas de milho, são resíduos agrícolas contendo um alto teor de xilana, que passando por processo de hidrólise com soluções diluídas de ácido sulfúrico, podem-se obter soluções de xilose. A xilose passa por um processo de fermentação utilizando leveduras, onde a sua conversão resultará na produção de xilitol. O xilitol é um carboidrato podendo ser utilizado como adoçante.

Referências

- AL-JAMALI, A.F. et al. Effect of ethephon spraying at three developmental stages of barley planted in arid and semiarid Mediterranean locations. **Journal of Agronomy and Crop Science**, v. 188, p. 254-259, 2010.
- ANJUM, F. et al. Water stress in barley (*Hordeum vulgare* L.) II. Effect on chemical composition and chlorophyll contents. **Pakistan Journal of Agricultural Science**, v. 40, n.1/2. p. 45-49, 2003.
- ARNAU, G.; MONNEVEUX, P. Physiology and genetics of terminal water stress tolerance in barley. **J. Genet. Breed.**, v. 49, p. 327-331, 1995.
- BALL, D.M.; HOVELAND, C.S.; LACEFIELD, G.D. **Southern forages**. 4th ed. Lawrenceville: International Plant Nutrition Institute (IPNI), 2007. 322 p.
- BLACK, R.; TINKER, P.B. The development of endomycorrhizal root systems. II. Effects of agronomic factors and soil conditions on the development of vesicular-arbuscular mycorrhizal infection in barley and on the endophyte spore density. **New Phytologist**, v. 83, p. 401-413, 1979.
- BOYD, W.J.R. et al. Conventional and molecular genetic analysis of factors contributing to variation in the timing of heading among spring barley (*Hordeum vulgare* L) genotypes grown over a mild winter growing season. **Australian Journal of Agricultural Research**, Melbourne, v. 54, p. 1277-1301, 2003.
- BRIGGS, D.E. **Barley**. New York: Chapman and Hall, 1978.
- DAL DEGAN, F. The expression of serine carboxypeptidases during maturation and germination of the barley grain. **Plant Biology**, v. 91, p. 88209-8213, 1994.
- EMBRAPA. Indicações técnicas para a produção de cevada cervejeira nas safras 2017 e 2018 In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE CEVADA, 21., 2017, Guarapuava. **Anais...** Passo Fundo: EMBRAPA Trigo, 2017.

FAGERIA, N.K. et al. Micronutrients in crop production. **Advances in Agronomy**, v. 7, p. 185-267, 2001.

FAO. **Statistical yearbook**: Asia and the Pacific food and agriculture. Rome, 2009.

FAROOQ, M. et al. Physiology of grain development in cereals. In: PESSARAKLI, M. (Ed.). **Handbook of plant and crop physiology**. New York: Ed. Board, 2014. p. 301-307.

GOL, L.; TOMÉ, F.; VON KORFF, M. Floral transitions in wheat and barley: interactions between photoperiod, abiotic stresses, and nutrient status. **Journal of Experimental Botany**, v. 68, n. 7, p. 1399-1410, 2017.

GOLOVKO, T.K. et al. **Yachmen' na Severe**: selekcionno–genetitseskie i fisiologo-biokhimicheskie osnovy produktivnosti. Moscow: Ed. Ekaterinburg, UrB RAS, 2004. 156 p.

GRZEBISZ, K. Spring malt barley response to elemental sulphur-the prognostic value of N and S concentrations in malt barley leaves. **Plant Soil Environment**, v. 53, n. 9, p. 388-394, 2007.

GUBATZ, S.; WESCHKE, W. Barley grain: development and structure. In: SHEWRY, P.; ULLRICH, S. (Ed.). **Barley**: chemistry and technology. Minnesota: AACC International, 2014. p. 12-50.

IGARTUA, E. et al. Barley adaptation patterns in Northern Spain, In: INTERNATIONAL TRITICEAE SYMPOSIUM, 4., 2001, Cordoba. **Annals...** 2002. p. 357-362.

JENSEN, A. Influence of four vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi on nutrient uptake and growth in barley (*Hordeum vulgare*). **New Phytologist**, v. 90, p.45-50, 1982.

LOBODA, T. Gas exchange of different spring cereal genotypes under normal and drought conditions. **Photosynthetic**, v. 29, p. 567-572, 1993.

McLAUGHLIN, M.J.; PEACOCK, A.; STACEY, S.P. Fertilizer composition containing micronutrients and methods of making same. **United States Patent and Trademark Office Application**, v. 61, p. 309-894, 2010.

NEWMAN, R.K C.; NEWMAN, W. Barley for food and health. **Science, Technology and Products**, v. 222, p. 2-10, 2008.

PAFFARO, L.F. **Ação de estimulantes vegetais na produtividade de alguns cultivos tropicais**. 2017. Dissertação (Mestrado em Fisiologia e Bioquímica de Plantas) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2017.

RAMOS, J.M.; DE-LA-MORENA, I.; GARCIA-DEL-MORAL, L.F. Barley response to nitrogen rate and timing in a Mediterranean environment. **Journal of Agricultural Science**, v. 125, p. 175-182, 1995.

ROSS, E.K. **Gibberellin**: plant physiology. 1994. Disponível em: <http://plantphys.info/plant_physiology/gibberellin.shtml>. Acesso em: 06 abr. 2018.

SAMARAH, N.H. Effects of drought stress on growth and yield of barley. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 25, p. 145–149, 2005.

SMITH, D.L. et al. Barley: physiology of yield. In: SMITH, D. L.; HAMEL, C. (Ed.). **Crop yield, physiology and processes**. Berlin; Heidelberg: Springer-Verlag, 199. p. 69-107.

TABALENKOVA, G.; GOLOVKO, T.K. Physiology of crop productivity in cold climate. In: PESSARAKLI, M. (Ed.). **Handbook of plant and crop physiology**. New York: Ed. Board, 2014. p. 333-338.

TAKAHASHI, R.; TOMIHISA, Y. **Barley genetics II**. In: NILAN, R.A. (Ed.). Washington: Washington State University Press, 1970. p. 51-62.

TURK, M.A. Effect of nitrogen and phosphorus levels on barley cultivars grown in semiarid conditions. **Journal of Agronomy & Crop Science**, v. 181, p. 257-262, 1998.

ZADOKS, J.C.; CHANG, T.T.; KONZAK, C.F. A decimal code for the growth stages of cereals. **Weed Research**, v. 14, p. 415-421, 1974.

ALFARROBA



ALFARROBA (*Ceratonia siliqua*)

Gabriela de Sousa Carvalho

1. Origem e distribuição geográfica

A alfarrobeira (*Ceratonia siliqua* L.) é uma planta originária da região do Mediterrâneo, onde está presente há muito tempo. Por apresentar adaptação a climas secos e a solos com baixa quantidade de nutrientes, se adaptou às condições de cultivo em vários países, sendo produzida mundialmente cerca de 400.000 toneladas por ano (Guerra, 2013).

Os países que mais produzem alfarroba são Espanha, Itália, Portugal, Marrocos, Grécia, Chipre e Turquia (Guerra, 2013). Os dados de produção em 14 países estão na Tabela 1 (Centro Nacional de Competências dos Frutos Secos - CNCFS, 2017b).

Tabela 1. Principais países produtores e produção (toneladas) de 2010 a 2014 de alfarrobeiras e as respectivas médias por país e por ano (Adaptado de CNCFS, 2017b).

	2010	2011	2012	2013	2014	Média
Espanha	56.286	38.380	45.414	38.882	35.731	42.938,60
Itália	25.337	44.749	30.841	9.445	31.486	28.371,60
Portugal	21.597	23.000	21.966	21.841	21.736	22.028,00
Marrocos	20.000	20.500	21.519	22.024	21.941	21.196,80
Turquia	14.172	13.972	14.218	14.261	13.985	14.121,60
Grécia	14.156	13.952	13.747	13.542	13.337	13.746,80
Chipre	10.560	12.725	9.123	6.178	11.034	9.924,00
Argélia	2.829	2.865	3.136	3.053	3.655	3.107,60
Líbano	2.112	2.133	2.190	2.203	2.158	2.159,20
Tunísia	860	860	855	870	869	862,80
Croácia	400	452	500	500	460	462,40
Israel	193	202	204	211	206	203,20
Ucrânia	90	100	150	160	200	140,00
México	76	76	35	0	0	37,40
Total	168.668	173.966	163.898	133.170	156.798	159.300

Em Portugal, existem várias regiões onde essa espécie é cultivada. Dentre elas a zona do Algarve se destaca com 13.445 hectares de área plantada que equivale a 97% da produção do país (Figura 1). Grande parte da colheita feita em Portugal é levada para países de primeiro mundo como Alemanha, Dinamarca, Estados Unidos, Japão e Holanda (Guerra, 2013).

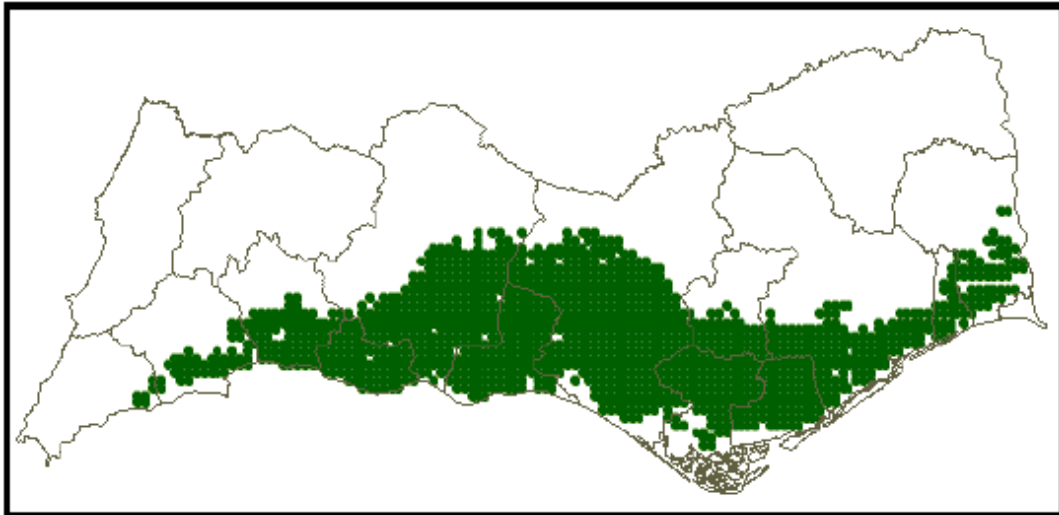


Figura 1. Área plantada na região do Algarve (Adaptado de CNCFS, 2017b).

2. Classificação botânica

A alfarroba é uma leguminosa da ordem Rosales. O gênero ao qual essa planta pertence contém duas espécies *C. oreothauma* e *C. siliqua*, sendo essa última correspondente à cultura deste trabalho. Seu nome (*Ceratonia siliqua*) refere-se à morfologia e a resistência da vagem que ela produz (Alvarez, 2013). A classificação descrita por Engler e Cronquist consta na Tabela 2.

Tabela 2. Classificação botânica segundo Engler e Cronquist.

	Engler	Cronquist
Divisão	Angiospermae	Magnoliophyta
Classe	Dicotyledonae	Magnoliopsida
Subclasse	Archichlamydeae	Rosidae
Ordem	Rosales	Fabales
Família	Leguminosae	Fabaceae
Sub-família	Caesalpinoideae	---
Gênero	<i>Ceratonia</i>	<i>Ceratonia</i>
Espécie	<i>Ceratonia siliqua</i>	<i>Ceratonia siliqua</i>

Existem duas coleções da Direção Nacional de Agricultura e Pescas do Algarve (DRAPALG) em Tavira. Uma delas é composta por 11 variedades distintas: Mulata, Costela Canela, Galhosa, Brava Lagoa, Lagoinha, Canela, Spargale, Gasparinha, Aida, Galhó e Preta de Lagos todas são proveniente de enxertias e algumas delas ainda estão sendo estudadas até hoje. As variedades Mulata, Galhosa, Canela e Aida são as mais usadas para o cultivo, graças às suas características morfológicas serem de boa qualidade (CNCFS, 2017a). Alguns aspectos desses cultivares estão descritos na Tabela 3.

Tabela 3. Características de alguns cultivares de alfarroba (Adaptado de CNCFS, 2017a).

Variedades	Descrição
Mulata	• Importante comercialmente; • Larga expansão geográfica; • Boa produtora de sementes e de frutos (cerca de 11 sementes por vagem).
Galhosa	• Boa produtividade; • Particularmente resistente à seca e ao frio, muito rústica.
Aida	• Precoce; • Boa produtividade;
	• Importância comercial com sementes de boa qualidade.
Canela	• Polpa mais açucarada; • Vagem de cor mais clara; • As vagens permanecem na árvore durante mais tempo, tornando o varejo mais difícil.

Ceratonia siliqua é uma árvore de grande porte que se desenvolve lentamente, podendo medir entre 10 a 15 metros de altura e permanecer viável por até centenas de anos (Figura 2). Apresenta copa bem desenvolvida, com ramos resistentes, caule rugoso e espesso (Alvarez, 2013; CNCFS, 2017a). Essa planta possui vastas raízes alongadas que se expandem pela superfície do solo e podem atingir grandes profundidades (Silva, 2019).

3. Folhas, flores e frutos

Esta cultura apresenta folhas de forma ovada ou elítica e recompostas, ou seja, subdividem-se em folíolos, sendo eles do tipo bipenados. Além de serem perenes, rígidas, consistentes e quebradiças, podem atingir até 20 centímetros de comprimento (Alvarez, 2013).

As flores dessa espécie se dispõem de estrutura reprodutiva feminina, na qual o ovário contém dois carpelos e muitos óvulos, e masculina, que apresenta cinco estames separadamente, mas podem-se encontrar os dois órgãos num mesmo indivíduo. Elas possuem aproximadamente 12 mm de comprimento e encontram-se distribuídas em inflorescências (Alvarez, 2013).



Figura 2. Caule de alfarrobeira com 600 anos de idade (Adaptado de Silva, 2019).

O aparecimento das inflorescências ocorre em plantas entre três e cinco anos de idade, nos meses de julho a dezembro. Em virtude de serem espécies dioicas, essa cultura requer a ação de agentes polinizadores, tais como os insetos e o vento, por isso é fundamental a presença de plantas masculinas nos pomares. Normalmente, a fecundação acontece no período de setembro a outubro. A alfarrobeira floresce na primavera, podendo se estender por até cinco meses (Raposo et al., 2019).

O fruto é uma vagem comestível de cor amarronzada com comprimento entre 10 a 17cm e 2 a 3cm de largura e dentro dele existe em média 13 sementes com forma elíptica (Sabatine, 2011). Os seus dois constituintes básicos são a polpa, que corresponde a 90% do peso dos frutos e os outros 10% correspondem ao peso das sementes. Entretanto, essas características estão diretamente relacionadas com os inúmeros fatores do ambiente e também com o cultivar que está sendo estudado (Guerra, 2013).

Raposo et al. (2019), observaram durante agosto de 2017, e maio de 2018, o desenvolvimento das inflorescências até a formação dos frutos maduros da alfarroba. Os estádios fenológicos que incluem desenvolvimento de flores e vagens estão na Figura 3.

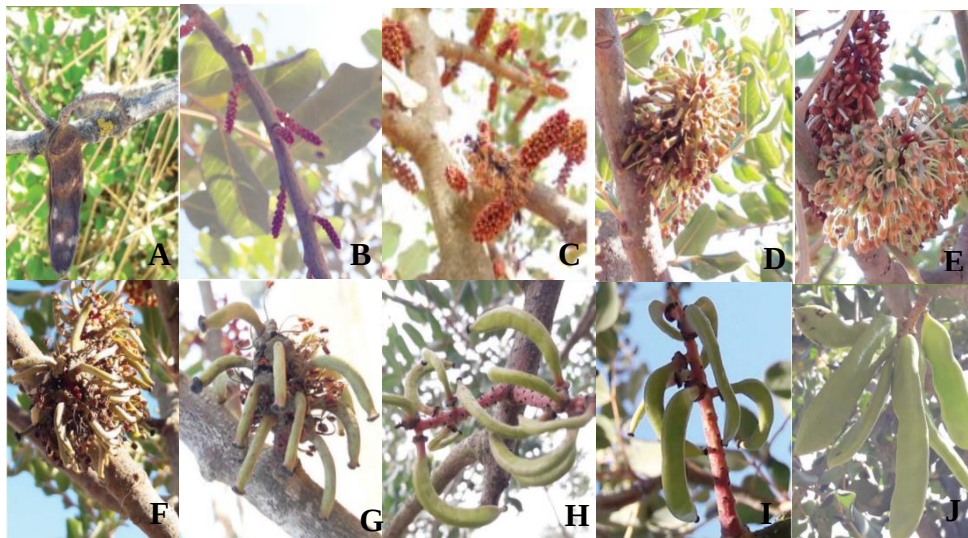


Figura 3. Agosto: maturação das vagens e formação de botões florais respectivamente (A-B); setembro: abertura dos botões florais (C); outubro: desenvolvimento da flor (D); novembro: abrandamento da floração (E); dezembro, janeiro, fevereiro, março e abril: evolução do fruto (F-I); maio: vagem verde com o seu tamanho final (J), (Adaptado de Raposo, 2019).

4. Germinação e propagação

A semente de alfarroba necessita de temperaturas entre 25°C e 27°C para que sua germinação ocorra, sendo imprescindível realizar a quebra da dormência com ácido ou água quente. É fundamental a presença de água na quantidade correta para que germinação se estabeleça, caso contrário, a plântula pode ser atacada por patógenos (Alvarez, 2013).

A seleção de sementes para a semeadura também é importante, pois evita problemas futuros ao produtor. Se as sementes forem armazenadas corretamente, elas podem permanecer ativas durante anos (Alvarez, 2013).

A propagação da alfarrobeira é feita predominantemente por enxertia. Esta técnica é capaz de antecipar a produção do alfarrobal se realizada na época correta, que neste caso, é após o inverno. Efetua-se a enxertia em plantas femininas, que podem ser produzidas tanto em campo quanto em estufas. Quando a planta é enxertada em estufa, o sistema radicular desenvolve-se mais rápido e consequentemente acelera a produção de vagens. No mercado já existem plantas enxertadas, contudo, o custo é mais elevado (CNCFS, 2017a).

Silva (2019) sugere a micropropagação como uma possibilidade, mas ainda é pouco estudada. Segundo ele, é necessário fazer a cultura de tecidos, uso de reguladores vegetais e

condições ambientais ideais, sendo que a seleção correta do meio de cultura é fundamental para que a propagação *in vitro* seja eficiente.

5. Solos e nutrição

A análise do solo antes do estabelecimento da cultura é crucial para o bom desenvolvimento das plantas. A cultura da alfarroba tem capacidade de crescer em uma ampla diversidade de solos, incluindo aqueles com baixa quantidade de nutrientes (CNCFS, 2017a).

Devido à presença de íons de bicarbonato (H_2CO_3) na região do Barrocal Algarvio, em Portugal (terceiro maior produtor de alfarroba no mundo), predominam solos calcários que costumam apresentar potencial hidrogeniônico básico ($\text{pH} > 8$). Com base em experimentos já executados, a decomposição do carbonato de cálcio no solo pode auxiliar na melhoria de possíveis sintomas causados por alguma deficiência nutricional (CNCFS, 2017a).

Quando o solo é composto por argila, a aeração das raízes é baixa, comprometendo a produção. O melhor tipo de solo para essa cultura é o franco-arenoso. Em solos muito pobres, costuma-se fazer a complementação com adubos (CNCFS, 2017a).

Quando se cultiva a alfarrobeira em áreas com baixo nível de nitrogênio e fósforo disponível, recomenda-se a aplicação de até 30t/ha de esterco. Caso a quantidade de fósforo e potássio sejam elevadas, evita-se a inserção de adubo mineral composto por esses macronutrientes (CNCFS, 2017a). Os produtores podem utilizar os dados da Tabela 4 para estabelecer os valores para os macros e micronutrientes que os pomares necessitam.

O nitrogênio é o nutriente mais exigido pela cultura da alfarrobeira, pois foi encontrado em uma quantidade considerável nas suas folhas (Tabela 4). Os solos do Barrocal Algarvio costumam ter boa disponibilidade de N. Se por ventura, o solo apresentar deficiência de algum nutriente, faz-se necessária a aplicação do mesmo para impedir a redução da produção (CNCFS, 2017a).

6. Efeitos de fatores ecológicos

6.1 Temperatura

A alfarrobeira tem capacidade de se desenvolver, mesmo quando a temperatura atinge 40°C, isso só é possível porque ela apresenta modificações fisiológicas, como por exemplo, a queda de folhas (ameniza a perda de água) que a torna apta para sobreviver em climas secos. Essa espécie é pouco adaptada ao frio. Temperaturas abaixo de 10°C reduzem a produção da planta, e um dos fatores é a diminuição da polinização entomófila (CNCFS, 2017a). Contudo, temperaturas acima de 9°C no decorrer de 250 dias são indispensáveis para o amadurecimento

das vagens. Já temperaturas inferiores a -4°C , podem levar à queda de árvores mais velhas (Alvarez, 2013).

Tabela 4. Quantidade de macronutrientes (%) e micronutrientes (ppm) encontrados nas folhas de alfarrobeiras em pomares (Adaptado de CNCFS, 2017a).

	Insuficiente	Adequado
Macronutrientes	Porcentagem (%)	
N	<2.00	2.00-2.50
P	<0.10	0.10-0.15
K	<0.90	0.90-1.30
Ca	<1.5	1.50-2.50
Mg	<0.15	0.15-0.35
Micronutriente	Ppm	
Fe	<40	40-80
Mn	<25	25-40
Zn	<10	10-20
B	<40	40-70
Cu	<6	6-20

6.2 Umidade

Quando está muito alta a cultura pode ser alvo de infecção causada por fungos, especificamente por *Oidium*, interferindo no processo fotossintético (Alvarez, 2013). A quantidade ideal de precipitação para o crescimento reprodutivo da alfarroba é de 500 mm de chuva por ano, mas 350 mm satisfaz a necessidade hídrica para o seu desenvolvimento (CNCFS, 2017a).

Vento – em áreas onde as alfarrobeiras são cultivadas, o vento geralmente é prejudicial. Nas plantas mais velhas, ele pode quebrar seus ramos e causar a queda precoce das vagens, além de causar problemas em indivíduos mais jovens. O vento pode atuar também como disseminador de doenças (Alvarez, 2013).

7. Irrigação da alfarroba

Na grande maioria das áreas cultivadas, o sistema de irrigação é ausente, devido à existência de adaptações fisiológicas, já mencionadas anteriormente. A irrigação é indispensável para a criação e o estabelecimento da cultura, fazendo-se necessária até o terceiro ano após o início da plantação (Figura 4).



Figura 4. Plantação gota-a-gota em Tavira irrigada desde a implantação do cultivo (Adaptado de CNCFS, 2017a).

Depois desse período, o agricultor pode ou não seguir adiante com a irrigação. A abundância de chuva e a sua distribuição são aspectos que devem ser levados em consideração antes de desinstalar esse sistema (CNCFS, 2017a). Na Tabela 5, sugere-se quantidade de dotações de água por planta nos anos iniciais após a instalação do pomar.

Caso a disponibilidade de água esteja em excesso ou escassa, a árvore emitirá diferentes sinais para que o produtor possa corrigir a irrigação. A periodicidade que a rega é efetuada também se torna fundamental para o desenvolvimento adequado do alfarrobal. Em Tavira, por exemplo, a cultura é irrigada uma vez por mês (Raposo et al., 2019).

Tabela 5. Sugestão de quantidade de água de rega por planta (Adaptado de CNCFS, 2017a).

Mês	Dotação (L por árvore)	Por ha (m³)
Abril	40	8.3
Mai	60	12.5
Junho	70	14.6
Julho	80	16.6
Agosto	60	12.5
Setembro	50	10.4
Total no ano	360	74.9

8. Colheita

A colheita dos frutos de alfarroba é feita durante os meses de agosto e setembro. Geralmente, colhem-se os frutos manualmente e em seguida são levados para o local de armazenamento (Figura 5). Com o avanço das tecnologias, a colheita pode a ser feita com o auxílio de um aparelho chamado vibrador e também de um aspirador. A desinfestação do solo é uma prática simples que diminui o índice de doenças pós-colheita, mas não costuma ser aplicada (CNCFS, 2017a).

**Figura 5.** Colheita manual de alfarroba (Adaptado de CNCFS, 2017a).

9. Armazenamento e conservação

Após a colheita, os produtores devem armazenar as alfarrobas em locais apropriados, sem umidade, com limpeza e ventilação adequadas, com intuito de evitar a proliferação de fungos fitopatogênicos, traças e roedores. A umidade máxima do fruto, aceita pelas fábricas, é de 18%, caso contrário, os produtores podem ser penalizados. Contudo, se as condições de armazenamento estiverem adequadas, a durabilidade dos frutos de alfarroba será maior. A produção desta planta pode seguir três destinos diferentes e a partir deles, geram-se os subprodutos conforme a Figura 6 (CNCFS, 2020).

10. Utilização da alfarroba

Conforme citado anteriormente, a alfarroba está presente na vida humana desde 4000 anos a.C., diferentes partes do vegetal eram utilizados, os frutos, por exemplo, eram usados na alimentação humana e animal, já a madeira era matéria prima para a criação diversos objetos. Nos dias de hoje, o fruto (Figura 7) é a parte mais explorada. Sua aplicação se expandiu para diferentes áreas, incluindo a produção de alimentos, medicamentos, tecidos e cosméticos (SILVA, 2019). Além disso, ela pode ser empregada na arborização de ruas ou avenidas e colaborar com o reflorestamento de áreas desmatadas (Alvarez, 2013).

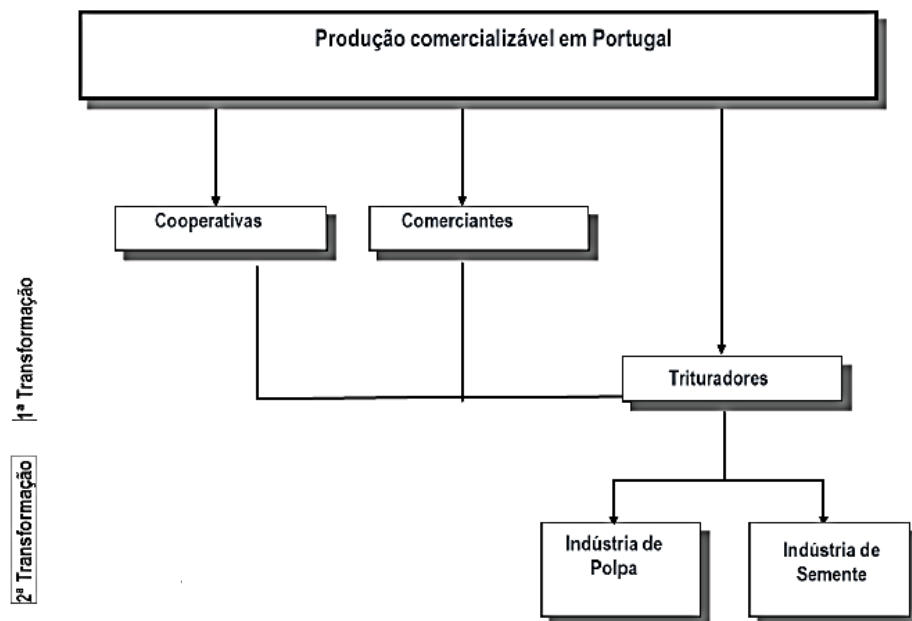


Figura 6. Esquema de transformação de alfarroba em Portugal (Adaptado de CNCFS, 2020).

10.1 Sementes

A semente é a parte do fruto mais aproveitada na indústria. Ela constitui-se por um revestimento, um endosperma e um embrião totalizando três camadas. Do endosperma, retira-se uma goma que é formada por polissacarídeos, denominada de galactomananas. Essa goma dá origem ao aditivo E-410 que apresenta função estabilizadora, excipiente e pode elevar o grau de viscosidade de um líquido. Para a produção de molhos, sorvetes, cremes, medicamentos, produtos de higiene, entre outros, costuma-se usar esse aditivo (Alvarez, 2013; Guerra, 2013; Silva, 2019).



Figura 7. Fruto, farinha e semente de alfarroba (Adaptado de Silva, 2019).

10.2 Polpa do fruto

Considera-se polpa, toda a estrutura da vagem depois que a semente é extraída. Na polpa é encontrado cerca de 65-75% de sacarose, 15-25% de glucose e frutose, 3% de proteínas e baixo teor de fibras. Na Tabela 6 estão descritos alguns constituintes da polpa. Logo após passar por vários processos físicos, essa polpa transforma-se na farinha de alfarroba, que é considerada um possível substituto do cacau, devido à ausência de estimulantes, ter grande quantidade de açúcar, além de ser mais barata (Sabatine, 2011). Utiliza-se essa farinha no preparo de bolos, biscoitos, pães, sobremesas, entre outros alimentos (Alvarez, 2013).

Tabela 6. Resumo dos principais constituintes da polpa da alfarroba (Adaptado de CNCFS, 2020).

Polpa	Constituintes
Açúcares (48-56%)	Sacarose e glucose; frutose e maltose
Nutrientes	K, Ca, Mg e Fe
Lipídios	Saturados e insaturados
Aminoácidos	Alanina, glicina, leucina, pralina e valina
Polifenóis	Ácido gálico e taninos

Contudo, podem-se perceber algumas diferenças entre os alimentos feitos com a farinha de alfarroba e os elaborados com chocolate (Alvarez, 2013). Corrêa et al. (2016), realizaram um experimento envolvendo 20 provadores (não treinados) onde foi analisada a aceitação sensorial das pessoas em relação a brigadeiros preparados com cacau (tradicional) e brigadeiros preparados com alfarroba (modificado). Foram levados em consideração os aspectos cor, aroma, sabor e avaliação global. Mesmo os provadores percebendo as diferenças nos aspectos cor, sabor e aroma, eles classificaram o brigadeiro modificado com uma melhor avaliação global do que o brigadeiro tradicional, em 67% dos resultados.

Na constituição do pó de alfarroba encontra-se 46% de açúcar, 7% de proteína, vários minerais e vitaminas diferentes, tornando-o um produto nutricional de qualidade (Alvarez, 2013). Por ser rico em açúcar, existem empresas que estão extraíndo-o da polpa para atuar na produção de bebidas alcólicas por meio da fermentação, como meio de cultura para o crescimento de fungos do gênero *Aspergillus* e *Fusarium* e também como substrato para os vegetais (Alvarez, 2013; Guerra, 2013).

10.3 Saúde humana

A alfarroba é capaz de proporcionar diversos efeitos positivos para a saúde humana, dentre eles, pode-se citar os efeitos anticancerígenos, anti-diabetes, antidiarreicos, antioxidantes, antivirais, efeitos digestivos, controle do refluxo gástrico em crianças e perda de peso. A polpa e folha da alfarrobeira possuem propriedades antioxidantes e anticarcinogênicas, além dessas duas atividades, comprovou-se em um estudo *in vitro*, que a folha possui também capacidade antibacteriana (CNCFS, 2020).

Custódio et al. (2011), analisaram extratos de polpas de alfarroba, sendo seis cultivares fêmeas e duas hermafroditas. Esses extratos apresentaram forte efeito antioxidante e alto teor de compostos fenólicos capazes de reduzir a atividade de células tumorais humanas. Dos cultivares analisados, os hermafroditas apresentaram maior quantidade de compostos fenólicos e maior efeito antioxidante e citotóxico, e com relação aos cultivares femininos, o cultivar Aida teve maior atividade sequestrante de radicais livres e mais compostos fenólicos. Com isso, eles puderam concluir que as propriedades químicas e biológicas dos extratos podem variar de acordo com os cultivares que foram estudados.

10.4 Recuperação de áreas degradadas

A ação humana tem gerado problemas devastadores para o meio ambiente e para o homem, culminando em deterioração do solo, desmatamentos, deslizamentos, queimadas, dentre outros. O emprego de leguminosas é considerado uma alternativa viável para reestruturar o solo, podendo protegê-lo contra a erosão e ajudar na incorporação de matéria orgânica. A alfarrobeira, por ser uma planta arbórea, é uma boa opção para ser utilizada nos casos de reflorestamento, pois tem um custo-benefício aceitável, emite raízes que atingem grandes profundidades e auxilia na fixação de nitrogênio no solo devolvendo-o à fertilidade (Nogueira et al., 2012).

11. Pragas e doenças da alfarrobeira

Poucos são os relatos encontrados sobre as doenças e pragas que atacam esse vegetal. Na zona do Algarve, já foram citadas pragas decorrentes da mosca e traça da alfarrobeira, que pertencem às espécies *Asphondylia genandii* e *Ectomyelois ceratoniae*, respectivamente. Animais roedores tais como ratos e ratos-touceiras, também provocam prejuízos para essa cultura, resultando na desfolha das árvores em casos severos (Figura 8), mas algumas vezes o motivo da desfolha não é entendido.



Figura 8. Alfarrobas com desfoliação severa (Adaptado de CNCFS, 2017a).

Dois fungos foram descritos como agentes etiológicos de doenças em alfarrobeira: *Oidium ceratoniae* e *Pseudocercospora ceratoniae*. O primeiro é comum em ambientes com alta umidade e infecta as folhas e frutos. O segundo também pode ocasionar a queda das folhas, contudo, a sanidade pode ser restabelecida com o passar dos anos (CNCFS, 2017a). Os sintomas incluem manchas necróticas com formato irregular nas folhas (Figura 9).

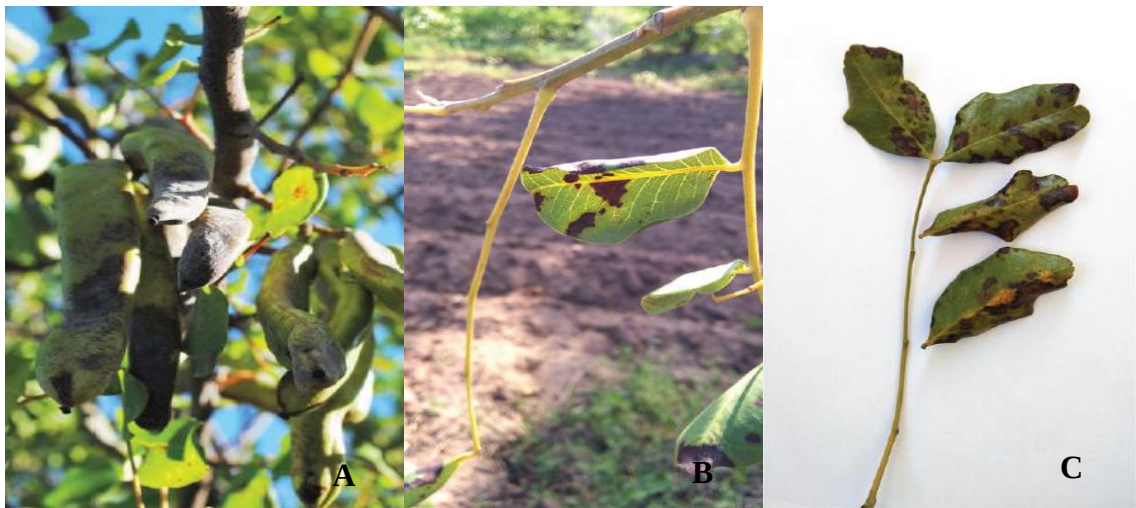


Figura 9. Sintomas necróticos causados por *Oidium ceratoniae* (A) e *Pseudocercospora ceratoniae* (B-C) em folhas de alfarroba (Adaptado de CNCFS, 2017a).

Referências

ALVAREZ, L.P.S. **A alfarroba como fonte de ingredientes bioativos:** fibra alimentar, polifenóis e ciclitois. 2013. 64 f. (Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) - Instituto Superior de Ciências da Saúde Egas Moniz, Almada, 2013.

CENTRO NACIONAL DE COMPETÊNCIAS DOS FRUTOS SECOS. **Manual técnico alfarrobeira:** estado da comercialização. 2017a. Disponível em: <<http://www.wp.cncfs.pt/wp-content/uploads/2017/06/Alfarroba-comercialização.pdf>>. Acesso em: 01 maio 2021.

CENTRO NACIONAL DE COMPETÊNCIAS DOS FRUTOS SECOS. **Manual técnico alfarrobeira:** estado da produção. 2017b. Disponível em: <<http://www.wp.cncfs.pt/wp-content/uploads/2017/06/Alfarroba-produção.pdf>>. Acessado em: 30 abr. 2021.

CENTRO NACIONAL DE COMPETÊNCIAS DOS FRUTOS SECOS. **Manual técnico alfarrobeira:** estado da transformação. 2020. Disponível em: <<http://www.wp.cncfs.pt/wp-content/uploads/2017/06/Alfarroba-transforma%C3%A7%C3%A3o.pdf>>. Acesso em: 25 jun. 2021.

CORRÊA, S. et al. Uso da alfarroba como substituto do cacau na preparação de brigadeiro. In: CONGRESSO DE GASTRONOMIA E CIÊNCIA DOS ALIMENTOS, 2016, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza, 2016. p. 1041-1042.

CUSTÓDIO, L. et al. Antioxidant and cytotoxic activities of carob tree fruit pulps are strongly influenced by gender and cultivar. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 59, n. 13, p. 7005-7012, 2011.

GUERRA, A.G. **Cinética de inibição do etanol e consumo de açúcar, em reator biológico, usando resíduos industriais de citrinos e de alfarroba:** aumento da escala de produção em unidade-piloto. 2013. 136 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Biológica) - Universidade do Algarve, Faro, 2013.

NOGUEIRA, N.O. et al. Utilização de leguminosas para a recuperação de áreas degradadas. **Enciclopédia Biosfera**, v. 8, n. 4, p. 2012-2031, 2012.

RAPOSO, P. et al. **A cultura da alfarrobeira no Alentejo.** Voz do Campo, 2019. Disponível em: <<https://vozdocampo.pt/2020/08/15/a-cultura-da-alfarrobeira-no-alentejo/>>. Acesso em: 10 maio 2021.

SABATINI, D R. et al. Composição centesimal e mineral da alfarroba em pó e sua utilização na elaboração e aceitabilidade em sorvete. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 22, n. 1, p. 129-136, 2011.

SILVA, I.A.O. **Micropropagação de espécies:** *Prunus dulcis* e *Ceratonia siliqua*. 2019. 64 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrônômica) - Faculdade de Ciências, Universidade do Porto, Porto, 2019.

CAMOMILA



CAMOMILA (*Chamomilla recutita*)

Gabriel Ferreira Barcelos

1. Origem e distribuição geográfica

A camomila (*Chamomilla recutita* (L.) Rauschert), é considerada uma das plantas medicinais cultivadas mais antigas em todo o mundo, sendo comumente utilizada na medicina natural e na indústria cosmética. Tem sua origem documentada na Europa e oeste da Ásia e está amplamente distribuída por todo globo terrestre, principalmente em países que possuem clima temperado como a Alemanha, França, Hungria, Rússia e na Europa (Singh et al., 2011).

No Brasil, sua introdução foi realizada há mais de um século por imigrantes europeus na região Sul do país como alternativa para a rotação de culturas típicas de inverno, principalmente no estado do Paraná, onde permanece sendo líder de mercado até os dias atuais. O estado é responsável pela produção de aproximadamente 90% da demanda nacional por plantas medicinais. Em 2013 foram plantados 3.000 hectares de camomila que levaram à

produção de 1.500 toneladas de flores secas em todo o estado (Corrêa Júnior; Scheffer, 2014). Os municípios com maiores produções são Mandirituba e São José dos Pinhais utilizando-se principalmente o cultivar Mandirituba.

Contudo, a planta é cultivada em diversas áreas, especialmente nas regiões Sul e Sudeste brasileiros (Singh et al., 2011). O cultivo da camomila é realizado geralmente por pequenos produtores, que utilizam técnicas de agricultura orgânica e sustentável, onde é utilizada principalmente para a confecção de produtos naturais. Vale ressaltar que a planta tem sido objeto de pesquisas científicas no país, visando compreender melhor suas propriedades e benefícios.

2. Classificação botânica

De acordo com o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (United States Department of Agriculture - USDA) a camomila apresenta a classificação botânica descrita na Tabela 1 (USDA, 2023).

Tabela 1. Classificação botânica da camomila (Adaptado de USDA, 2023).

Categoria	Classificação taxonômica)
Reino	Plantae
Divisão	Magnoliophyta
Classe	Magnoliopsida
Subclasse	Asteridae
Ordem	Asterales
Família	Asteraceae
Gênero	<i>Matricaria</i> L.
Espécie	<i>Matricaria recutita</i> L.

Segundo Lorenzi e Matos (2002), a camomila, possui as seguintes sinonímias botânicas: *Matricaria recutita* L., *Matricaria chamomila* L., *Matricaria chamomila* var. *recutita* (L.). No Brasil, a cultura possui diversas denominações populares incluindo

camomila-romana, camomila-comum, camomila-verdadeira, camomila-vulgar, camomila-dos-alemães, matricária e maçanilha (Amaral, 2005).

A família Asteraceae é considerada a maior família das angiospermas, contemplando aproximadamente 920 gêneros e 19000 espécies. As plantas pertencentes aos gêneros da família Asteraceae, em sua maioria, apresentam pequeno porte e hábitos de crescimento variados, incluindo ervas, subarbustos e trepadeiras. As flores se mostram na forma de uma inflorescência do tipo capítulo, com simetria radial ou zigomorfa, hermafroditas ou dioicas. Os frutos são do tipo aquênio marrom amarelado, seco e indeiscente podendo serem dispersos pelo vento (Amaral, 2005).

3. Morfologia e anatomia

A camomila é uma planta herbácea, aromática, de ciclo anual e monoica, ou seja, apresenta flores unissexuais distribuídas no mesmo indivíduo. Isso significa que tanto as flores femininas quanto as masculinas estão presentes na mesma planta. As flores femininas são responsáveis pela formação dos frutos e das sementes, enquanto as flores masculinas produzem o pólen necessário para a polinização (Amaral, 2005; Lorenzi; Matos, 2002).

Suas raízes são finas e fusiformes, que se estendem no solo para absorção de nutrientes e água para sustentar seu desenvolvimento. As raízes desempenham um papel crucial na absorção de nutrientes e na ancoragem da planta ao solo. O caule da camomila é ereto e altamente ramificado podendo atingir comprimentos que variam de 50 a 80 centímetros, dependendo das condições de crescimento (Amaral, 2005; Lorenzi; Matos, 2002).

Segundo os mesmos autores, as folhas possuem uma disposição alternada, ou seja, uma folha por nó ao longo do caule. Elas são glabras, o que significa que não possuem pelos em sua superfície. As folhas são bi a tripinatissectas com segmentos lineares, lisos na parte superior com coloração verde-claro, nascendo nos nós das ramificações da haste. O comprimento das folhas pode variar de 3 a 7 centímetros. A Figura 1 ilustra uma representação do aspecto geral das estruturas presentes na planta de camomila.



Figura 1. Aspecto geral da planta de camomila e detalhes das partes constituintes (Adaptado de Köhler, 1887).

As inflorescências, estruturas de maior interesse comercial, são do tipo capítulo com dois tipos de flores que são inseridas num receptáculo cônico e oco e agrupadas em corimbos, semelhantes às de margaridas. As flores centrais do receptáculo são de coloração amarela, hermafroditas, actinomorfas e com corola tubulosa, já as flores marginais são de coloração branca, femininas, zigomorfas e possuem corola ligulada, conforme ilustrado na Figura 2. Os frutos são do tipo aquênio, com 3 a 5 costelas, possuem formato cilíndrico e são truncados no ápice (Amaral, 2005; Lorenzi; Matos, 2002), conforme ilustrado na Figura 1.



Figura 2. Capítulos florais de *Matricaria chamomilla* L (Adaptado de Barbosa e Capellari Júnior, 2019).

Os componentes químicos da planta, especialmente o óleo essencial, são encontrados principalmente nos canais secretórios e glândulas multicelulares individuais, localizadas nos capítulos florais da camomila, embora o óleo também possa ser encontrado em quantidades menores nas folhas, caule e raízes da planta (Singh et al., 2011; Amaral, 2005). O óleo essencial da camomila é valorizado no setor alimentício, cosmético e, principalmente, farmacêutico, devido às suas propriedades anti-inflamatórias, bactericidas, antissépticas, calmantes e cicatrizantes.

Conforme observado na Figura 3, os constituintes mais importantes do óleo essencial consistem no α -bisabolol (1) e seus óxidos, tais como α -bisabolol A (2) e α -bisabolol B (3), além do camazuleno (4), os farnesenos α (5) e β (6), o espatulenol (7) e os espiroéteres Z (8) e E (9) segundo Gupta et al. (2010).

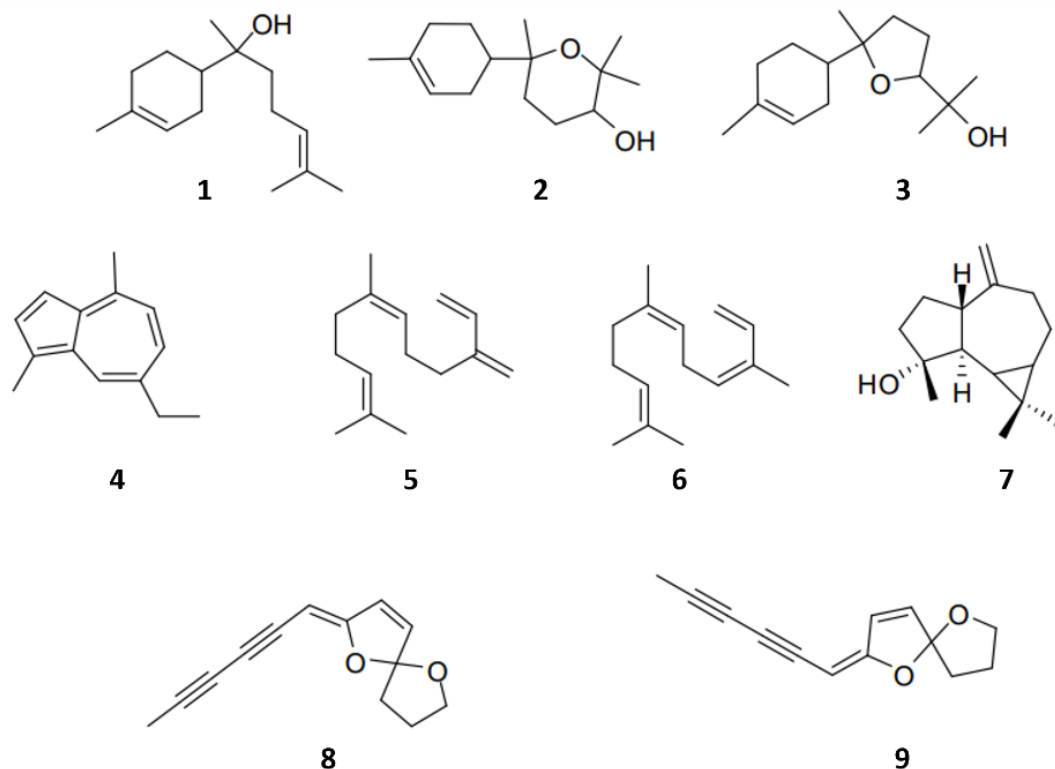


Figura 3. Principais constituintes da camomila. α -bisabolol (1); α -bisabolol A (2); α -bisabolol B (3); Camazuleno (4); Farnesenos α (5) e β (6); Epatuleno (7) e Espiroéteres Z (8) e E (9) (Adaptado de Oliveira, 2012).

4. Germinação e propagação vegetativa

A camomila pode ser propagada por dois métodos, plantio direto a partir da semente ou por transplante das mudas. Diversos fatores influenciam no processo de germinação, entre eles o genótipo, tamanho, densidade, condições ambientais e qualidade do material genético (Singh et al., 2011). Os espaçamentos recomendados para o cultivo da camomila em canteiros podem variar bastante, abrangendo de 0,11 a 0,16 metros entre plantas e de 0,20 a 0,60 metros entre fileiras. Embora mais exigentes em termos de trabalho em comparação com o método de semeadura a lanço, o plantio em fileiras facilita o processo de capina e tem levado a uma maior produtividade na formação da planta (Ramos, 2001).

A semente é muito valorizada na agricultura devido à sua capacidade de conter todas as potencialidades produtivas da planta. Por esse motivo, é considerada um dos insumos mais fundamentais para o sucesso da produção agrícola. As sementes de camomila, conforme citado anteriormente, são do tipo aquênio e normalmente apresentam um alto número de impurezas e sementes vazias (chochas) quando colhidas, o que pode acarretar em uma baixa germinação e um estande desuniforme. Por este motivo é recomendado e indispensável a prática do beneficiamento (Singh et al., 2011).

A determinação da data adequada para a semeadura é um fator muito importante no manejo das culturas agrícolas, e pode ter um impacto significativo na otimização da produtividade das plantas. É crucial selecionar cuidadosamente a data de semeadura para garantir que as condições meteorológicas sejam favoráveis aos diferentes estádios de desenvolvimento das plantas (Silva, 2018).

No Brasil, o cultivo da camomila ocorre geralmente entre os meses de março e setembro possuindo um ciclo vegetativo que pode durar, na maioria das vezes, entre 60 e 120 dias. A semeadura é feita entre março e abril, mas pode se estender até agosto, embora esse último período seja considerado tardio (Costa; Doni Filho, 2002). A atividade deve ser realizada em épocas do ano nas quais o desenvolvimento e a maturação não ocorram durante períodos de temperaturas elevadas ou invernos muito rigorosos (Barbosa; Capellari Júnior, 2019).

As sementes devem serem semeadas sobre o solo, sem serem enterradas, geralmente em aplicações a lanço pois, são consideradas fotoblásticas positivas, ou seja, necessitam de luz em quantidade adequada para que aconteça o processo de germinação (Barbosa; Capellari Júnior, 2019). A recomendação é que apenas se pressione levemente as sementes no solo. A germinação das sementes ocorre entre 4 e 5 dias após a semeadura (Singh et al., 2011). A auto semeadura ocorre geralmente a partir do segundo ano.

5. Desenvolvimento de raízes

As raízes são importantes para todos os cultivos, pois influenciam diretamente na capacidade da planta em absorver nutrientes e água do solo. A camomila é uma planta que apresenta um sistema radicular bem desenvolvido e ramificado, composto por raízes primárias e secundárias que se expandem em diferentes direções e profundidades, especialmente na camada superior do solo. Essas raízes são finas e fusiformes. A profundidade do sistema radicular pode variar de acordo com as condições do solo e do ambiente. Além disso, em certas espécies, é possível encontrar raízes adventícias na porção rastejante da haste, auxiliando na fixação da planta no solo e aumentando sua capacidade de absorção de nutrientes e água (Ramos, 2001; Lorenzi; Matos, 2002; Amaral, 2005).

É necessário um manejo adequado do solo, como a adubação correta e a irrigação adequada, para garantir um bom desenvolvimento do sistema radicular e, conseqüentemente, um bom rendimento da cultura.

6. Desenvolvimento do caule

O caule é responsável por suportar a estrutura da planta, transportar água e nutrientes das raízes para as folhas e fotoassimilados das folhas para os drenos, como flores e frutos. A camomila apresenta um caule herbáceo, ereto, com muitas ramificações, que pode atingir alturas que variam entre 50 e 80 centímetros. Outra característica importante do caule é que os capítulos florais, estrutura de maior valor econômico, se encontram nas ramificações laterais que se originam da haste principal da planta. Como no desenvolvimento das raízes, o crescimento do caule também é influenciado por inúmeros fatores, como a disponibilidade hídrica e nutrientes, temperatura, luminosidade, entre outros (Ramos, 2001; Lorenzi; Matos, 2002; Amaral, 2005).

7. Desenvolvimento das folhas

As folhas são órgãos extremamente importantes para as plantas, pois são responsáveis por diversas funções essenciais para o seu crescimento e desenvolvimento, dentre elas a fotossíntese e a respiração (Taiz; Zeiger, 2013).

A morfologia das folhas da camomila é caracterizada por elas serem longas, estreitas e bi a tripinatissectas com segmentos lineares. São organizadas em uma disposição alternada ao longo do caule da planta e podem medir até 7 centímetros de comprimento (Amaral, 2005; Lorenzi; Matos, 2002). Como os demais órgãos, o desenvolvimento das folhas da camomila também é influenciado por vários fatores ambientais, como a temperatura, a luz e a disponibilidade de nutrientes.

8. Efeitos de fatores ecológicos

Embora seja importante o cultivo da camomila em um solo rico em nutrientes, o óleo essencial produzido pela planta é mais influenciado pelo clima, mais especificamente pela temperatura e a luminosidade. Sabe-se que as condições climáticas e de solo na região Sul do Brasil são mais favoráveis para o seu desenvolvimento, embora exista uma escassez de informações sobre o manejo e o cultivo da planta (Singh et al., 2011).

Cada cultura possui uma faixa de temperatura mínima e máxima, bem como uma temperatura ideal para o desenvolvimento adequado, que afeta tanto a produção de biomassa quanto a produção de flores. Com relação à exigência em temperatura, o potencial produtivo e a qualidade máxima da camomila são alcançados em climas temperados, onde o desenvolvimento é favorecido em locais com temperaturas iguais ou inferiores a 20°C e alta umidade relativa do ar (Vaz; Jorge, 2006).

É importante ressaltar que a camomila é uma cultura de inverno e não suporta calor excessivo ou secas prolongadas (Vaz; Jorge, 2006), embora existam autores que consideram que a camomila seja uma planta plástica em relação às condições climáticas, podendo se adaptar a diferentes tipos de clima.

As temperaturas ideais para a germinação das sementes de camomila são de 20 a 30°C. Aguilera et al. (1998), mostram que a temperatura ideal para a germinação da cultura deve ser igual ou inferior a 20°C.

Para Souza et al. (2007), os valores ideais estão entre 10° e 20°C. Os trabalhos realizados mostram que a germinação nessas condições é superior a 80%, ao final do décimo quarto dia após a semeadura, valor tal, considerado bom para a cultura. Após um período de armazenamento de dois anos, essa porcentagem decresce para 47%. Alguns autores são mais específicos e citam que a temperatura de 15°C é mais indicada.

Durante o estágio vegetativo, a camomila requer uma temperatura basal de pelo menos 6,5 °C para crescer e a faixa ideal de temperatura do ar encontra-se entre 20 e 25°C (Mohammad, 2011). Segundo o mesmo autor, nessa fase, o aumento da temperatura pode resultar em uma diminuição na massa seca da planta, especialmente das suas estruturas reprodutivas.

Para a fase de florescimento a temperatura ideal gira em torno de 19 a 20°C e de 20-25°C na fase de acumulação do óleo essencial. Temperaturas elevadas, na faixa de 28 a 32°C reduzem o período de florescimento, influenciando negativamente no ciclo da cultura (Souza et al., 2007). Por outro lado, a camomila é considerada uma cultura resistente a geadas durante o período vegetativo, todavia, geadas intensas no período reprodutivo podem prejudicar a produção de capítulos florais.

Vale ressaltar que o fotoperíodo, ou seja, a duração do período de luz durante o dia, desempenha um papel crucial no desenvolvimento da camomila, afetando diretamente a formação do capítulo floral e a produção de óleo essencial. A camomila é classificada como uma planta de dia longo, o que significa que ela requer um período de luz acima de oito horas de luz diária para ser estimulada a entrar no estágio reprodutivo (Salamon, 2007; Silva, 2018), ou seja, em ambientes onde há uma disponibilidade de mais de oito horas de luz diária, a planta é impulsionada a desenvolver seus capítulos florais.

Conforme já mencionado, a camomila também é influenciada diretamente pela luminosidade. A planta não suporta exposição direta e intensa à luz solar, embora prefira ser cultivada em locais com boa luminosidade. Ela também é capaz de crescer em áreas com sombra parcial, desde que haja iluminação adequada (Singh et al., 2011).

9. Relações hídricas

Apesar de ser conhecida por sua capacidade de tolerar déficit hídrico, a camomila não é capaz de suportar períodos prolongados de estiagem, o que pode resultar na diminuição da absorção de nutrientes pela planta, atrasar o processo de floração e consequentemente reduzir a produção da cultura. Todavia, a quantidade necessária de água para o cultivo depende de muitos fatores, como clima, umidade do solo e estágio de desenvolvimento da planta. Em geral, é importante manter o solo úmido durante o processo de germinação até o estabelecimento da planta, mas evitando o encharcamento (Singh et al., 2011).

Portanto, caso não ocorram precipitações frequentes na região de plantio, é necessário fazer o uso da irrigação principalmente no período inicial da cultura. Após esse período, as plantas de camomila são mais tolerantes a quantidades de água disponível, a menos que ocorra uma seca muito prolongada, o que pode levar a um efeito negativo na produtividade e na produção de óleo essencial. No período de florescimento, o fornecimento adequado de água é benéfico para aumentar a produção de flores (Singh et al., 2011).

Alguns autores já realizaram estudos para avaliar os efeitos do estresse hídrico no crescimento da camomila, onde os resultados indicaram que a planta parece conseguir manter o seu potencial de produção de biomassa sob estresses leves e moderados. Contudo, sua performance em condições de seca ainda requer uma investigação mais detalhada, pois não está adequadamente documentada.

10. Solos e nutrição

A camomila não é muito exigente em relação ao tipo de solo, sendo capaz de se desenvolver em solos que podem variar de arenosos a argilosos, no entanto, a cultura prefere solos argilo-arenosos, férteis e ricos em matéria orgânica, com pH entre 6,0 e 7,5 e saturação por bases de aproximadamente 70% (Vaz; Jorge, 2006).

A adubação dessa cultura ainda é pouco explorada e normalmente é estudada através do uso de fertilizantes orgânicos, como esterco e vinhaça, o que torna complicado compreender o efeito de cada nutriente na quantidade e qualidade da camomila. Em alguns casos, é recomendada a correção do solo para atender às necessidades específicas da cultura, já que as condições ideais de cultivo podem afetar diretamente a qualidade dos constituintes do óleo essencial (Vaz; Jorge, 2006).

Os estudos com adubação orgânica apontam que, à medida que se aumentam as quantidades desse tipo de fertilizante, há um incremento na produção de matéria seca nos capítulos florais além de melhorias nas características físicas do solo, favorecendo a aeração e

a capacidade de infiltração e retenção de água. Isso possibilita uma maior penetração e distribuição do sistema radicular das plantas, bem como uma redução no alumínio trocável e um aumento nos níveis nutrientes no solo. Essa forma de adubação é considerada uma alternativa relevante, especialmente em áreas onde ocorrem atividades agrícolas, especialmente a criação de animais (Ramos, 2001).

O uso da adubação verde também pode ser benéfico para a qualidade da camomila, visto que contribui para o aumento dos níveis de camazuleno, composto reconhecido pela sua ação anti-inflamatória (Ramos, 2001).

Em relação a adubação mineral, os macronutrientes primários, sendo eles o nitrogênio, fósforo e potássio são mais abordados dentro da literatura para esse cultivo. De forma geral, a recomendação de adubação disponível na literatura se baseia na interpretação da análise do solo. Maia e Furlani (1996) determinam que no momento do plantio deve-se realizar a suplementação desses nutrientes, conforme descrito na Tabela 2.

Tabela 2. Recomendação de adubação para a cultura da camomila (Adaptado de Maia e Furlani, 1996).

Fósforo		Potássio	
Análise de solo	Recomendação	Análise de solo	Recomendação
P resina (mg/dm ³)	P ₂ O ₅ (kg/ha)	K ⁺ trocável (mmolc/dm ³)	K ₂ O (kg/ha)
0 – 15	120	0 – 1,5	80
16 – 40	50	1,6 – 3,0	50
> 40	20	> 3,0	20

Para o elemento fósforo deve-se adicionar 120, 50 e 20 quilos por hectare quando na análise de solo se observar que os valores determinados pelo método resina estiverem nos intervalos de 0 a 15; 16 a 40 e maiores que 40 miligramas por decímetro cúbico (mg/dm³), respectivamente (Tabela 2).

Para o potássio deve se adicionar 80, 50 e 20 quilos por hectare quando os valores no laudo do solo estiverem nos intervalos de 0 a 1,5; 1,6 a 3,0 e maiores que 3 milimol carga por decímetro cúbico (mmol/dm³) de potássio trocável (K⁺ trocável), respectivamente, conforme ilustrado na Tabela 2.

Já para o nitrogênio, os autores determinam que deve ser aplicado 30 quilos por hectare do elemento no momento do plantio, independente da situação. Todavia no caso deste nutriente, recomenda-se uma aplicação de cobertura com a mesma dose por hectare 30 dias após o plantio.

Todavia, Silva et al. (2016), fazem a recomendação da adubação nitrogenada com base no teor de matéria orgânica do solo. Determinam que, quando a concentração de matéria orgânica no solo estiver igual ou abaixo de 2,5%, é recomendado aplicar uma suplementação de aproximadamente 100 kg de nitrogênio por hectare. Essa adubação auxilia no fornecimento adequado de nitrogênio às plantas, compensando a baixa disponibilidade desse nutriente no solo. No caso de teores de matéria orgânica no solo variando entre 2,6% e 5,0%, a recomendação é aplicar 60 kg de nitrogênio por hectare. Quando o teor de matéria orgânica no solo estiver acima de 5,0%, a recomendação é reduzir a quantidade de nitrogênio aplicada para 40 kg por hectare.

Essas recomendações específicas de adubação de nitrogênio com base nos níveis de matéria orgânica no solo, fornecem diretrizes para maximizar a eficiência do uso desse nutriente e otimizar a produção de culturas, como a camomila. No entanto, é importante lembrar que as condições do solo e as práticas agrícolas podem variar, portanto, é sempre recomendado consultar especialistas locais ou agrônomos, para obter recomendações mais precisas e adaptadas à sua região.

Em relação aos benefícios, segundo Costa (2001), o aumento da disponibilidade de nitrogênio no solo possui uma influência positiva na produção de capítulos florais da camomila, promovendo um aumento na altura das plantas, número de capítulos florais por planta, número de rebentos produtivos e do número de hastes primárias, além do aumento na qualidade e no teor de óleo essencial.

O fósforo desempenha um papel vital no desenvolvimento da camomila, pois ajuda a regular a produção de biomassa além de influenciar na concentração de alcaloides e outros compostos ativos nas plantas. Já o potássio tem um efeito positivo na altura da planta, no teor de óleo essencial e no peso seco da planta (Costa, 2001).

11. Fotossíntese, respiração e translocação

A fotossíntese é um processo essencial para que as plantas convertam a energia solar capturada pelos pigmentos fotossintéticos em energia química, que então é utilizada para converter dióxido de carbono e água em açúcares (Taiz; Zeiger, 2013). A camomila é considerada uma planta que possui um metabolismo C3, ou seja, realiza a fotossíntese

utilizando apenas a via do ácido 3-fosfoglicérico e o primeiro produto estável formado é um composto de três carbonos, chamado de fosfoglicerato (PGA).

No processo fotossintético ocorre primeiramente a captação de luz através dos pigmentos de clorofila contidas nos cloroplastos. Quando a luz atinge as folhas da planta, a clorofila absorve os fótons e transfere a energia para os elétrons presentes nos pigmentos. Os elétrons excitados pela absorção de luz são transferidos para moléculas transportadoras de elétrons que carrega os elétrons para a próxima etapa da fotossíntese. Na etapa conhecida como fixação de carbono, o dióxido de carbono (CO_2) do ar é capturado pelos estômatos e é incorporado ao ciclo de Calvin-Benson. Durante esse ciclo, o CO_2 é combinado com o ATP e NAPH produzidos na fase anterior para formar duas moléculas de PGA, cada uma com três carbonos, que são então convertidas em moléculas de açúcar. Nesse tipo de planta, todo o processo fotossintético ocorre em uma única célula, sem divisão em compartimentos especializados. Por este motivo, essa via é considerada menos eficiente do que a via utilizada pelas plantas com metabolismo C4 e CAM (Taiz; Zeiger, 2013).

As substâncias produzidas durante a fotossíntese são transportadas para outras partes da planta, como raízes, caule, flores e frutos, via floema, processo conhecido como translocação orgânica. O floema é constituído por elementos de tubos clivados e por células companheiras, que formam um sistema contínuo através dos quais a seiva é transportada (Taiz; Zeiger, 2013).

Como em todas as plantas C3, na camomila também ocorre a fotorrespiração. Esse processo bioquímico acontece quando a enzima alostérica ribulose 1,5 bifosfato carboxilase (rubisco), que desempenha um papel crucial na fixação do carbono durante a fotossíntese, também reage com o oxigênio em vez do dióxido de carbono. Por esse motivo, é considerado um processo menos eficiente do ponto de vista energético, podendo ser limitante para o crescimento das plantas em determinadas condições, pois resulta na liberação de CO_2 e na perda de carbono fixado. A ocorrência da fotorrespiração é mais acentuada em condições de altas temperaturas e altas concentrações de oxigênio (Taiz; Zeiger, 2013).

Outro processo metabólico importante realizado pelas plantas é a respiração. Esse sistema ocorre dentro das mitocôndrias em 3 etapas principais: glicólise, ciclo do ácido cítrico ou ciclo de Krebs e fosforilação oxidativa. Nessas etapas as células vegetais realizam a degradação dos carboidratos previamente sintetizados, como a glicose, para a obtenção de ATP (adenosina trifosfato) e outros compostos energéticos, que são utilizados em diversas atividades metabólicas, como crescimento, divisão celular, síntese de proteínas e transporte de nutrientes.

Vale ressaltar também que as plantas apresentam dois tipos de metabolismo, sendo eles o primário e o secundário. O metabolismo primário está relacionado ao crescimento e desenvolvimento da planta, enquanto o metabolismo secundário está ligado à adaptação e sobrevivência no ambiente, direcionado a defesa da planta. Dessa forma, a camomila contém diversos compostos biologicamente ativos, especialmente aqueles originados do metabolismo secundário, como os flavonoides, que possuem propriedades medicinais e são responsáveis pelas características organolépticas da planta. A planta contém aproximadamente 120 compostos químicos como metabólitos secundários, sendo que 28 são terpenoides, 36 são flavonoides e os outros 56 compostos que apresentam potencial farmacológico (Lorenzi; Matos, 2002).

Os fatores externos, como radiação, temperatura, gravidade, vento, chuva e neve, bem como a intensidade e qualidade da luz, afetam esse tipo de planta e podem influenciar diretamente na fotossíntese, crescimento e desenvolvimento (Ramos, 2001).

Um exemplo que influencia na interação entre esses fatores é a própria escolha da data de semeadura, pois atrasos nessa prática podem levar a uma diminuição na taxa de fotossíntese líquida. Isso se deve principalmente à alteração na temperatura média diária do ar, radiação solar e umidade relativa do ar (Silva, 2018). Todavia, é possível minimizar esses efeitos através da adoção de práticas de manejo adequadas que maximizem o uso dos recursos ambientais disponíveis (Ramos, 2001).

É importante salientar que a planta é afetada não apenas por fatores ambientais, mas também por fatores genéticos, e somente a combinação adequada desses dois elementos pode levar a um rendimento máximo (Silva, 2018).

12. Florescimento e frutificação

As flores são estruturas reprodutivas importantes para as plantas, pois, são responsáveis pela produção de sementes e consequentemente, perpetuação da espécie. Na camomila, essas estruturas, na forma de capítulos florais, são especialmente importantes porque são a fonte dos compostos químicos que possuem as propriedades aromáticas e medicinais da planta. Por essa razão, são consideradas as principais estruturas de interesse comercial (Singh et al., 2011; Taiz; Zeiger, 2013).

A camomila é uma planta diploide que se reproduz de forma alógama, o que significa que depende da polinização cruzada para produzir sementes e aumentar sua variabilidade genética. Esse processo é essencial para a perpetuação da espécie e a manutenção da diversidade genética (Singh et al., 2011; Taiz; Zeiger, 2013).

A polinização cruzada ocorre quando o pólen de uma flor é transferido para outra flor da mesma espécie. Essa transferência de pólen pode ocorrer de diferentes formas, dependendo dos agentes polinizadores envolvidos. Os principais polinizadores da camomila são os insetos, como as abelhas. Enquanto se alimentam, esses insetos carregam o pólen de uma flor para outra, promovendo a polinização cruzada. Além dos insetos, a água e o vento também podem desempenhar um papel importante na polinização da camomila. Em algumas situações, a água pode transportar o pólen de uma flor para outra. Já o vento pode carregar o pólen a distâncias maiores, permitindo a polinização entre plantas mais afastadas (Singh et al., 2011; Taiz; Zeiger, 2013).

A importância da polinização cruzada está relacionada à variabilidade genética. A reprodução alógama, ao envolver a mistura de material genético de diferentes indivíduos, permite a criação de novas combinações genéticas, resultando em maior diversidade na população. Essa diversidade é benéfica para a espécie, pois aumenta sua capacidade de adaptação a diferentes condições ambientais, resistência a pragas e doenças, e melhora sua resposta a estresses bióticos e abióticos.

O estágio de florescimento da camomila é caracterizado pela formação dos capítulos florais, que são compostos por dois tipos de flores, as centrais de coloração amarela e as marginais de coloração branca (Figura 2). O fruto da camomila é do tipo aquênio, descrito como um tipo de fruto seco, indeiscente, ou seja, que não se abre espontaneamente quando maduro e contém as sementes utilizadas para propagar a planta. O fruto possui formato cilíndrico, 3 a 5 costelas e é truncado no ápice. As inflorescências são formadas nas ramificações laterais que saem da haste principal da planta e são colhidas quando estiveram completamente desenvolvidos (Amaral, 2005; Lorenzi; Matos, 2002).

Vários fatores podem interferir no processo de florescimento como o fotoperíodo, temperatura, disponibilidade de nutrientes e água. Vale ressaltar que a exposição a condições de estresse pode influenciar negativamente o crescimento e florescimento da cultura.

13. Zoneamento agroclimático e adaptações ao meio ambiente

O zoneamento agroclimático é uma técnica utilizada para identificar e selecionar as melhores regiões e épocas para o cultivo de uma determinada cultura. No caso da camomila, para o seu cultivo é substancial que sejam observados alguns fatores climáticos, como a temperatura, a umidade do ar, a luminosidade e a precipitação pluviométrica.

Embora existam autores que acreditam que a camomila seja uma planta plástica em relação às condições climáticas e capaz de se adaptar à diferentes tipos de clima, é importante

destacar que a camomila é uma cultura de inverno, adaptada principalmente a climas temperados e, portanto, não tolera altas temperaturas e períodos prolongados de seca (Vaz; Jorge, 2006).

Em relação à temperatura, a camomila mostra uma preferência por climas temperados. A faixa de temperatura considerada ideal para o seu desenvolvimento situa-se entre 20 e 25°C. Temperaturas mais baixas podem retardar o crescimento e afetar negativamente a qualidade das flores, enquanto temperaturas mais altas podem causar estresse térmico e reduzir a produção (Mohammad, 2011).

A umidade relativa do ar também é um fator importante para o cultivo da camomila. Ela prefere ambientes com alta umidade relativa, que varia geralmente entre 50% e 70%. A umidade adequada auxilia na transpiração e na absorção de água pelas raízes, promovendo um bom crescimento da planta (Mohammad, 2011).

No que diz respeito à luminosidade, a camomila requer boa iluminação para um crescimento adequado. Ela prefere ser cultivada em locais com boa exposição à luz solar, que promove a fotossíntese e o desenvolvimento das plantas. No entanto, não tolera a exposição direta e intensa à luz solar (Mohammad, 2011).

A cultura não apresenta muitas exigências em relação ao tipo de solo, sendo capaz de se desenvolver em uma ampla gama de texturas, desde solos arenosos até argilosos. No entanto, existem algumas características do solo que favorecem o crescimento saudável e a produção da camomila. Ela apresenta uma preferência por solos argilo-arenosos, ou seja, solos que apresentam uma mistura de partículas de argila e areia (Vaz; Jorge, 2006).

Além da textura do solo, a camomila se desenvolve melhor em solos férteis e ricos em matéria orgânica. A presença de matéria orgânica contribui para a melhoria da estrutura do solo, aumenta sua capacidade de retenção de água e nutrientes, e estimula a atividade microbiana benéfica. A adição de matéria orgânica ao solo, por meio de adubos orgânicos ou compostos, pode beneficiar significativamente o desenvolvimento da cultura de camomila.

O pH do solo também é um fator importante a ser considerado no cultivo da camomila. A cultura prefere solos ligeiramente ácidos a neutros, com um intervalo de pH entre 6,0 e 7,5. É recomendado realizar uma análise do solo antes do plantio para garantir que o pH esteja dentro dessa faixa ideal. Caso seja necessário, pode-se ajustar o pH do solo por meio da aplicação de corretivos, como calcário, para alcançar as condições mais favoráveis para o desenvolvimento da camomila. Outro parâmetro a ser observado é a saturação por bases do solo. A camomila tende a se desenvolver melhor em solos com uma saturação por bases em torno de 70% (Vaz; Jorge, 2006).

Por estes motivos, é fundamental que o cultivo da camomila seja realizado em regiões e épocas mais propícias, com temperatura e umidade adequadas, além de serem adotadas práticas agronômicas corretas para garantir a produtividade e a qualidade da cultura.

14. Estratégias para altas produções

Segundo Matsushita, Deschamps e Corrêa Júnior (2017), a adoção de tecnologias e cuidados em todas as etapas do cultivo da camomila, especialmente no preparo do solo, plantio, tratos culturais, colheita e pós-colheita (beneficiamento e armazenamento) levará ao produtor alcançar uma melhor renda, pois, além de uma melhor qualidade do produto é possível obter ainda uma maior quantidade de capítulos florais (camomila flor) comparados à camomila mista (menor preço no mercado).

No momento do plantio é recomendado o uso de sementes de qualidade comprovada além de bom estado fitossanitário e se atentar ao cultivo de plantas adaptadas às condições de clima e solo da região. Ressalta-se ainda que é necessário levar em conta a disponibilidade de mão de obra no momento de dimensionar a área de produção, uma vez que a atividade requer trabalho intenso.

Devido à existência da alelopatia da camomila em relação às culturas de carqueja e couve, deve se evitar o cultivo consorciado, pois, essas duas espécies podem inibir o desenvolvimento adequado da cultura em questão (Barbosa; Capellari Júnior, 2019).

Em relação ao controle de plantas invasoras, é recomendado que seja realizado logo no início da germinação das sementes, já que as plântulas são mais vulneráveis à competição com outras espécies nessa fase. Uma técnica para o controle nesse estágio é o plantio direto, no qual a cobertura morta impedirá a germinação das plantas invasoras (Barbosa; Capellari Júnior, 2019). Vale ressaltar que de modo geral, são requeridas de 3 a 4 capinas durante todo o ciclo de cultivo da camomila para se obter uma colheita satisfatória, sendo que o período de até 40 dias após a semeadura é particularmente crítico e sensível à competição com outras espécies vegetais (Singh et al., 2011).

15. Efeitos de reguladores vegetais

Os reguladores vegetais são compostos que, em pequenas quantidades possuem a capacidade de afetar processos fisiológicos e morfológicos das plantas podendo estimular, inibir ou modificar esses processos. Nesse contexto, apesar de ainda ser pouco abordada, a camomila vem sendo objeto de estudos envolvendo esses compostos e os seus efeitos no seu crescimento, florescimento e produção.

Um estudo realizado por Amiri, Sharafzadeh e Ordoorkhani (2014), trouxe importantes descobertas sobre os efeitos da aplicação de ácido giberélico na camomila. Essa substância é um hormônio vegetal, conhecido por desempenhar um papel crucial no crescimento e desenvolvimento das plantas. Os resultados obtidos foram bastante promissores. Foi observado que a aplicação de ácido giberélico na concentração de 50 partes por milhão (ppm) levou a um aumento significativo na altura das plantas em comparação com o grupo controle, que não recebeu a aplicação do biorregulador. Além disso, os pesquisadores também constataram que o número e o tamanho dos capítulos florais foram afetados positivamente pela aplicação do produto. Essa descoberta é de grande importância, pois os capítulos florais são as estruturas responsáveis pela produção de óleos essenciais em muitas espécies de plantas e na pesquisa em questão, as mudanças observadas na altura das plantas, número e tamanho dos capítulos florais resultaram em uma maior produção de óleo essencial.

Singh et al. (2015), avaliaram o efeito da aplicação foliar de auxina e ácido giberélico no crescimento vegetativo e floração em plantas de camomila. Os resultados obtidos indicaram que a aplicação de ácido giberélico na concentração de 100 ppm foi considerada a melhor abordagem para a maioria dos parâmetros avaliados. Especificamente, observou-se um aumento significativo no número de flores por planta, bem como no diâmetro, massa fresca e massa seca das flores. Por outro lado, a aplicação de ácido naftaleno acético (pertencente ao grupo das auxinas) na concentração de 100 ppm demonstrou ter um efeito positivo mais significativo no diâmetro do caule das plantas de camomila.

Os resultados encontrados são consistentes com os observados em outras culturas, como no caso do capim-limão. No entanto, é importante ressaltar que são necessários mais estudos para determinar as fontes e dosagens ideais desses compostos na camomila.

Além disso, é fundamental investigar os efeitos a longo prazo do uso desses compostos na cultura da camomila para um melhor entendimento e para o desenvolvimento de estratégias sustentáveis e ambientalmente responsáveis para o cultivo da camomila.

16. Colheita, senescência e aproveitamento de resíduos

A colheita habitualmente é realizada quando as flores estiverem completamente abertas, o que acontece cerca de três a quatro meses após a semeadura. No entanto, se a camomila for destinada à comercialização, a colheita pode ser antecipada em até 20 dias, resultando em sementes de baixa qualidade e vigor (Costa; Doni Filho, 2002). Ressalta-se que quando for observado que as flores brancas marginais estiverem se dobrando para baixo e

murchando sutilmente, é um indicativo que o momento ideal de colheita já se passou (Barbosa; Capellari Júnior, 2019).

Na produção comercial, em campos com boa aptidão agrícola, os capítulos florais da camomila são normalmente colhidos em até três repasses, com intervalos de 8 a 15 dias, dependendo das condições climáticas e dos cultivares utilizados. A colheita única pode resultar em uma redução da produtividade e em uma maior heterogeneidade dos capítulos colhidos (Silva, 2018). Após a colheita, é importante transportar todo o material colhido o mais rapidamente possível para a unidade de beneficiamento e secagem, a fim de evitar problemas de fermentação e deterioração.

No Brasil, a camomila pode ser comercializada de duas formas principais: *in natura* ou na forma de óleo essencial. Ambas as opções possuem seus respectivos mercados e aplicações. A comercialização da camomila *in natura* é comumente feita através dos capítulos florais, que são utilizados para a produção de chás, infusões e outros produtos naturais.

Por outro lado, o óleo essencial de camomila é um produto de alto valor agregado e é obtido a partir da destilação das flores da camomila. O óleo contém os princípios ativos da planta em uma forma altamente concentrada e é amplamente utilizado nas indústrias de cosméticos, fragrâncias, produtos para cuidados com a pele e aromaterapia. No entanto, é importante destacar que, apesar do potencial do óleo essencial de camomila, a produção no Brasil ainda é considerada incipiente. Há oportunidades de desenvolvimento e expansão nessa área, principalmente considerando as propriedades e benefícios associados ao óleo essencial de camomila.

Outro ponto importante é o próprio benefício dos restos culturais deixados pela camomila, os quais possuem funções importantes na manutenção da fertilidade do solo, pois são fontes de nutrientes para as culturas subsequentes. Durante a decomposição desses materiais, os nutrientes são liberados, tornando-se disponíveis para as plantas. Além disso, os restos culturais contribuem para aumentar a capacidade de retenção de água no solo, promovendo uma melhor utilização dos nutrientes pelas plantas.

Referências

AGUILERA, D.B. **Efeitos de temperaturas e substratos na germinação de sementes de camomila (*Matricaria chamomila*)**. 1998. 13 f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso de Agronomia) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 1998.

AMARAL, W. **Desenvolvimento de camomila e produção de óleo essencial sob diferentes condições de manejo**. 2005. 96 f. (Dissertação Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

AMIRI, S.; SHARAFZADEH, S.; ORDOOKHANI, K. The effect of gibberellic acid and benzyladenine on growth and essential oils of german chamomile. **Indian Journal of Fundamental and Applied Life Sciences**, New Delhi, v. 4, n. 1, p. 186-188, 2014.

BARBOSA, B.B.; CAPELLARI JR., L. **Plantas medicinais: camomila**. Piracicaba: ESALQ, Divisão de Biblioteca, 2019. 67 p. (Série Produtor Rural, 67).

CORRÊA JÚNIOR, C.; SCHEFFER, M.C. As plantas medicinais, aromáticas e condimentares e a agricultura familiar. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 32, n. 3, p. 376, 2014.

COSTA, M.; DONI FILHO, L. Aspectos do processo de produção agrícola na cultura da camomila (*Chamomilla recutita* (L.) Rauschert) no município de Mandirituba. **Visão Acadêmica** 2, Curitiba, Paraná, v. 3, n. 1, p. 49–56, 2002.

COSTA, M.A.D. **Processo de produção agrícola da cultura da camomila no município de Mandirituba, PR**. 2001. 69 f. (Mestrado em Agronomia) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2001.

GUPTA, V. et al. Pharmacological potential of *Matricaria recutita*: a review. **International Journal of Pharmaceutical Sciences and Drug Research**, v. 2, p. 12-16, 2010.

LORENZI, H.; MATOS, F.J.A.; **Plantas medicinais do Brasil nativas e exóticas**. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2002. 512 p.

MAIA, N.B.; FURLANI, A.M.C. Camomila. In: RAIJ, B. van et al. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: IAC, 1996 p. 76 p. (Boletim Técnico, 100).

MATSUSHITA, M.S.; DESCHAMPS, C.; CORRÊA JÚNIOR, C. Análise socioeconômica da produção de capítulos florais e óleo essencial de cultivares de camomila. **IGepec**, v. 21, n. 2, p. 122-130, 2017.

MOHAMMAD, S.M. Study on camomile (*Matricaria chamomilla* L.) usage and farming. **Advances in Environmental Biology**, v. 5, n. 7, p. 1446-1453, 2011.

RAMOS, M.B.M. **Caracterização e produção da camomila cv. Mandirituba em função de espaçamentos entre plantas e do uso de cama-de-aviário**. 2001. 30 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, 2001.

SALAMON, I. Effect of the internal and external factors on yield and qualitative–quantitative characteristics of chamomile essential oil. **Acta Horticulturae**, v. 749, p. 45- 64, 2007.

SILVA, J.R. Crescimento, desenvolvimento e produtividade da camomila em diferentes datas de semeadura e espaçamento entre plantas. **(Dissertação de Mestrado)**, em Agronomia, Produção Vegetal, Universidade Federal de Santa Maria, 2018, 99 p.

SILVA, L.S. et al. **Manual de calagem e adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 11. ed. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Núcleo Regional Sul, Comissão de Química e Fertilidade do Solo, 2016. 376 p.

SINGH, A. et al. Efficacy of auxins and gibberellic acid on floral attributes and essential oil per cent on German chamomile (*Matricaria chamomilla* L.). **Medicinal Plants - International Journal of Phytomedicines and Related Industries**, v. 7, n. 4, p. 307, 2015.

SINGH, O. et al. Chamomile (*Matricaria chamomilla* L.): an overview. **Pharmacognosy Reviews**, v. 5, n. 9, p. 82-95, 2011.

SOUZA, J.R.P. et al. Tempo de armazenamento e temperatura na porcentagem e velocidade de germinação das sementes de camomila. **Ciência Rural**, v.37, n.4, p.982-986, 2007.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 954 p.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE, **Classification:** *Matricaria recutita* L. Disponível em: <<http://plants.usda.gov/java/profile?symbol=MARE6>>. Acesso em: 22 abr. 2023.

VAZ, A.P.A.; JORGE, M.H.A. **Camomila**. EMBRAPA Pantanal, 2006.

BABAÇU



BABAÇU (*Attalea speciosa*)

Edvaldo Fukuchi

1. Origem e distribuição geográfica

O babaçu (*Attalea speciosa* Mart. Ex Spreng.) é uma palmeira pertencente à família botânica das *Arecaceae*s, com grande potencial econômico, onde se pode aproveitar o fruto inteiro. É uma palmeira perene, oleaginosa e nativa do Brasil. É muito conhecido entre as populações tradicionais brasileiras, e dependendo da região, pode ser chamado também de coco-palmeira, coco-de-macaco, coco-pindoba, baguaçu, uauaçu, catolé, andaiá, andajá, indaiá, pindoba, pindobassu, entre outros (Neves et al., 2013).

O principal produto extraído do babaçu é a amêndoa. Dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) de 2018 registraram que 50.798 toneladas de amêndoas foram produzidas no Brasil, com um valor de produção de R\$ 92 milhões. O babaçu frutifica a partir do oitavo ano, alcançando sua produção plena após 15 anos, tendo uma vida média de 35

anos. O coco do babaçu é o maior produto extrativo do Brasil, sem contar as madeiras, e o maior estado produtor é o Maranhão, onde tem grande importância social e econômica para as comunidades mais carentes.

Apesar do grande potencial de utilização do babaçu, cujos produtos derivados têm diversas aplicações, a exploração dessa palmeira ocorre de forma extrativista e artesanal (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Piauí - FAPEPI, 2010). Os estudos básicos são escassos e publicados em veículos regionais e de pouco acesso à comunidade científica. Aspectos como a ecologia, reprodução e fisiologia desta planta foram pouco estudados até o presente. Estas informações são importantes para o manejo sustentável das populações de babaçu, quaisquer que sejam as suas aplicações no futuro (Neves et al., 2013). O babaçu tem grande importância econômica para os Estados do Maranhão e Piauí, onde é explorado de forma extrativista e grande parte dos recursos utilizados para a subsistência (Souza et al., 2011).

2. Classificação botânica

Entre as diferentes espécies de babaçu, a principal é a *Attalea speciosa*, de ampla distribuição no Brasil e a de maior importância social e econômica. *Attalea speciosa* foi identificada por diversos autores e classificada com diferentes nomes (Cavallari et al., 2016). A evolução desta classificação está explicitada nas Tabelas 1 e 2. Apesar das recentes publicações sobre o gênero, a taxonomia de *Attalea* ainda é confusa. Assim como *Attalea speciosa*, outras espécies do gênero também apresentam dificuldades para a correta identificação e classificação. Isso ocorre porque a taxonomia é dificultada pela fenologia sazonal destas espécies. A mesma palmeira, dependendo da estação, pode apresentar diferenças morfológicas importantes, como por exemplo, nas inflorescências. Além disso, ocorre o desenvolvimento de híbridos naturais dificultando ainda mais a distinção das espécies (Anderson; Balik, 1988; Pintaud, 2008).

Tabela 1. De acordo com A. Engler e A. Cronquist, o babaçu apresenta a seguinte classificação botânica.

	Engler	Cronquist
Divisão	Angiospermae	Magnoliophyta
Classe	Monocotyledoneae	Liliopsida
Subclasse	Espadiciflorae	Arecidae
Ordem	Monotípica	Arecales
Família	Palmae	Arecaceae
Sub-família		Arecoideae
Sub-tribo		Attaleinae
Gênero		<i>Attalea</i>
Espécie		<i>Attalea speciosa</i>

Tabela 2. Classificação da espécie *Attalea speciosa* com os respectivos autores e datas (Adaptado Cavallari et al., 2016).

Autor	Data	Nome	Referência
Martius	1826	<i>Attalea speciosa</i>	GLASMAN, 1999
Martius	1844	<i>Orbignya phalerata</i>	GLASMAN, 1999
Drude	1881	<i>Orbignya lydiae</i>	GLASMAN, 1999
Barbosa Rodrigues	1891	<i>Orbignya speciosa</i>	GLASMAN, 1999
Barbosa Rodrigues	1898	<i>Orbignya martiana</i>	ANDERSON; BALICK, 1988; GLASMAN, 1999; PINTAUD, 2008.
Barbosa Rodrigues	1903	<i>Orbignya martiana</i> = <i>Orbignya speciosa</i>	GLASMAN, 1999
Anderso Ballick	1988	<i>Orbignya phalerata</i>	ANDERSON; BALICK, 1988

3. Morfologia e anatomia

O babaçu (*Attalea speciosa* Mart. Ex Spreng) é uma palmeira robusta, com estipe isolado, com 10 a 30 metros de altura, com 30 a 60 cm de diâmetro. As flores são amareladas, hermafroditas, com ramos volumosos, podendo apresentar 6 ou mais cachos por planta, sustentados por um pedúnculo de 70 a 90 cm. Flores estaminadas distribuídas em duas fileiras ao longo de um dos lados das raquillas, sempre com 3 sépalas de 1-2 mm de comprimento, com 2 pétalas, raríssimas vezes com 3-4. Anteras enroladas, ligeiramente torcidas e divergentes (Lorenzi et al., 2010).

O babaçu pode ter inflorescência fêmea ou andrógina (macho e fêmea) numa mesma planta. Apenas a fêmea bota cacho com frutos, e os machos são essenciais para a fecundação e geração de frutos (Lorenzi et al., 2010). Cada cacho possui de 240 a 720 frutos que chegam a pesar de 90 a 240 gramas, de 10-12 x 5-10 cm. O fruto apresenta: epicarpo, mesocarpo (com 0,5 a 1 cm), seco, farináceo de coloração branco marfim na maturidade, endocarpo (rijo de 2 a 3 cm) e amêndoas (sementes de 3-7 x 1 – 1,8 cm, ricas em óleo). O endocarpo consiste em um tecido com feixes vasculares, fibras e parênquima de preenchimento extremamente duro devido à lignificação das fibras (Lorenzi et al., 2010).

As amêndoas estão envoltas pelo endocarpo, separadas umas das outras por septos resistentes, constituem cerca de 6% do peso do fruto e apresentam mais de 60% de óleo, sendo o ácido láurico o principal ácido graxo presente. O número de amêndoas em cada fruto pode variar de 3 a 5 (Lorenzi et al., 2010).

4. Germinação e propagação

O estudo da germinação das palmeiras é importante porque quase todas as espécies são propagadas preferencialmente por sementes. A dormência, frequentemente observada nas palmeiras, associada a seu longo ciclo de vida e limitada capacidade de propagação vegetativa, restringe a expansão de plantações comerciais e limita o melhoramento genético por métodos convencionais (Lédo et al., 2001). As dificuldades na germinação do babaçu foram relatadas por vários autores e estão provavelmente relacionadas a uma série de fatores estruturais e fisiológicos, incluindo dormência física, embebição lenta, exigência de temperaturas específicas, dormência fisiológica e suscetibilidade a deterioração e predação (Neves et al., 2013).

As espécies de *Attalea* possuem germinação do tipo remota tubular, ou seja, a planta se desenvolve distante do endosperma, após o crescimento do cotilédone de formato tubular. Os embriões são pequenos, cilíndricos e de maturação tardia e grande parte de sua estrutura

consiste no cotilédone. Uma característica no desenvolvimento de *Attalea* é o desenvolvimento de uma plântula remota-tubular, com o crescimento de um caule subterrâneo antes de emergir o caule superficial. Estes caules não são facilmente destruídos pelo fogo, o que dá uma vantagem como espécie pioneira em áreas de queimadas e permite que as plantas persistam apesar dos diversos distúrbios (Salm, 2004).

A propagação *in vitro* é uma ferramenta importante utilizada em plantas que não apresentam reprodução assexuada, como o babaçu, não se propagando vegetativamente. Dentre as formas de micropropagação vegetal, a embriogênese somática se destaca por permitir que ocorra a formação de embriões somáticos a partir de células somáticas, sem que tenha havido fecundação de gametas. A embriogênese pode ser direta ou indireta. No primeiro caso, o embrião é induzido diretamente a partir de células do explante original e no segundo a partir da formação de um calo. A embriogênese somática indireta é a forma mais eficiente de micropropagação entre as palmeiras (Jimenez, 2005). As etapas consideradas são:

I) Calogênese: Desdiferenciação do tecido somático que passa a ser responsivo e evolui até a formação de massas proembriogênicas;

II) Indução de estruturas embriogênicas: ocorre multiplicação / proliferação do calo e o desenvolvimento embriogênico organizado;

III) Maturação dos embriões: as estruturas iniciais acumulam substâncias de reserva, passam por um processo de dessecação e completam o desenvolvimento embrionário, passando do estágio globular ao coleoptilar;

IV) Conversão: é o estabelecimento de plântulas completas a partir dos embriões somáticos.

5. Desenvolvimento de raízes

As raízes fixam a planta no solo e exercem a função de absorver água e nutrientes. São cilíndricas, do tipo fasciculado. Raízes aéreas ou secundárias podem aparecer no caule e complementar a função do sistema radicular (Lorenzi et al., 2010)

6. Desenvolvimento do caule

O caule é chamado de estipe ou estípite. São alongados, cilíndricos ou colunares e ostentam no ápice um tufo ou capitel de folhas. Possuem estrutura diferente dos troncos das árvores dicotiledôneas, visto que os destas, por serem dotadas de câmbio, aumentam seu diâmetro por acréscimo de um novo anel ou de uma nova camada. O caule é duro, a medula central é esponjosa e cercada por um anel protetor, forte, de fibras que formam numerosos

feixes verticais de tecido condutor, xilema e floema. Sendo destituído do tecido cambial, uma vez formado não haverá aumento de diâmetro. A região principal de crescimento está situada no ápice do caule, onde se localiza a gema terminal com seu tecido meristemático. Por ela o caule alonga-se e dilata-se na base das folhas, mediante disposição de novas células de dentro para fora (Lorenzi et al., 2010).

7. Desenvolvimento das folhas

A árvore pode atingir de 10 a 30 metros de altura, e suas grandes folhas arqueadas. O babaçu pode ter de 7 a 22 folhas, medindo de 4 a 8 metros de comprimento. As primeiras folhas, apesar de pinadas, surgem unidas, dando a impressão de serem folhas inteiras. Os folíolos, que se distribuem por três quartos do pecíolo, possuem em média 50-120 cm de comprimento por 1,5-5,0 cm de largura. Os estômatos estão confinados principalmente na face inferior da folha, distribuídos, em média, na taxa de 200 por mm^2 (Purseglove, 1972).

A coroa apresenta pinas, inseridas em diferentes planos, com bráctea peduncular. As folhas pinadas, eretas e divergentes, com 175 a 260 pares de pinas regularmente distribuídas sobre toda a extensão da raque (Lorenzi et al., 2010). O babaçu possui um número igual de folhas expostas e de primórdios foliares no palmito. A diferenciação de uma folha nova ocorre até trinta meses antes da sua emissão. A velocidade de crescimento depende das condições edafoclimáticas, mas em condições ideais, a taxa de crescimento pode ser superior a 4 cm dia^{-1} , transcorrendo cinco meses para que uma folha possa atingir 6 m de comprimento (Child, 1974).

8. Efeitos dos fatores ecológicos

As condições naturais, como solo, umidade e competição, assim como a região, pode alterar a safra do babaçu, mas esta geralmente se concentra no período seco ao início do período chuvoso (Carrazza et al., 2012).

8.1 Temperatura

O babaçu requer temperaturas quentes, e sem grandes variações entre a temperatura diurna e noturna. A média anual mais favorável para o crescimento é colocada por Murray (1977) em 27°C , com uma oscilação dioturna entre 6 e 7°C . Curtos períodos de temperatura abaixo dos 15°C resultam em anormalidades na floração e frutificação.

8.2 Precipitação

Child (1974), afirma que chuvas entre 1300 mm e 2300 mm são ideais para a cultura do coqueiro, e que precipitações acima de 3800 mm por ano são toleradas, desde que o solo tenha boa drenagem. Períodos de seca são críticos durante o desenvolvimento dos frutos, reduzindo o seu tamanho final.

8.3 Radiação solar

As plantas requerem plena insolação e não florescem em locais com nebulosidade muito elevada (Child, 1974).

8.4 Umidade relativa do ar

É uma planta de clima quente e úmido, logo a ocorrência de baixa umidade atmosférica conduz a redução na produtividade (Souza, 1968). As taxas de saturação recomendadas, encontradas na literatura, são de 80-90%, com o limite inferior de 60% de umidade relativa mínima mensal (Frémond et al., 1966).

8.5 Ventos

O vento aumenta a transpiração, especialmente quando acompanhado de sol forte, resultando numa queda de produtividade (Child, 1974).

9. Relações hídricas

O estipe das palmeiras apresenta três funções básicas: sistema de transporte, suporte mecânico e órgão de reserva. O sistema de transporte movimenta a água e os nutrientes minerais através do xilema, desde as raízes até a copa, e transloca a seiva elaborada das folhas para as raízes. A função mecânica é suportar a coroa de folhas, sendo dependente de uma eficiente distribuição do esclerênquima. A função de estocagem é possível de se constatar pela observação de grãos de amido acumulados no estipe das palmeiras (Tomlinson, 1990).

Em condições de estresse hídrico, a tensão do xilema da folha tenderia ser maior do que a tensão do estipe, levando ao aparecimento de rupturas do fluxo hidráulico nas folhas e não no tronco. A perda da integridade hidráulica seria menos danosa ao nível da folha, pois, uma vez que não sendo possível recompor o fluxo, a folha entra em senescência e cai (Tomlinson, 1990).

10. Solos e nutrição

As maiores exigências do babaçu em relação aos solos estão nas características físicas dos mesmos. No entanto, mesmo neste critério, apresenta uma plasticidade muito grande. Porém, solos excessivamente argilosos, pouco profundos e/ou com camadas impermeáveis não são tolerados pelas palmeiras (Souza, 1968).

Em relação ao pH, adapta-se também em uma grande faixa, que varia de 6,2 a 8,3. Altas produtividades são obtidas sobre solos vulcânicos, que têm pH igual a 7,0 (Child, 1974; Frémond et al., 1966).

Sob o ponto de vista de nutrição, o coqueiro é uma planta exigente em potássio e nitrogênio. As razões para tamanha demanda de potássio não são muito claras, conforme descrito por Malavolta et al. (1976). Esses pesquisadores relatam que a principal função do potássio parece ser a manutenção da turgescência de órgãos, tecidos e células vegetais, fato imprescindível para o desenvolvimento normal dos processos metabólicos. Mediante o efeito balanceado entre a respiração, a transpiração e a fotossíntese, este elemento mantém em equilíbrio a economia hídrica da planta, reduzindo, com isto, sua tendência ao murchamento.

11. Fotossíntese e translocação

É uma planta de pleno sol, que cresce em regiões quentes. Logo, é de se esperar que sua taxa fotossintética seja alta, mesmo sendo uma planta C3. Mesmo sem dados específicos para o babaçu, é interessante observar-se, a título de comparação, a referência de Corley (1983), contida na Tabela 3, onde são colocados os dados de duas outras palmeiras, o dendezeiro e a palmeira produtora de sagú (*Metroxylon* spp.), quanto as suas características fotossintéticas. Ainda com relação à fotossíntese, foi constatada uma maior eficiência nas folhas novas, totalmente abertas, do que nas folhas mais velhas, segundo Mathew e Ramadasan (1974).

Tabela 3. Características fotossintéticas de duas palmeiras (Adaptado de Corley, 1983).

Palmeira	Fotossíntese máxima (mg CO ₂ dm ⁻² h ⁻¹)	Saturação (% da luz solar)	Temperatura Ótima (°C)
Dendezeiro	> 20	25	33
<i>Metroxylon</i> spp.	13	17	-

12. Florescimento e frutificação

Frutifica a partir do oitavo ano e alcança a produção plena após 15 anos. Seus frutos (cocos) são muito apreciados, tanto pelo homem como pela fauna silvestre. Cada safra pode ter entre 3 e 5 cachos, e cada cacho pode produzir de 300 a 500 cocos. A produção de cocos pode variar muito. O pico de florescimento acontece entre janeiro e abril e os frutos amadurecem entre agosto e dezembro. As abelhas são os principais polinizadores do babaçu. Elas são atraídas pela cor amarelada das flores, pelo cheiro agradável e pelo pólen proteico. A safra se concentra no período seco ao início do período chuvoso, podendo variar conforme a região e as condições naturais (Carrazza et al., 2012).

Tabela 4. Períodos para coleta de coco babaçu em três estados (Adaptado Brasil, 2010).

Estados	Época de Coleta	Ponto Máximo de Safra
Maranhão	julho – dezembro	setembro – novembro
Piauí	agosto – dezembro	novembro – dezembro
Goiás	junho – dezembro	agosto - setembro

Tabela 5. Floração, frutificação e queda de coco babaçu (Adaptado Brasil, 2010).

Estação	Chuvosa					Seca				Chuvosa		
Fase / mês	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Floração	★	★	★	★								
Frutificação						★	★	★	★	★	★	★
Pico de queda								★	★	★	★	★

13. Zoneamento agroclimático e adaptações ao meio ambiente

O babaçu é um tipo de palmeira da família botânica Arecaceae, presente em diversos países da América Latina. A palmeira do coco babaçu é de origem brasileira, encontrada na região amazônica e mata atlântica do Estado da Bahia. Além do Brasil, são nativas de Trinidad e Tobago, Colômbia, Venezuela, Suriname, Guiana, Guiana Francesa, Equador, Peru, Bolívia e Paraguai (Henderson et al., 1995). É uma planta típica da região de transição

entre o cerrado, a mata amazônica e o semiárido nordestino brasileiro. Seu crescimento é espontâneo nas matas da região amazônica. O babaçu é muito conhecido entre populações tradicionais brasileiras (Carrazza et al., 2012; Machado, 2006).

Os babaçuais prevalecem em áreas do noroeste do Piauí e nordeste do Maranhão, concentrando-se em áreas com maior teor de umidade, muito embora, de acordo com Nascimento (2004), existam babaçuais por toda a região Norte, norte da região Centro-Oeste (Goiás e Mato Grosso), parte da região Sudeste (Minas Gerais) e, além de Piauí e Maranhão, também na Bahia, completando a região Nordeste. Segundo Romariz (1996), os babaçuais ocorrem em faixas de transição limítrofes da floresta latifoliada equatorial e entre vários domínios fitogeográficos (Rios, 2001). A dominância do babaçu deve-se, entre diferentes fatores, ao desenvolvimento mais rápido o que torna a espécie livre de competição (Nunes et al., 2012).

Nessas regiões, o babaçu é encontrado principalmente em formações conhecidas como babaçuais que cobrem cerca de 196 mil km² no território brasileiro, com ocorrência concentrada nos estados do Maranhão, Tocantins e Piauí, na região conhecida como Mata dos Cocais (transição entre Caatinga, Cerrado e Amazônia) (Carrazza et al., 2012).



Figura 1. Ocorrência de *A. phalerata* e *A. speciosa*, no Brasil (Adaptado de Lorenzi, 2010).

14. Estratégias para altas produções

Apesar de sua ocorrência natural em abundância, nas áreas de produção também é comum plantar e manejar o babaçu, sendo o período chuvoso a melhor época para o plantio. Babaçuais muito adensados estimulam a competição entre as palmeiras e por isso podem ser pouco produtivos. Nesses casos, é fundamental realizar o manejo para melhorar a produção (Carrazza et al., 2012).

O babaçu, sendo uma cultura extrativista, tem-se como estratégias para altas produções as técnicas de manejo das matas. Babaçuais muito adensados estimulam a competição entre as palmeiras, sendo, portanto, pouco produtivos. Em áreas muito adensadas com pindobas (palmeiras jovens), o manejo pode ser feito com o raleamento ou desbaste, tanto das pindobas como das palmeiras adultas, proporcionando espaço para o desenvolvimento de novas palmeiras (Carrazza et al., 2012).

É recomendado selecionar e identificar pindobas que serão mantidas para substituição das palmeiras velhas e improdutivas. Retirar as palmeiras que não produzem mais cachos, as doentes e mortas, mantendo somente as mais produtivas. Em sistemas silvo pastoril, manter no mínimo 80 palmeiras adultas e 80 pindobas por hectare. Em roçados, manter no mínimo 60 palmeiras adultas e 60 pindobas por hectare. O consórcio da palmeira com outras culturas anuais como arroz, milho, feijão e mandioca é altamente viável, assim como com pastagens para animais (Brasil, 2010; Carrazza et al., 2012).

15. Efeitos de reguladores vegetais

Os reguladores vegetais são utilizados em babaçu na propagação *in vitro* para a indução de embriões somáticos, adicionados ao meio de cultura. Para a indução as auxinas são utilizadas sozinhas ou combinadas com citocininas. O 2,4-D (ácido 2,4-diclorofenoxiacético) é utilizado na formação do calo e/ou na indução da embriogênese. Auxinas e citocininas são os biorreguladores mais utilizados porque são capazes de regular o ciclo celular e disparar a divisão celular. O ácido abscísico (ABA) promove a transição de embriões somáticos da fase de proliferação para a maturação (Gaj, 2004).

16. Senescência e aproveitamento de resíduos

As folhas do babaçu servem para fazer esteira, cestos, chapéus, abanos, entre outros. O tronco pode ser utilizado para construir as estruturas das casas. As fibras do epicarpo podem ser aproveitadas para a produção de xaxim, estofados, embalagens, vasos, placas, murais. Do coco babaçu é extraído também o mesocarpo, substância rica no amido usado na alimentação

humana e de animais. Depois de extraídas as amêndoas e o mesocarpo, sobram como resíduos as cascas e o endocarpo, substância lenhosa de variadas aplicações. A produção de carvão é a mais relevante (Carraza et al., 2012).

Referências

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. **Diretrizes técnicas para boas práticas de manejo florestal não madeireiro da palmeira babaçu.** Brasília, 2010.

CARRAZZA, L.R.; SILVA, M.L.; ÁVILA, J.C. **Manual tecnológico de aproveitamento integral do fruto de babaçu.** Brasília: Instituto Sociedade, População e Natureza, 2012. 68 p.

CAVALLARI, M.M.; TOLEDO, M.M. What is the name of the babassu? A note on the confusing use of scientific names for this important palm tree. **Rodriguésia**, v. 67, n. 2, p. 533-538, 2016.

CHAVES, L.S. **Indicadores palinológicos do babaçu (*Orbignya phalerata* Mart.) *Arecaceae* em ecossistemas antrópicos e naturais na Amazônia Central.** Manaus: UFAM, INPA, 2006.

CHILD, R. **Coconuts.** London: Longman, 1974. 335 p.

CORLEY, R.H.V. Oil palm and other tropical tree crops. In: SYMPOSIUM ON POTENTIAL PRODUCTIVITY OF FIELD CROPS UNDER DIFFERENT ENVIRONMENTS, 1983. **Annals...** International Institute Rice Research, 1983. p. 383-413.

FERREIRA, A.J.A. O babaçu enquanto alternativa energética no Maranhão: possibilidades. **Ciências Humanas em Revista**, v. 3, n. 2, 2005.

FRÉMOND, Y.; ZILLER, R.; LA MOTHE, M.N. **The coconut palm.** Berna: International Potash Institute, 1966. 227 p.

FUNDAÇÃO DE AMPARO À PESQUISA DO ESTADO DO PIAUÍ. O potencial do babaçu. **Sapiência**, n. 24, p. 4-13, 2010.

GAJ, M.D. Factors influencing somatic embryogenesis induction and plant regeneration with particular reference to *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh. **Plant Growth Regulation**, n. 43, p. 27-47, 2004.

HENDERSON, A. **The palms of the Amazon.** New York: Oxford University Press, 1995. 388 p.

HENDERSON, A.; GALEANO, G.; BERNAL, R. **Field guide to the palms of the Americas.** Princeton: Princeton University Press, 1995. 502 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção de extração vegetal e da silvicultura**. SIDRA: banco de dados integrados, 2018. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/>>. Acesso em: 23 abr. 2020.

JIMENEZ, V.M. Involvement of plant hormones and plant growth regulators on *in vitro* somatic embryogenesis. **Plant Growth Regulation**, v. 47, p. 91-110, 2005.

LEDO, A.S. et al. Cultura *in vitro* de embriões zigóticos de açaizeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 23, p. 13-22, 2001.

LEMO, J.J. S.; SOUZA, R.C. Sistemas agroextrativistas como alternativa de preservação da palmeira de babaçu no Maranhão. **Revista de Política Agrícola**, n. 1, p. 82-95, 1992.

LORENZI, H. et al. **Flora brasileira: Arecaceae** (palmeiras). Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2010. 368 p.

MACHADO, G.C.; CHAVES, J.B.P.; ANTONIASSI, R. Composição em ácidos graxos e caracterização física e química de óleos hidrogenados de coco babaçu. **Revista Ceres**, v. 53, n. 308, p. 463-470, 2006.

MALAVOLTA, E. et al. **Nutrição mineral e adubação das plantas cultivadas**. São Paulo: Ed. Pioneira, 1976. 727 p.

MATA, L.R. **Caracterização molecular e anatômica do complexo babaçu (*Attalea spp.*, *Arecaceae*)**. 2016. 149 f. Dissertação (Mestrado em Botânica) - Universidade de Brasília, Brasília, 2016.

MATHEW, C.; RAMADASAN, A. Studies on photosynthesis in coconut palm. **Indian Journal of Experimental Biology**, v. 12, n. 6, p. 589-591, 1974.

MURRAY, D.B. Coconut. In: ALVIM, P.T.; KOZLOWSKY, T.T. **Ecophysiology of tropical crops**. New York: Academic Press, 1977. p. 383-407.

NASCIMENTO, U.S. **Carvão de babaçu como fonte térmica para sistema de refrigeração por absorção no Estado do Maranhão**. 2004. 98 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

NEVES, S.C. et al. Diaspore structure and germination ecophysiology of the babassu palm (*Attalea vitrivir*). **Flora**, v. 208, p. 68-78, 2013.

NUNES, L.A.P.L. et al. Caracterização da fauna edáfica em sistemas de manejo para produção de forragens no Estado do Piauí. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, n. 1, p. 30-37, 2012.

PINTAUD, J.C. Las palmeras en América Del Sur: an overview of the taxonomy of *Attalea* (*Arecaceae*). **Revista Peruana Biología**, p. 55-68, 2008.

PURSEGLOVE, J.W. Palmae. In: PURSEGLOVE, J.W. **Tropical crops: monocotyledons**. New York: John Willey, 1972. v. 2, p. 444-450.

RIOS, L. **Estudos de geografia do Maranhão**. São Luís: Gráphis Ed., 2001. 317 p.

ROMARIZ, D.A. **Aspectos da vegetação brasileira**. 2. ed. São Paulo, 1996. 60 p.

SALM, R. Tree species diversity in a sesonally-dry forest: the case of the Pinkaití site, in the Kayapó indigenous area, southeastern limits of the Amazon. **Acta Amazonica**, v. 34, n. 3, p. 435-443, 2004.

SILVA, M.R. **Distribuição do babaçu e sua relação com os fatores geoambientais na bacia do Rio Cocal, Estado do Tocantins**. 2008. 91 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade de Brasília, Brasília, 2008.

SOUZA, F.E. **Aspectos da cultura do coqueiro no Nordeste**. Recife: SUDENE, 1968. 123 p.

TOMLINSON, P.B. **The strutural biology of palms**. New York: Claredon Press Oxford, 1990. 223 p.

CANOLA



CANOLA (*Brassica napus*)

Carlos Dornelles F. Soares

Jéssika Angelotti Mendonça

Lucas Baiochi Riboldi

1. Origem e distribuição geográfica

A canola (*Brassica napus* L.) é uma oleaginosa, proveniente do melhoramento genético da colza, que por sua vez, teve origem através da hibridização interespecífica que aconteceu de forma espontânea entre a mostarda (*Brassica rapa* L., syn. *campestres*) e o repolho selvagem (*Brassica oleracea* L.). Alguns autores afirmam que essa espécie surgiu no norte da Europa, enquanto outros sugerem que foi na região mediterrânea, onde ambas espécies progenitoras existem (Snowdon et al., 2006).

A espécie é dividida em duas subespécies. A spp. *oleifera*, utilizada para produção de óleo, tanto para a indústria alimentícia como para a produção de biodiesel, sendo também

utilizada em práticas como a rotação de culturas e para ração animal (Tomm et al., 2007). A outra subespécie, a spp. *rapifera*, chamada também de rutabaga ou nabo sueco, possui raízes alongadas, e sua parte aérea é usualmente usada para confecção de forragem (Callihan et al., 2000; Inomata, 2006).

A espécie possui adaptação tanto para cultivo no inverno, como na primavera. Na Europa, são cultivados os tipos de inverno, já em países como Austrália e Canadá são usados os tipos de primavera (Dalmago et al., 2009). No Brasil é cultivada apenas a *Brassica napus* L. var. oleifera, tipo de primavera (Tomm, 2007). A principal diferença entre os dois tipos, é que os cultivares de inverno necessitam de um período de vernalização, ou seja, temperaturas inferiores a 7°C por um período mínimo de oito semanas, para que haja o florescimento. Enquanto os cultivares de primavera exigem fotoperíodo longo e não precisam de vernalização (Cordeiro et al., 1999).

O maior produtor mundial de canola é a Austrália, que em 2013 produziu pouco mais de 4 milhões de toneladas de grãos (FAO, 2014). O Brasil tem uma área plantada de canola estimada em torno de 45 mil hectares, com uma produtividade média de 1527 kg ha⁻¹. Os principais produtores nacionais são os estados do Paraná e Rio Grande do Sul, a produção nacional em setembro de 2014, atingiu 69 mil toneladas, 8,5 mil toneladas a mais do que em 2013 (Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB, 2014).

2. Classificação botânica, morfologia e anatomia

A classificação botânica da canola, de acordo com Engler, Cronquist e a terceira versão do Angiosperm Phylogeny Group (APG) está apresentada na Tabela 1.

Tabela 1. Classificação botânica da canola segundo a Engler, Cronquist e APG III System.

	Engler	Cronquist	APG III
Reino	Plantae	Plantae	Plantae
Divisão	Angiospermae	Magnoliophyta	Angiospermae
Classe	Dicotyledoneae	Magnolipsida	<u>Eudicotyledoneae</u>
Ordem	Papaverales	Capparales	Brassicales
Família	Cruciferae	Brassicaceae	Brassicaceae
Gênero	<i>Brassica</i>	<i>Brassica</i>	<i>Brassica</i>
Espécie	<i>Brassica napus</i> L.	<i>Brassica napus</i> L.	<i>Brassica napus</i> L.
Subespécies	<i>B. napus</i> ssp. <i>oleifera</i> e <i>B. napus</i> ssp. <i>rapifera</i>	<i>B. napus</i> ssp. <i>oleifera</i> e <i>B. napus</i> ssp. <i>Rapifera</i>	<i>B. napus</i> ssp. <i>oleifera</i> e <i>B. napus</i> ssp. <i>Rapifera</i>

A *Brassica napus* L. apresenta raiz do tipo pivotante, com grande quantidade de raízes secundárias. O caule é ereto, podendo alcançar até 1,5 metro de altura. Possui folhas carnudas, lisas, de coloração verde-azulada, sendo que as folhas inferiores apresentam pecíolos, já as superiores estão ligadas diretamente ao caule. A inflorescência é alongada, não apresentam brácteas e é do tipo rácimo, ou seja, os pedicelos das flores ficam distribuídos em diferentes alturas na mesma haste floral. As flores são formadas por 4 pétalas de coloração amarela, cada uma medindo entre 7 e 11 mm de comprimento. O fruto é uma vagem deiscente do tipo siliqua, que pode medir entre 5 e 10 cm, firmada em pedicelos de 1 a 3 cm de comprimento. A siliqua (seca) apresenta uma ponta curta de formato cônico, na qual são produzidos cerca de 15 a 25 grãos por vagem. Estes possuem formato redondo com diâmetro variando entre 1,5 e 3 mm, apresentando coloração que pode variar desde um marrom-avermelhado até preto-azulado (Tomm et al., 2009; Buzza, 1991; Callihan et al., 2000). Os grãos apresentam geralmente entre 24 e 27% de proteína e de 38 a 50% de óleo (Tomm et al., 2009; Mohammadi; Rokhzadl, 2012).

3. Desenvolvimento da planta

A duração dos estádios de crescimento da canola é variável de acordo com a temperatura, umidade, intensidade luminosa, sanidade e qualidade da semente, disponibilidade de nutrientes e pelo material genético (híbrido ou variedade). Os estádios de desenvolvimento da canola são facilmente reconhecíveis, divididos nas seguintes etapas, de acordo com Sardi (2009): germinação e emergência (A), desenvolvimento e produção das

folhas (B), formação de brotações laterais e alongamento do caule (C), emergência dos botões florais e inflorescência (D), florescimento (E), desenvolvimento do fruto (F), desenvolvimento e amadurecimento das sementes (G) e por último a senescência, representadas na Figura 1.

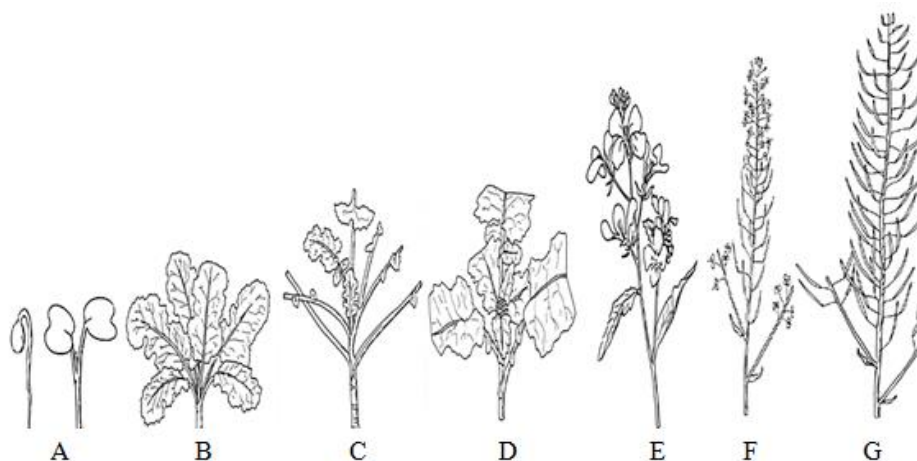


Figura 1. Etapas do desenvolvimento da canola (*Brassica napus* L. var. *oleífera*). (Adaptado de Sardi, 2009).

3.1 Germinação

Após o contato com a água e a completa embebição, a semente começa a emitir a radícula, que posteriormente desenvolve pelos radiculares. Ao mesmo tempo, ocorre a emissão do hipocótilo, que ao crescer e emergir do solo, emite dois cotilédones. Após a emergência, segue a próxima etapa, o desenvolvimento das folhas (Weber; Bleiholder, 1990; Lancashire et al., 1991).

A raiz atinge cerca de 3 a 5 cm na emergência, o sistema radicular vai se desenvolvendo à medida que a haste se alonga. A profundidade da raiz de canola pode variar entre 1,1 e 1,5 metros dependendo da variedade e condições de água e nutrientes do solo (Johnston et al., 2002). As condições do solo são cruciais para o bom desenvolvimento da canola, os estádios mais sensíveis são o de plântula, surgimento do botão floral e formação das siliquis. O encharcamento do solo acarreta redução da taxa fotossintética e senescência precoce, reduzindo o rendimento da cultura (Zhou; Lin, 1995). Outros fatores como aeração inadequada e compactação do solo, contribuem para a morte da raiz.

Diversos fatores podem interferir na germinação da canola, tais como qualidade e sanidade da semente, tamanho, microrganismos presentes no solo, entre outros. Os microrganismos do solo podem causar doenças que diminuem o poder de germinação ou

podem causar infecções nas plântulas. As sementes de maior tamanho germinam mais rápido e geram plântulas com maior vigor do que sementes menores, devido a maior quantidade de reservas. Não é indicada a semeadura em solos salinos, devido ao baixo potencial osmótico da solução do solo, fazendo com que a semente não germine (Thomas, 2003).

Jacob Junior et al. (2012), relatam que diferentes densidades de semeadura, bem como a distribuição espacial, não influenciam na qualidade fisiológica da semente de canola. Entretanto, afirmam que existem correlações entre a densidade de semeadura e o rendimento, que é maior, com uma densidade de 250 mil plantas por hectare.

A velocidade de emergência da canola depende das condições de temperatura, umidade e estrutura do solo. Sob altas temperaturas e solo úmido, a emergência ocorre 4 dias após a semeadura (DAS). Já sob temperaturas baixas, o período é de 14 DAS, chegando a 30, se o solo estiver seco (Tomm, 2007, 2009).

3.2 Crescimento e desenvolvimento

Os cotilédones apresentam formato reniforme e se tornam verdes quando expostos à luz. As folhas verdadeiras vão surgindo e, sob condições favoráveis de cultivo, a canola chega a produzir entre 10 e 15 folhas, muito embora não haja um número de folhas definido (Sardi, 2009).

Com o desenvolvimento da planta, vão surgindo as primeiras brotações laterais. A canola, quando desenvolvida, apresenta em torno de 9 ou mais brotações laterais. A partir de então a haste caular começa a se alongar, evidenciando os entrenós. A altura e diâmetro do caule dependem da umidade e fertilidade do solo, variedade e densidade das plantas. A fase entre a semeadura e o surgimento da primeira flor pode variar entre 40 e 60 dias. O caule representa uma estrutura fotossintética importante no período de desenvolvimento das vagens e das sementes (Weber; Bleiholder, 1990; Lancashire et al., 1991; Thomas, 2003).

A inflorescência começa a se desenvolver quando os primeiros botões florais aparecem entre as folhas do caule, caracterizando o estágio chamado de “botão/gema verde”, as gemas florais ficam visíveis localizadas acima das folhas mais jovens, porém não estão livres destas. Com o crescimento do caule, os botões vão se separando das folhas e começam a surgir os ramos. A formação da inflorescência principal e a secundária se dão quando as primeiras pétalas dos botões começam a ficar à mostra, apresentando coloração amarela, porém ainda permanecem fechadas, etapa conhecida como botão/gema amarelo (Weber; Bleiholder, 1990; Lancashire et al., 1991). O número de ramos por planta é maior em cultivos

com baixa densidade de plantas, podendo variar geralmente entre 6 e 2 ramos (Ozer, 2003; Jacob Junior et al., 2012).

3.3 Florescimento, frutificação e senescência

As flores de canola, geralmente, são pequenas, organizadas na forma de rácimo terminal, de simetria radial, hermafroditas, cíclicas e diclamídias, de coloração amarela, com 1,2 a 1,8 cm de diâmetro. As flores são constituídas de quatro sépalas e quatro pétalas dispostas em formato de cruz, característica marcante da família *Brassicaceae*.

Os órgãos reprodutores são formados por um pistilo, quatro estames longos férteis e dois estames curtos estéreis. A floração é acrópeta em cada rácimo (Cordeiro et al., 1999), ocorrendo primeiro na haste principal e posteriormente, nas secundárias, em ordem de surgimento das mesmas (Dalmago et al., 2009).

O período reprodutivo da canola inicia-se quando os botões florais aparecem no centro da roseta. Simultaneamente à alongação da haste floral, surgem as hastes secundárias nas axilas foliares. A abertura da primeira flor marca o início do florescimento. Esse processo ocorre na base da inflorescência da haste principal e se estende em direção a parte superior da mesma. O florescimento ocorre nas hastes secundárias de 2 a 4 dias após seu início na haste principal. As flores permanecem receptivas à polinização por três dias após a antese e, a fecundação ocorre um dia após a polinização (Dalmago et al., 2009).

A polinização das flores de canola é essencialmente entomófila, sendo que as abelhas ocupam papel de destaque nesse processo. Abrol (2007), afirmou que um terço da área cultivada de canola é polinizada por insetos, e que este processo não só promove incremento de produtividade, como também contribui para a uniformidade de maturação e precocidade da colheita.

O florescimento é o estágio de desenvolvimento que tem maior interferência na produtividade da canola (*Brassica napus* L.). É nesse período em que há a fixação do número de siliques por planta e sementes por síliqua. No entanto, este período é coincidente a uma menor produção de fotoassimilados devido à um maior sombreamento das folhas, pela inflorescência e posteriormente, pelas siliques, podendo reduzir a fotossíntese em até 40%. Além disso, durante o florescimento, as plantas são mais sensíveis ao estresse hídrico, o que pode levar a uma perda de produção ainda maior (Diepenbrock, 2000).

Apenas 40 a 50% das flores emitidas formam frutos produtivos, as demais flores ou frutos são abortados. O fruto da canola é alongado e seco, do tipo síliqua, fruto cujas sementes ficam presas em uma partição central, e duas valvas protetoras se abrem quando o fruto

amadurece (Dalmago et al., 2009). As siliquas são frutos deiscentes e as sementes, quando maduras, caem no solo com facilidade. O peso de 1000 sementes varia de 4 a 6 gramas.

As sementes são ovóides, quase esféricas, com 1 a 2 mm de diâmetro e de coloração verde, passando a amarela, e castanho-escuro ou preta, dependendo do grau de maturação e da espécie. São formadas por dois cotilédones bem desenvolvidos, contendo em torno de 38% de óleo e 23% de proteínas (Cordeiro et al., 1999).

De acordo com Dalmago et al. (2009), o período de floração da canola é longo, com duração média de 30 a 35 dias, podendo atingir até 45 dias em híbridos de ciclo longo, o que permite compensar a perda de flores por condições climáticas adversas como, geada e temperatura acima do limite crítico. No entanto, as flores emitidas nos primeiros 15 dias de floração apresentam maior potencial para formar siliquas produtivas.

A maturação da canola é alcançada entre 40 e 60 dias após o florescimento, podendo chegar a 87 dias nas condições do sul do Brasil, onde há prevalência de genótipos de ciclo mais longo. No momento em que são observados de 40 a 60% dos grãos nas siliquas com coloração marrom, a canola atinge seu ponto de maturação fisiológica, a partir desse estágio não ocorre acréscimo de biomassa na planta (Dalmago et al., 2009).

4. Efeitos de fatores ecológicos

4.1 Temperatura

A canola é originalmente uma planta adaptada a condições amenas e com chuvas regularmente distribuídas ao longo de seu período de crescimento. Temperaturas entre 5° e 25°C são ideais para o cultivo, sendo que temperaturas abaixo de 5°C provocam a inibição da germinação e emergência de plântulas, assim como acima de 25°C causam estresse térmico e falhas no florescimento e frutificação.

A canola cultivada hoje no Brasil apresenta considerável resposta à temperatura do ar, sendo este o fator ambiental que regula o desenvolvimento da planta (Thomas, 2003). São plantas oriundas de cultivares de primavera, mais adaptados às nossas condições.

Altas temperaturas reduzem o período de floração e de maturação, além de afetar a viabilidade do grão de pólen e a receptividade das flores, traduzindo-se em menores rendimentos. Essas condições, quando aliadas ao déficit hídrico, são as maiores causas de perdas na produção. Um importante efeito da temperatura do ar nas plantas é a definição dos estádios fenológicos, já que a elevação desta acelera os estádios de crescimento da planta, encurtando o ciclo total, ocasionando perdas de qualidade das sementes e de produtividade.

4.2 Radiação solar

A radiação solar é o principal recurso que determina o crescimento e a produtividade das culturas, quando as condições hídricas e nutricionais não são limitantes. A interceptação e utilização desta fonte são realizadas pelas folhas das plantas. A arquitetura da copa é essencial para esta interceptação (Soetedjo et al., 1998). A interceptação da radiação solar é baixa no início do desenvolvimento da planta e tem sua máxima eficiência no período próximo a floração.

A radiação incidente é um fator intimamente relacionado ao espaçamento entre as plantas. Quanto menor o espaçamento, ao redor de 120 plantas por metro quadrado, para canola, as plantas crescem mais, porém a produção de sementes é menor. Neste caso há grande competição das plantas pela radiação incidente, reduzindo a produção de sementes por planta e gerando possíveis problemas com o crescimento exagerado das plantas, como acamamento. Um espaçamento em torno de 80 plantas por metro quadrado é um espaçamento em que foi obtida a máxima produtividade (Soleymani; Shahrajabian, 2012).

O excesso de radiação solar, aliado a altas temperaturas, são os principais fatores que levam a perda de produção da canola. Porém, estudos com plantas submetidas a altos níveis de radiação solar, principalmente UVB, desenvolveram níveis expressivos de flavonoides e carotenoides, que atuam como protetores contra o excesso de radiação solar e teores mais elevados de clorofila a. Deste modo, o crescimento vegetativo e a produção de biomassa são elevados (Sangtarash et al., 2009).

4.3 Ventos

O vento intenso afeta a cultura da canola da mesma maneira que outras plantas cultivadas, seja na modificação do microclima, danos a partes da planta, acamamento e também na floração, causando problemas na polinização. Outro fator importante, é que a canola apresenta alta deiscência natural, ou seja, a abertura das síliquas antes da colheita causam perdas expressivas de grãos. O excesso de ventos aumenta o atrito entre as síliquas e consequente abertura das mesmas. Assim, recomenda-se a colheita assim que seja completada a maturação fisiológica dos grãos (Dalmago et al., 2009).

4.4 Geadas

A canola é suscetível a geada apenas até 30 dias após a germinação das plantas e durante o florescimento. Durante o crescimento das plantas, em geadas moderadas de até -3°C

houve recuperação das plantas, mas quando as temperaturas chegaram a -6°C houve perda total das plantas (Dalmago et al., 2009)

Durante a floração, a geada causa o abortamento das flores. Como a canola apresenta um longo período de floração, eventuais geadas no início da floração não irão comprometer muito a produtividade. Porém, se a geada ocorrer no final do florescimento e início do enchimento dos grãos, os prejuízos são maiores, pelo fato dos grãos estarem em seu estágio leitoso, com elevados teores de água. Após este período, não existem problemas (Thomas, 2003).

5. Fotossíntese e translocação

A canola é classificada como uma planta de ciclo fotossintético C3. Estudos na região sul determinaram que a canola possui seu ponto de compensação luminoso abaixo das outras culturas de inverno como trigo, cevada e aveia. Os híbridos mais cultivados na região sul apresentaram taxa fotossintética entre 40 a $55\ \mu\text{mol m}^{-2}\text{ s}^{-1}$, ou seja, estes híbridos necessitam de uma menor intensidade luminosa para apresentar fotossíntese líquida positiva.

Valores de $A_{\text{máx}}$ entre 15 a $20\ \mu\text{mol de CO}_2\ \text{m}^{-2}\text{ s}^{-1}$ foram encontrados quando a DFFA (densidade de fótons fotossinteticamente ativos) se aproximaram de $1500\ \mu\text{mol de fótons m}^{-2}\text{ s}^{-1}$. Pôde-se observar ainda que não houve saturação luminosa mesmo após $1500\ \mu\text{mol de fótons m}^{-2}\text{ s}^{-1}$, indicando uma adaptabilidade da cultura em regiões subtropicais, onde as taxas de irradiância são mais elevadas do que em regiões temperadas.

Durante o florescimento e frutificação, é necessário que exista uma relação entre fonte e dreno suficiente para o enchimento das sementes. A maior parte do processo que limita a fonte está relacionado com a diminuição da área fotossinteticamente ativa, causada pelo início do florescimento. A densidade de plantas é um dos componentes essenciais para a produtividade, do mesmo modo que a distribuição das mesmas na área é outro pré-requisito para a estabilidade de produção.

A produtividade das sementes é diretamente proporcional à radiação fotossintética incidente nas plantas durante a fase de granação. Neste período, as vagens são responsáveis pelo abastecimento de fotoassimilados para as sementes. A exportação dos mesmos se inicia duas semanas após a fertilização. Além disso, neste período ocorre a mobilização de carboidratos de reserva das raízes, caules e folhas para as sementes, contribuindo em torno de 15% para o rendimento total da cultura (Diepenbrock, 2000).

Estudos recentes mostram que durante o crescimento das siliquas, o CO_2 fica retido em seu interior, sendo posteriormente refixado pela parede das mesmas ou pela semente. Isto

ocorre devido as paredes das siliques serem esclerificadas, o que dificulta a difusão dos gases gerados na respiração para o meio externo. Esta concentração de CO_2 seria responsável pela síntese de lipídios nas sementes que ocorre em torno de 20 a 30 dias após a antese. A elevação nas taxas de atividade da rubisco sustenta esta informação (King et al., 1998).

6. Relações hídricas

A canola é uma planta que necessita de boas condições de água no solo, distribuída adequadamente ao longo do ciclo, principalmente no período de floração, aliada a temperaturas amenas. O sucesso da canola nas pradarias canadenses se deve principalmente a estes fatores e a qualidade dos solos, que conseguem absorver e armazenar grandes quantidades de água. A evapotranspiração média da canola no Rio Grande do Sul é de $1,87 \text{ mm dia}^{-1}$ (Westphalen; Bergamaschi, 1982) com valor máximo de $2,8 \text{ mm dia}^{-1}$. Sendo assim apontada uma necessidade hídrica ao redor de 310 mm durante o ciclo da canola.

As necessidades hídricas da canola dependem da variedade utilizada, mas se assemelham em muito a plantas tidas pelos brasileiros como culturas de inverno, englobando neste grupo o trigo, aveia e cevada. Porém, em comparação com as mesmas, a canola tem perdas expressivas de produtividade quando a disponibilidade hídrica é semelhante, devido a sua maior necessidade de água. As variedades polonesas de canola tendem a usar menos água que as argentinas, pois apresentam maturação mais precoce, o que diminui consideravelmente o uso da água. Deste modo, em locais secos e com problemas oriundos do frio, recomenda-se utilizar variedades mais precoces.

A canola é uma planta relativamente sensível à falta de água. É uma planta originária de regiões frias, adaptada a condições de baixa evapotranspiração. No Canadá é cultivada principalmente nos meses mais quentes do ano, porém, o mesmo não ocorre no Brasil. A necessidade de frio faz seu cultivo ser quase exclusivo das regiões mais frias do sul do país, onde temos horas de frio e umidade do solo compatíveis para o crescimento adequado da cultura (Birunara et al., 2011).

Condições de falta de água no cultivo da canola influenciam desfavoravelmente o florescimento e a formação das siliques e grãos. Em plantas pertencentes à família Brassicaceae, o número de sementes corresponde com a quantidade de siliques por planta. A principal consequência da falta de água no período de formação das sementes é a abscisão das siliques, que diminui intensamente o peso seco das mesmas. Porém, esta diminuição leva a um aumento no tamanho das sementes, se comparada com sementes de plantas em condições irrigadas (Dalmago et al., 2009).

A falta de água compromete principalmente a granação das sementes. Vários estudos apontam que a irrigação complementar, principalmente em locais secos, durante este período, aumenta o tempo de floração e o número de sementes por siliqua, assim como a área foliar e deste modo, a quantidade de fotoassimilados. Além disso, o uso de cultivares mais precoces, também chamados de cultivares de primavera, encurtam o período de permanência das plantas no campo, evitando assim problemas com períodos mais secos (Birunara et al., 2011).

7. Solos, nutrição e micorrizas

Os solos para o cultivo da canola devem ser bem drenados e sem compactação. O pH do solo deve ser superior a 5,5. Deve-se evitar áreas de cultivo onde tenha sido plantado canola por pelo menos 2 anos, já que podem abrigar doenças como canela preta (*Leptosphaeria maculans* [fase teleomórfica: *Phoma lingam* (Tode) ex. Shaw. Desm.]) e a esclerotínia (*Sclerotinia sclerotiorum*).

A canola é uma planta exigente em termos nutricionais, principalmente em nitrogênio e enxofre. Deve-se evitar acidez excessiva do solo ou baixo teor de matéria orgânica, a fim de se obter elevadas produtividades. Cada solo deve passar por análise prévia dos nutrientes disponíveis, mas geralmente recomenda-se a aplicação de 20 kg de N ha⁻¹ junto com 20 kg de S ha⁻¹, na semeadura e mais 40 kg de N ha⁻¹, em cobertura (Tomm, 2007).

A canola tem uma alta demanda e resposta ao nitrogênio, sendo que a maior parte deste nutriente deve ser aplicado na semeadura, no entanto pode também ser aplicado durante o crescimento, em cobertura. O resultado da aplicação de N é bastante variável, dependendo das condições de cultivo, mas a literatura relata produções em torno de 2600 a 2800 kg ha⁻¹, quando o nitrogênio é aplicado adequadamente. Estudos recentes apontam que doses de aproximadamente 90 kg ha⁻¹ de nitrogênio levam à máxima produtividade no sul do país, não importando a fonte aplicada, seja sulfato de amônio ou ureia.

Deve-se tomar cuidado com o excesso de fertilização, principalmente durante a semeadura, já que as sementes de canola são altamente suscetíveis a queimaduras pelo fertilizante. Na produção de canola, a aplicação de nitrogênio em cobertura é indispensável para obter rendimentos satisfatórios (Sociedade Brasileira de Ciência do Solo - SBCS, 2004). Como se trata de uma cultura utilizada em rotação, principalmente de culturas como soja e milho, não são observadas deficiências de fósforo e potássio. Porém, a adubação potássica eleva a produtividade e melhora a qualidade fisiológica e sanitária das sementes.

A indicação de canola como uma planta para ser utilizada em rotação de culturas, vem do fato desta acumular mais nutrientes que o trigo, por exemplo. No resíduo deixado na

colheita, foram encontrados 40% de nitrogênio, 30% de fósforo e 85% de potássio. Esta ciclagem de nutrientes é extremamente importante para a cultura subsequente, proporcionando grandes benefícios (Jackson, 2000).

A canola é uma planta que tem suas sementes ricas em óleo de altíssima qualidade e de elevados teores proteicos. Por isso, é exigente em adubação com enxofre, fonte principal para a formação de aminoácidos e, conseqüentemente, proteínas. Sua formação vai levar a uma queda na produtividade, causando abortamento de flores e siliques pequenas e mal formadas. Costuma-se aplicar gesso como fonte de enxofre, principalmente antes da semeadura e sulfato de amônio como adubação de cobertura.

Plantas da família Brassicaceae não permitem tanto a colonização das raízes como a ligação das hifas dos fungos micorrízicos. Portanto, não são observados benefícios da colonização das raízes pelas micorrizas (Vierheilig et al., 2000). Como a canola é uma planta não micorrízica, ela necessita de zinco em solos alcalinos, tendo como fonte o solo ou aplicações foliares. Como não temos solos com pH elevado no Brasil, este nutriente é desconsiderado nas adubações.

8. Zoneamento agroclimático e adaptações ao meio ambiente

O zoneamento agroclimático é um conjunto de técnicas que inclui conhecimentos científicos de agrometeorologia, histórico estatístico de clima e pesquisas visando a determinação da aptidão climática das regiões de um país, estado ou município, para o cultivo de determinada espécie de interesse agrícola (Pereira et al., 2002).

A canola é tradicionalmente cultivada em regiões de clima temperado, geralmente em latitudes acima de 24 a 35°, com maior concentração entre os paralelos 40 e 50°N. No hemisfério sul, tem sido cultivada na Austrália e América do Sul, principalmente no Chile e Argentina (Dias, 1992).

As sementes de canola são muito pequenas (1 a 2 mm de diâmetro) o que as torna sensíveis às adversidades pedoambientais desde o plantio até a emergência. Em temperatura do solo inferior a 10°C e com baixo teor de água, a germinação e o crescimento das plântulas podem ser inviabilizados. De acordo com Dalmago et al. (2009), isso ocorre devido à baixa mobilização de lipídios sob baixas temperaturas, associado à limitação de energia disponível durante o crescimento inicial das plântulas de canola.

A geada é o fenômeno meteorológico mais prejudicial à canola no estágio de plântula, podendo também causar prejuízos se ocorrer durante o florescimento, com comprometimento parcial ou total da produção da lavoura. O dano é mais severo, com morte de plantas, quando

a geada ocorre sem um período de frio (pelo menos três dias) anterior a mesma, que é chamado de aclimação. A aclimação torna as plantas de canola mais tolerantes à geada, reduzindo ou até evitando os danos, dependendo da intensidade da geada (Tomm, 2014; Dalmago et al., 2010).

Durante o período de floração, altas temperaturas, acima de 27°C, são prejudiciais, principalmente associadas ao déficit hídrico, pois reduzem a duração dessa fase, e podem afetar a viabilidade do pólen e a receptividade das flores, resultando em redução de até 50% do rendimento de grãos, devido ao abortamento de síliquas (Cordeiro et al., 1999; Dalmago et al., 2009).

De acordo com Tomm (2007), a semeadura da canola na região norte e noroeste do Rio Grande do Sul deve ocorrer entre 14 de abril e 20 de junho, enquanto que na região sul do estado a recomendação é para o período de 15 de maio a 15 de junho ou entre 15 de agosto e 15 de setembro, devendo-se sempre observar a previsão de ocorrência geada próxima a data de plantio, o que pode debilitar ou matar as plantas durante o período de emergência.

Em estudo realizado por Vasconcelos et al. (2012), foi observada a viabilidade climática para a produção de canola na cidade de Ribeirão Preto, estado de São Paulo, uma vez que as características climáticas da região se apresentam coincidentes com as necessidades da planta. Dessa forma, a semeadura de canola na região deveria ocorrer na primeira quinzena do mês de março, para evitar possíveis danos causados por excesso de precipitação na colheita.

Recentemente, a cultura da canola foi introduzida na região Centro-Oeste do Brasil, sendo cultivada na entre safra de soja, milho e algodão. A canola é sensível ao déficit hídrico durante todo seu ciclo, assim como a altas ou baixas temperaturas. Para a região de Goiás é recomendada a realização da semeadura de canola entre o início de fevereiro e meados de março, sempre respeitando as indicações do Ministério da Agricultura quanto às combinações do tipo de solo e cultivar indicado para cada município, para não haver prejuízos com a produção (Brasil, 2011).

A Tabela 2 apresenta o período de semeadura indicado de acordo com as portarias elaboradas pelo Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Os seis estados brasileiros possuem zoneamento agroclimático a nível municipal descrito nas portarias.

Tabela 2. Zoneamento agroclimático dos estados produtores de canola (Adaptado de Brasil, 2012).

Estado	Período de Semeadura Canola
Rio Grande do Sul	11 de abril a 30 de junho
Santa Catarina	21 de março a 30 de setembro
Paraná	1 de março a 31 de maio
Mato Grosso do Sul	1 de fevereiro a 30 de abril
São Paulo	1 de março a 20 de maio
Goiás	1 de fevereiro a 10 de março

9. Estratégias para altas produções

O rendimento de grãos de canola é dependente da combinação de certos componentes como, o número de plantas por hectare, número de síliquas por planta, número de sementes por síliqua e peso individual de semente. Estratégias para altas produções de canola devem considerar o incremento de tais componentes, para assim aumentar o rendimento de grãos (Diepenbrock, 2000).

A canola tem sido introduzida como uma alternativa para o cultivo de inverno, buscando incrementar a rotação de culturas. O emprego de híbridos adequados, em substituição aos cultivares de polinização aberta, permite obter rendimentos de grãos mais elevados, provenientes dos benefícios do vigor híbrido e do maior potencial genético de materiais desenvolvidos recentemente. Os híbridos de canola apresentam ainda a vantagem adicional da maturação mais uniforme que a dos cultivares de polinização aberta, característica de importância fundamental para a redução de perdas por deiscência natural (Tomm, 2014).

Devido à alta suscetibilidade da canola a pragas e doenças, seu cultivo é recomendado em uma mesma área, apenas após um intervalo mínimo de 2 anos. Dessa forma, para se obter sucesso com o cultivo de canola é necessário que se faça rotação de culturas na área, sempre se adotando plantas de famílias diferentes da canola. De acordo com Tomm (2007), o sistema de rotação que apresenta maiores benefícios é a sequência, soja-canola-milho-trigo, por oferecer vantagens em relação ao controle de doenças, aproveitamento dos nutrientes e redução do efeito fitotóxico da canola sobre o cultivo subsequente, uma vez que a soja é sensível e o milho não é sensível.

A exsudação de compostos fitotóxicos pela canola promove a inibição do crescimento de uma série de plantas cultivadas. O efeito alelopático da canola se deve à síntese e acúmulo

de glucosinolatos no parênquima (Yasumoto et al., 2011). Apesar de se usar cultivares com baixas concentrações de glucosinolatos, a concentração produzida ainda é suficiente para provocar problemas de desenvolvimento no cultivo subsequente. No entanto, existem alguns benefícios que esses compostos podem trazer para a área de cultivo. Segundo Yasumoto et al. (2010), os glucosinolatos liberados e acumulados no solo têm um efeito supressor nos patógenos de solo, como oomicetos e nematoides, além disso, a volatilização e a solubilização dos glucosinolatos na forma de isotiocianato, promove inibição da germinação de sementes de plantas invasoras na área.

Outra questão que deve ser observada antes do cultivo de canola é o histórico de herbicidas aplicados na cultura anterior, uma vez que a cultura é sensível a uma série de herbicidas, entre os quais se destacam: atrazina, cynazina, diclosulfan, flumetsulan, fomesafen, imazaquim, imazetaphir e metribuzim. Não existem estudos que apontem com precisão um intervalo seguro entre a aplicação desses produtos e o cultivo da canola, este período é variável entre as regiões, sendo assim, não é recomendado o cultivo de canola nessas áreas (Tomm, 2007).

A irrigação é outro fator determinante para aumentar o rendimento de grãos da canola, uma vez que a mesma é sensível ao déficit hídrico em todas as suas fases de desenvolvimento. O manejo adequado de umidade do solo é responsável pelo crescimento do sistema radicular e pela área foliar, favorecendo a retenção de folhas por mais tempo. Além disso, estende o período de floração e incrementa os componentes de rendimento da canola. Estudos no Canadá demonstraram aumento de produtividade de 1600 kg ha⁻¹ apenas com o uso adequado da irrigação (Cordeiro et al., 1999).

A colheita é um dos momentos mais decisivos no sistema de produção de canola. A canola possui frutos com alta deiscência natural, maturação acrópeta e desuniforme. Essas características tornam a operação de colheita um dos fatores mais relevante para se obter altas produções. Visando a redução das perdas, a colheita da canola pode ser feita de duas formas, por meio do corte e enleiramento no momento da maturação fisiológica ou por meio de colheita direta no momento em que os grãos atingirem 18% de umidade.

A operação de corte e enleiramento consiste em se fazer o corte das plantas e amontoar as mesmas, deixando no campo por um período de 3 a 5 dias para que a umidade dos grãos seja reduzida, posteriormente os grãos são trilhados e armazenados. Já a colheita direta deve ser realizada o mais próximo de 18% de umidade nos grãos, uma vez que a canola possui maturação pouco homogênea, havendo grãos com umidade alta que podem ser amassados no momento da colheita e grãos com umidade muito baixa, suscetíveis a

deiscência natural, assim como perda por quebra durante a operação de colheita (Tomm, 2014).

10. Efeitos de reguladores vegetais

Os reguladores vegetais são compostos orgânicos aplicados exogenamente, que em pequenas quantidades promovem, inibem ou modificam a morfologia e fisiologia das plantas. A utilização de reguladores vegetais em canola tem sido dirigida para a obtenção de plantas de menor altura, visando aumentar a resistência das plantas ao acamamento. Dessa forma, tem se estudado o efeito dos biorreguladores para oferecer soluções a esses problemas.

Armstrong e Nicol (1991) estudaram a influência de vários reguladores vegetais no crescimento da canola e resistência do caule, com o objetivo de obter plantas com arquitetura favorável à produção de grãos. Em testes na Europa com paclobutrazol, chlormequat e EL500 (flurprimidol), Baylis e Wright (1990), constataram que esses retardantes reduzem a altura das plantas, o que promove maior resistência da canola ao acamamento, assim como facilita a operação de colheita, reduzindo as perdas.

11. Aproveitamento de resíduos

O cultivo de canola no Brasil tem três finalidades básicas: produção de óleo comestível; produção de biodiesel e produção de ração animal com o farelo dos grãos. Os grãos de canola são ricos em óleo, podendo conter mais de 40% do mesmo em sua composição. O óleo de canola é considerado um alimento saudável por médicos e nutricionistas devido a sua composição de ácidos graxos, contendo elevada quantidade de ômega-3, vitamina E e gorduras monoinsaturadas, sendo assim de grande interesse social o aumento da produção de óleo comestível de canola.

Na Europa, o óleo de canola é amplamente utilizado para a produção de biodiesel, sendo referência para a produção mundial (Tomm, 2007). No Brasil, a produção de biodiesel a partir de canola ainda é incipiente. Apesar do óleo de canola ter ganhado espaço ao longo dos últimos anos, em torno de 75% do biodiesel é proveniente do óleo de soja e cerca de 20% originário de gordura bovina. Visando a diversificação de matéria prima para a indústria, a canola se apresenta como uma excelente alternativa, uma vez que a tendência mundial é a migração para o uso de matrizes energéticas sustentáveis (Agência Nacional do Petróleo - ANP, 2014). A produção de biodiesel de canola traz uma série de vantagens, para os países com inverno rigoroso, a principal seria o baixo ponto de congelamento do óleo de canola (-

3°C). Outra questão é a baixa tendência à oxidação do biodiesel de canola, o que evita problemas de corrosão em peças do motor de veículos (Thomas, 2003).

O farelo de canola possui 34 a 38% de proteína, sendo um excelente suplemento proteico na formulação de rações para bovinos, suínos, ovinos e aves, e tem sido comercializado sem dificuldades. A sua utilização na alimentação animal é limitada em razão da presença de glucosinolatos excedendo $15\mu\text{mol grama}^{-1}$, o que afeta negativamente a reprodução dos mesmos (Cordeiro et al., 1999). Sendo assim, a utilização do farelo de canola como ração, deve ser feita em mistura com outras fontes nutricionais em proporções que o glucosinato não será um problema.

Referências

- ABROL, D.P. Honeybees and rapeseed: a pollinator-plant interaction. **Rapeseed Breeding**, v. 45, p. 337-367, 2007.
- AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO. **Boletim mensal do biodiesel**. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br>>. Acesso em: 22 out. 2014.
- ARMSTRONG, E.L.; NICOL, H.I. Reducing height and lodging in rapeseed with growth regulators. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 31, p. 245-250, 1991.
- BAILYS, A.D.; WRIGHT, I.T.J. The effect of lodging and paclobutrazol-chlormequat chloride mixture on the yield and quality of oilseed rape. **Annals of Applied Biology**, v. 100, p. 287-295, 1990.
- BIRUNARA, A. et al. Effects of water deficit stress on yield, yield components and phenology of canola (*Brassica napus* L.) at different growth stages. **Journal of Food, Agriculture & Environment**, v. 9, n. 3/4, p. 506-509, 2011.
- BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. **Zoneamento agroclimático para a cultura da canola**. 2011. Disponível em: <<http://www.cnpt.EMBRAPA.br/culturas/canola/zoneamento.htm>>. Acesso em: 12 set. 2014.
- BUZZA, G. Canola. In: JESSOP, R.S.; WRIGHT, R.L. (Ed.). **Agronomy and potential of alternative crop species: new crops**. Sydney: Inkata Press, 1991.
- CALLIHAN, B. et al. **Guide identification of canola, mustard, rapeseed and related weeds**. University of Idaho, Ag Communications, 2000. 21 p.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira: grãos**. v. 1: safra 2013/14, n. 12, décimo segundo levantamento. Brasília, 2014. p. 1-127.

CORDEIRO, L.A.M.; REIS, M.S.; ALVARENGA, E.M. **A cultura da canola**. Viçosa: UFV, 1999. 50 p.

DALMAGO, G.A. et al. Canola. In: MONTEIRO, B.A. (Ed.). **Agrometeorologia dos cultivos**: o fator meteorológico na produção agrícola. Brasília: INMET, 2009. p. 131-149.

DIAS, J.C.A. **Canola/colza**: alternativa de inverno com perspectiva de produção de óleo comestível e combustível. Pelotas: EMBRAPA, CPATB, 1992. 46 p. (Boletim de Pesquisa, 3).

DIENPENBROCK, W. Yield analysis of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.): a review. **Field Crop Research**, v. 67, p. 35-49, 2000.

FAO. **Production index**. 2014. Disponível em: <<http://faostat.fao.org>>. Acesso em: 26 set. 2014.

INOMATA, N. *Brassica* vegetable crops. In: SIGH, R.J. (Ed.). **Genetic resources, chromosome engineering, and crop improvement**: vegetable crops. Boca Raton: CRC Press, 2006. p. v. 3, 115-146.

JACOB JUNIOR, E.A. et al. Changes in canola plant architecture and seed physiological quality in response to different sowing densities. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 34, p. 14-20, 2012.

JOHNSTON, A.M. et al. Oilseed crops for semiarid cropping systems in the Northern Great plains. **Agronomy Journal**, v. 94, p. 231-240, 2002.

LANCASHIRE, P.D. et al. An uniform decimal code for growth stages of crops and weeds. **Annals of Applied Biology**, v. 119, p. 561-601, 1991.

MOHAMMADI, K.; ROKHZADI, A. An integrated fertilization system of canola (*Brassica napus* L.) production under different crop rotations. **Industrial Crops and Products**, v. 37, p. 264-269, 2012.

OZER, H. The effect of plant population densities on growth, yield and yield components of two spring rapeseed cultivars. **Plant and Soil Environment**, v. 49, p. 422-426, 2003.

PEREIRA, A.R.; ANGELOCCI, L.R.; SENTELHAS, P.C. **Agrometeorologia**: fundamentos e aplicações práticas. Guaíba: Ed. Agropecuária, 2002. 478 p.

SARDI, T.P. The canola plant and how it grows. In: McCaffery, D. et al. (Ed.). **Canola best practice management guide for south-eastern Australia**. Coretext, 2009 .

SNOWDON, R.; FRIEDT, W.; LUHS, W. *Brassica* oilseeds. In: SIGH, R.J. (Ed.). **Genetic resources, chromosome engineering, and crop improvement**: oilseed crops. Boca Raton: CRC Press, 2006. v. 4, p. 195-230.

SOETEDJO, P.; MARTIN, L.D.; JANES, A.J.V. Canopy architecture, light utilization and productivity of intercrops of field pea and canola. In: AUSTRALIAN AGRONOMY CONFERENCE, 9., 1998. **Annals...** p. 20-23.

SOLEYMANI, A.; SHAHRAJABIAN, M. The effect of plant population on solar radiation absorption, light transmission and yield components of spring rape seed cultivars. In: WORLD SUSTAIN FORUM, 2., 2012. **Proceedings...** p. 1-30.

SONG, K.; OSBORN, T. C. Polyphyletic origins of *Brassica napus*: new evidence based on organelle and nuclear RFLP analyses, **Genome**, v. 35, p. 992–1001, 1992.

THOMAS, P. **The grower's manual**. Winnipeg: Canola Council of Canada, 2003. Disponível em: <http://www.canolacouncil.org/crop-production/canola_grower's_manual_contents>. Acesso em: 17 set. 2014.

TOMM, G.O. **Indicativos tecnológicos para produção de canola no Rio Grande do Sul**. Passo Fundo: EMBRAPA Trigo, 2007. 68 p. (Sistemas de Produção, 4).

TOMM, G.O. **Cultivo da canola**. Passo Fundo: EMBRAPA Trigo, 2014. (EMBRAPA Trigo, Sistema de Produção, 3). Disponível em: <<https://www.spo.cnptia.embrapa.br>>. Acesso em: 20 out. 2014.

TOMM, G.O. et al. **Tecnologia para produção de canola no Rio Grande do Sul**. Passo Fundo: EMBRAPA Trigo, 2009. 41 p. (EMBRAPA Trigo. Documentos, 92).

VASCONCELOS, R.L. et al. Viabilidade climática para o cultivo de canola em Ribeirão Preto. **Nucleus**, v. 9, n. 2, p. 195-200, 2012.

VIERHEILEIG, H. et al. Differences in glucosinolate patterns and arbuscular mycorrhizal status of glucosinolate-containing plant species. **New Phytologist**, v. 146, p. 343–352, 2000.

WEBER, E.; BLEIHOLDER, H. Erläuterungen zu den BBCH-Dezimal-Codes für die Entwicklungsstadien von Mais, Raps, Faba-Bohne, Sonnenblume und Erbse–mit Abbildungen. **Gesunde Pflanzen**, v. 42, p. 308-321, 1990.

WESTPHALEN, S.L.; BERGAMASCHI, H. Evapotranspiração da colza (*Brassica napus* L.) através de evapotranspirômetros “tipo Thorntwaite”. In: REUNIÃO ANUAL DE PROGRAMAÇÃO DE PESQUISA E ASSISTÊNCIA TÉCNICA DA COLZA, 1982, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: Instituto de Pesquisa Agrônômica, 1982. p. 73-80.

YASUMOTO, S. et al. Glucosinolate content in rapeseed in relation to suppression of subsequent crop. **Plant Production Science**, v. 13, n. 2, p. 150-155, 2010.

YASUMOTO, S. et al. Effects of plant residue, root exudate and juvenile plants of rapeseed (*Brassica napus* L.) on the germination, growth, yield, and quality of subsequent crops in successive and rotational cropping systems. **Plant Production Science**, v. 14, n. 4, p. 339-348, 2011.

ZHOU, W.; LIN, X. Effects of waterlogging at different growth stages on physiological characteristics and seed yield of winter rape (*Brassica napus* L.). **Field Crops Research**, v. 44, p. 103-110, 1995.

CASTANHA-DO-BRASIL



CASTANHA-DO-BRASIL (*Bertholletia excelsa*)

Lais Martins Rossetto

1. Origem e distribuição geográfica

A castanha-do-brasil é uma espécie nativa da região amazônica, com presença da mesma no Brasil, Venezuela, Colômbia Peru, Guianas e Bolívia, em áreas caracterizadas por matas de terra firme e elevadas, podendo existir a formação de agrupamentos do cultivo, conhecidos como castanhais.

Os primeiros relatos ocorreram na região dos Andes, em área do antigo Império Inca, quando já estavam submetidos ao domínio dos espanhóis, em expedições realizadas entre 1567 e 1569. Estudos indicam que as castanhas foram fonte de alimento para os soldados espanhóis durante a expedição na selva. Na porção portuguesa da Amazônia Sul-Americana,

os primeiros relatos da castanha-do-brasil aparecem na primeira metade do século XVII, realizada pelo Frei Cristovão de Lisboa, entre 1625 e 1631.

A domesticação em outras regiões do mundo foi iniciada pelo Governo Britânico que mantinha um catálogo de plantas, em especial com características medicinais. O primeiro registro da castanha-do-brasil fora da região amazônica verificou-se em Trinidad, em 1846, no Jardim Botânico. Posteriormente foi relatada a presença da cultura sendo cultivada no Jardim Botânico da Jamaica, Real Jardim Botânico de Kew, Jardim Botânico de Peradeniya (Ceilão, atual Sri Lanka), Jardim Botânico de Heneratgoda (Ceilão), Malásia e Cingapura. Em diversos locais foram verificadas as dificuldades de germinação e ciclo longo até o momento da primeira colheita.

No Brasil, a região amazônica possui a maior área cultivada, no entanto há registros de árvores cultivadas no Jardim Botânico do Rio de Janeiro, sem finalidade comercial. O cultivo com finalidade de adaptação climática ocorre em Guariba, interior de São Paulo, e Minas Gerais (Kainer et al., s/d).

2. Classificação botânica

A castanheira-do-brasil é classificada no reino plantae, filo das angiospermas, classe das dicotiledôneas, ordem Myrtifloae, família Lecythidaceae, sendo a única do gênero *Bertholletia* e espécie *Bertholletia excelsa*, descrita em 1808, pelos pesquisadores Humboldt, Bonpland & Kunth (Mori; Prance, 1990).

O grupo taxonômico no qual está inserida é formado majoritariamente por árvores de distribuição não ocorrente nos trópicos. A castanheira é a única espécie da família Lecythidaceae com frutos indeiscentes, ou seja, não se abrem para a liberação de sementes, as quais amadurecem dentro do próprio fruto.

De acordo com o decreto lei nº51.209, de 18 de setembro de 1961, passou a ser denominada como castanha-do-brasil (Brazil nut; noix du Brésil; nuez de Brazil; noce del Brasile), visando a padronização para a exportação, além de possuir 118 espécies classificadas no Brasil. Já foi conhecida como castanha-do-pará (Pará nut), iniá, niá, nhá, eray, tocary, tucá, turury, yá, yuvia, amendoeira-da-américa, castanha-da-amazônia e castanha-do-maranhão.

3. Morfologia

A castanheira-do-brasil é uma cultura perene, que pode viver mais de 500 anos, possui grande porte que se sobressai na floresta, podendo chegar a mais de 50 metros de altura, com até 5 metros de diâmetro do tronco, destacando-se entre as maiores árvores da Amazônia.

Os galhos da castanheira aparecem após a metade da árvore, com a formação de uma grande coroa e possui uma casca acinzentada suave. A copa possui cerca de 20 metros de diâmetro com galhos bem separados e apresentam curvatura nas extremidades. É uma árvore caducifólia, onde em um período a planta perde suas folhas a fim de se proteger.

Suas folhas são simples, arrançadas de forma alternada nos galhos, de coloração verde-pálida, medem em média 10 cm de largura e 25 cm de comprimento, são fixadas em um pecíolo com cerca de 3 cm de comprimento.

As flores são panículas pequenas, de 5 a 10 centímetros, com coloração amarelo pálido a branco cremoso. Arrançadas em ramos presentes em um único caule com uma ou duas ramificações. Cada flor tem um cálice caducifólio dividido em duas partes, com seis pétalas desiguais e diversos estames reunidos numa massa ampla em forma de capuz (Moritz, 1984).

Os frutos são caracterizados como cápsulas grandes e arredondadas com aspecto de madeira, conhecido também como ouriço. Cada fruto possui de 5 a 25 castanhas, com forma triangular angulosa e constituídos por uma casca invólucro e por uma amêndoa. A amêndoa, o interior da semente, tem importância devido à reserva proteica amilo-oleaginosas com valor comercial e nutritivo (Santos et al., 2006; Altchul et al., 1997).

4. Germinação e propagação

As sementes grandes e largas são coletadas nos meses de dezembro a março, de matrizes produtivas, posteriormente realiza-se uma seleção a fim de excluir sementes danificadas por pragas ou doenças. Devido à espessura da casca, recomenda-se a imersão em água por dois dias para facilitar a ruptura do tegumento da semente, a germinação ocorre de 20 a 30 dias após a semeadura, na ausência desse processo pode demorar de dois a cinco meses para a emergência da plântula. Outra forma de acelerar o processo germinativo seria a quebra da casca, no entanto essa prática pode causar danos, como rachaduras, que inviabilizam a germinação (Müller, 1982).

A semeadura direta possui baixo índice germinativo, portanto é recomendado realizar a semeadura em uma sementeira suspensa, geralmente em caixa de madeira, a 1 metro acima do solo. A fim de evitar ataques de roedores utiliza-se uma saia de lata nas pernas-mancas verticais, a 50 cm do solo, coberta com uma tela de arame, em toda extensão da caixa da sementeira. A semente deve ter seu polo radicular, parte mais larga da semente, voltada para baixo, a 1 cm de profundidade da superfície.

A realização da repicagem ocorre antes da abertura das primeiras folhas das plântulas, ou seja, no “ponto de palito”, a fim de evitar a queima das folhas e a perda de água. O transplante das mudas, das sementeiras para sacos plásticos (19 cm x 28 cm x 2mm de espessura), ocorre quando a muda atingir cerca de 25 centímetros e possuir 16 folhas abertas, esse processo pode demorar de quatro a oito meses após a repicagem. As mudas são cultivadas em ambiente de meia sombra e devem ser adaptadas ao sol gradativamente, devendo permanecer de 15 a 30 dias a “céu aberto” antes do plantio à campo (Müller et al., 1995).

As mudas prontas para o plantio devem ser alocadas em covas profundas, de forma que o colo da muda fique rente ao nível do solo, no início do período das chuvas. Após o transplante, adicionar capim seco para auxiliar a manter a umidade do solo.

A propagação vegetativa por meio de enxertia é frequentemente utilizada em cultivos racionais, com a finalidade de produção de amêndoas da castanha-do-brasil para comercialização, utilizando clones ou matrizes com boa produtividade. É realizado em campo, quando as plantas atingem de 1,5 a 2 metros de altura, na fase “dando casca”, quando a casca pode ser destacada sem desfibrar-se (Müller; Caizauara, 1989).

Devem-se utilizar os ramos mais baixos, sempre que possível, para a formação do fuste (caule ou tronco). As plantas em condições adequadas apresentam folhas novas, indicando a presença de células intumescidas no câmbio que facilita a perfeita separação da casca, os ramos fornecedores de gemas devem ter o diâmetro próximo do porta-enxerto. As folhas devem ser eliminadas oito dias antes da enxertia para facilitar a retirada da porção da casca com gema e para acelerar a brotação.

As hastes com as gemas são retiradas das plantas-matrizes no dia da enxertia, sendo o processo realizado a 1 metro do solo, deve-se atentar para que ocorra o contato direto do porta-enxerto com as células do câmbio, aumentando a probabilidade de pegamento.

A verificação do pegamento ocorre após o trigésimo dia, realizando o anelamento (retirada de um anel da casca, de 10 cm de largura e a 1 cm da parte superior do escudo, do porta-enxerto). A prática tem como objetivo quebrar a dominância apical do porta-enxerto que poderia inviabilizar a brotação do enxerto.

Após sete dias da verificação do pegamento, realiza-se uma nova avaliação no escudo, a fim de executar a retirada da copa do porta-enxerto. Faz-se um corte inclinado a 15 e 15 cm acima do enxerto, onde a ponta mais alta é voltada ao lado do enxerto e a parte decapitada protegida com tinta a óleo. Posteriormente é realizada a erradicação das brotações do cavalo,

deixando apenas o enxerto, a cada 15 dias até três meses após a decapitação (Locatelli; Vieira; Souza, 2010).

5. Desenvolvimentos das raízes

A castanha-do-brasil é uma planta hipógea, criptocotiledonar e com emergência reta. Dessa forma, os cotilédones não emergem do tegumento, permanecendo envoltos pelo endocarpo durante o processo germinativo. Aproximadamente 10 meses após a sementeira, a castanha começa a germinar, inicialmente pela formação da radícula, com aparência arredondada e coloração branco-amarelada, porém há casos de início do processo pelo caulículo.

O sistema radicular embrionário possui raiz principal cilíndrica, com base mais espessa que a região mediana e ápice, de coloração castanha. As raízes secundárias, em pequena quantidade, são filiformes e castanhas.

6. Desenvolvimento do caule

A castanheira-do-brasil pode chegar a mais de 50 metros de altura, com até 4 metros de diâmetro, possui fuste retilíneo, cilíndrico, com casca dura e fendilhada de coloração pardo-acinzentada. Sua copa pode chegar a 20 metros de diâmetro, com desrama natural de galhos durante o crescimento, formando um eixo ortotrópico de excelente qualidade para a indústria madeireira.

A madeira é nobre, possui características de ser moderadamente pesada (0,70 a 0,75g/cm³), macia ao corte, com cerne castanho claro levemente rosado, textura média, possuindo cheiro e gosto imperceptíveis. Mesmo possuindo características interessantes para fins comerciais, seu corte é proibido por lei, autorizado apenas quando ocorrem quedas naturais no ambiente.

Quando há uma maior incidência de luz o período reprodutivo pode ocorrer próximo dos 8 anos de idade, quando o diâmetro à altura do peito (DAP – diâmetro a 1,30 m do solo) estiver entre 40 e 50 cm, podendo o crescimento médio chegar a 0,9 cm de diâmetro por ano, em contrapartida, locais sombreados podem formar frutos após 60 anos.

7. Desenvolvimento das folhas

As folhas possuem coloração verde-brilhosa, na face superior, e verde-pálido, na face inferior, com média de 25 a 35 cm de comprimento por 8 a 12 cm de largura. Está ligada ao caule pelo pecíolo, que mede de 5 a 6 cm de comprimento. Possui forma oval alongada com

margens onduladas, a nervura central é ressaltada na face inferior, com nervuras laterais abundantes, delicadas e retas. A castanheira-do-brasil costuma apresentar novas folhas durante os meses que antecedem o florescimento, que são caracterizadas pela coloração marrom-avermelhada (Meori; Lleras, 1979).

Uma característica interessante da cultura é que o pecíolo e as nervuras principais das folhas são mais desenvolvidos nas porções mais altas da castanheira-do-brasil, tendo aumento sucessivo no número de feixes vasculares. Há incremento também na porcentagem de xilema, tecido mecânico, floema e parênquima paliçádico, de acordo com a altura a qual a planta se encontra, havendo ainda um decréscimo na porcentagem de parênquima lacunoso e lacunas.

Ocorre o desfolhamento parcial principalmente no período de estiagem, assim como o aparecimento de uma nova folhagem, que irá aparecer antes do surgimento de botões florais. A queda das folhas promove a cobertura do solo, auxiliando na ciclagem de nutrientes e a manter o teor de água no solo.

8. Efeitos dos fatores ecológicos

O crescimento vertical de mudas está correlacionado positivamente com a exposição à luz incidente, devido sua característica de ser heliófila, onde prioriza o crescimento vertical para atingir seu dossel florestal em menores períodos de tempo. Uma vez que atinge a altura, a castanheira garante um suprimento de luz suficiente para se desenvolver em diâmetro. Na ausência de luz o crescimento da cultura é limitado ou cessado, em especial para as fases iniciais de crescimento.

A presença de cipós pode influenciar na produção, visto que reduz a quantidade de luz disponível para ser interceptada pelas folhas, principalmente quando dominam parte significativa da copa, que pode levar à morte do indivíduo. Podem ainda causar a quebra de galhos, evitar a formação de flores e folhas, o que impede a produção de frutos.

As chuvas podem afetar o comportamento fenológico da castanheira, como no florescimento, onde a ação depende das condições climáticas favoráveis e a presença de agentes polinizadores para ocorrer. Uma maior precipitação no mês que antecede a estação de seca pode estimular uma maior produção de botões florais, contribuindo com possível aumento da produtividade. Consequentemente, a ausência de chuvas que antecedem o período de brotação pode acarretar em uma redução significativa da produção. Esse efeito climático ainda pode influenciar na incidência de polinizadores e seus predadores naturais, interferindo diretamente na polinização. A predominância dessa espécie na região amazônica, observa-se que pode ser encontrado valores para balanço hídrico com excedente entre 230 mm e 1200

mm e déficit de 15 mm e 450 mm, distribuída no decorrer de dois a sete meses consecutivos, em outras regiões não há relato.

9. Solos e nutrição

A cultura ocorre em terras firmes, com solo argiloso ou argiloso-arenoso, apresentando textura média a pesada. Não se adapta muito bem em solos alagados ou de grande retenção de água.

Seu crescimento ocorre mesmo em solos com pH ácido, com baixos valores de saturação de bases, solos distróficos, com baixa capacidade de troca de cátions e com altos valores em saturação de alumínio.

Há necessidade do preparo da área de implantação com a eliminação de arbustos e cipós, destocamento e rebaixamento de árvores de médio a grande porte, quando se instala em área de mata primária. Porém a castanheira-do-brasil pode ser cultivada em áreas abandonadas de pastagem degradada ou em consorcio com outras espécies perenes ou não (ex.: pastagens, cacau, guaraná, pimenta-do-reino).

As covas para o plantio devem ter dimensão 40 x 40 x 40 cm, preenchidas com terra vegetal, da primeira camada de solo, de coloração escura pela concentração de húmus, com 10 L de esterco de curral ou composto curtido e 200 a 300g de superfosfato triplo. Essa ação geralmente está associada ao período de início das chuvas, dispensando a irrigação, melhorando o desenvolvimento e fixação das mudas no solo. Ao final do plantio pode-se distribuir capim seco em torno das plantas a fim de preservar a umidade do solo no caso de ocorrerem pequenos períodos de estiagem.

Para a nutrição, recomenda-se utilizar no primeiro ano 52,5 g/planta de superfosfato triplo, 21 g/planta de cloreto de potássio, 16,8 g/planta de sulfato de magnésio e 157,5 g/planta de NPK (12-12-12). Para os anos seguintes utiliza-se apenas NPK e sulfato de magnésio, sendo 267,6 g/planta e 25,2 g/planta no segundo ano, 315,1 g/planta e 31,5 g/planta no terceiro e quarto ano, 525,2 g/planta e 52,5 g/planta no quinto e sexto ano de cultivo, respectivamente.

10. Florescimento e frutificação

O período de floração na região de distribuição da espécie está associado à estação de seca, no leste amazônico inicia-se ao fim da estação chuvosa (setembro) e vai até fevereiro. Durante esse período os ramos, eretos de 12 a 17 cm, de produção, brotam logo abaixo da inflorescência do ano anterior. Ocorre o surgimento inicial de folhas, seguidas de botões

florais nas extremidades dos ramos, sendo inflorescências do tipo panículas retas, as flores não possuem pedúnculo e apresentam simetria bilateral. A corola apresenta coloração entre branco e amarelo, suavemente perfumada, com seis pétalas livres.

A flor da castanheira-do-brasil é hermafrodita, ambos os órgãos reprodutores se encontram em uma mesma flor. A cultura é predominantemente alógama, com pequenos níveis de autogamia, com polinização caracterizada como entomófila, realizada por insetos.

Os agentes polinizadores mais comuns são abelhas grandes, as mamangavas (dos gêneros *Bombus*, *Centris*, *Eulaema*, *Efriesea*, *Epicharis* e *Xyloocopa*), que possuem entre 2,5 e 4 cm, são capazes de percorrer longas distancias e quando pousam nas flores forçam a abertura do capuz em busca de néctar. Quando adentram a flor em busca de alimento (néctar e pólen), se sujam com pólen, que adere ao seu corpo e ao visitarem outras flores acabam realizando a transferência de pólen entre duas ou mais árvores, promovendo a polinização (Maués et al., s/d).

O órgão reprodutor feminino é formado por estilete e estigma, ovário com quatro lóculos, tendo 4 a 6 óvulos por lóculo. Um diferencial das flores da castanheira-do-brasil é o conjunto de órgãos masculinos da flor, quando comparado à maioria das flores tropicais, pois está dividido em três partes:

Anel estaminal: reúne um conjunto de estames em uma estrutura ovalada que circunda o estilete e estigma;

Lígula estaminal: área livre entre o anel estaminal e o capuz, ou elmo, de coloração levemente púrpura;

Capuz ou elmo: resultante da união de uma pétala modificada e numerosos estaminódios curvos e unidos, que recobrem o anel estaminal e bloqueiam a entrada da flor.

A frutificação da espécie costuma ser iniciada após o 8º ano de cultivo, quando se utilizam castanheiras provenientes de pé francas. As plantas oriundas de enxertia podem iniciar a produção de frutos aos 3,5 anos, dependendo da posição da gema que lhe deu origem, recomenda-se o uso da gema localizada abaixo da inflorescência do ano anterior, em matrizes altamente produtivas (Kainer; Wadt; Staudhammer, 2007).

Os frutos podem levar de 12 a 15 meses desde a fertilização até a maturação, ou seja, podem ser encontrados frutos de diferentes estádios de maturação durante o ano numa mesma planta, é do tipo pixídio arredondado podendo apresentar de 8 a 15 cm de diâmetro de material lenhoso. O peso do ouriço, o fruto em si, varia de 200g a 1,5kg, contendo de 12 a 25 sementes triangulares e angulosas.

A colheita está associada à queda do ouriço, que ocorre no início da estação chuvosa, geralmente verifica-se após fortes chuvas, ocorrendo a queda dos frutos pesados no chão sem afetar a estrutura lenhosa, variando de três a quatro meses. A coleta e o processamento dos frutos devem ser realizados visando o controle de aflatoxinas, substância tóxica e cancerígena provocada por *Aspergillus flavus*, que ocorre em decorrência de longos períodos amontoados aos pés da castanheira, proliferado devido a umidade. A comercialização é realizada com base de valores volumétricos, dessa forma 1 litro possui aproximadamente 63 sementes ou 125 amêndoas de castanha-do-brasil (Tonini; Arco-Verde, 2004).

11. Zoneamento agroclimático e adaptações ao meio ambiente

A castanheira-do-brasil possui adaptação para regiões de clima quente e úmido, predominantemente em climas tropicais chuvosos com períodos de estiagem definidos, porém pode ser encontrada em locais com chuvas abundantes durante o ano. É necessário, para um bom desenvolvimento, de dois a cinco meses com menos chuvas (Almeida, 2017).

O ambiente nativo desta cultura está caracterizado em dois tipos climáticos, de acordo com Koppen, Aw (tropical de savana) e Am (tropical monçônico), ocorrendo predominantemente nos dois primeiros. Na maior região produtora brasileira, a Amazônia, as áreas apresentam temperaturas máximas entre 30,6 e 32,6°C, mínimas entre 19,2 e 23,4°C e temperaturas médias anuais entre 24,3 e 27,2°C. A precipitação pluviométrica anual varia entre 1400 e 2800 mm, sendo o valor médio mensal de até 60 mm. A umidade relativa média anual varia entre 79 e 86% com variações mensais de 66% e 91% (Diniz; Basto, 1974).

Possui um bom desenvolvimento em áreas de terra firme, não se adaptando em solos alagados ou de grande retenção de água. Nas áreas de castanhais nativos encontram-se solos argilosos ou argilo-arenosos, com textura média a pesada.

A disseminação da cultura está ligada a seu dispersor, a cutia (*Dasyprocta* sp.) e cotiara (*Myoprocta* spp.), sendo os únicos animais, roedores, capazes de abrir o ouriço para a extração das sementes. O hábito deste animal é o consumo de algumas castanhas e enterrar outras para consumo posterior. Há também a necessidade da presença de abelhas para a polinização das flores, pois apenas estas conseguem forçar a abertura do androceu em busca do néctar.

12. Estratégias para altas produções

A estratégia irá depender da finalidade estabelecida antes do plantio, espaçamentos muito amplos favorecem a formação de grandes copas, mais indicados para produção de

frutos, enquanto os menores favorecem a desrama natural e copas mais estreitas, indicados para a produção de madeira.

A produção madeira adota a densidade inicial de 4 m x 4 m, com desbastes com base em mensurações periódicas, tendo início no período de competição entre plantas. A renda do produtor inicia-se a partir do oitavo ano de cultivo, espera-se 160 árvores por hectare para corte.

Para a produção das sementes para consumo, pode-se adotar a mesma densidade inicial ou adotar um sistema consorciado com culturas perenes e/ou semi-perenes, chegando ao espaçamento de 12 m x 12 m, correspondendo a 69 plantas por hectare, esse sistema auxilia também na atração dos principais polinizadores, importante para um aumento da frutificação. A produção tem início por volta do 8º ao 14º ano de idade, sendo altamente variável de 1,5 a 105 kg por árvore, geralmente associada à idade da planta onde, quanto mais velha a planta, maior sua produtividade (Wadt et al., 2005).

Em áreas extrativistas podem ser adotadas técnicas para o aumento da produtividade como o corte de abertura dos indivíduos não reprodutivos, suprimidos em populações naturais, plantios em sistemas agroflorestais, plantio selecionado em clareiras e plantio selecionado em florestas secundárias. Sistemas agroflorestais ou em consórcio, auxiliam na manutenção dos agentes polinizadores na área de cultivo, por serem atrativos.

Outra atividade que pode proporcionar elevação da quantidade de frutos comercializáveis é a coleta dos ouriços pouco tempo após a queda no solo, visto que quanto maior o tempo que fica exposto à umidade, aumentam as chances de contaminação por aflatoxinas. Essa prática também minimiza as chances de ocorrer a colheita dos ouriços por roedores, como cutias, que utilizam as sementes para se alimentarem.

13. Senescência e aproveitamento de resíduos

Para a comercialização, a castanha-do-brasil necessita de algumas características padrões como apresentar sabor de coco fresco, estar livre de ranço, deterioração, odores estranhos; a casca deve ser de coloração marrom-escuro com polpa marfim, ausência de infestação ou presença de mofo e possuir de 12 a 14 unidades por ouriço. As características químicas e qualidade microbiológica também passam por um controle, exigindo ácido de gordura livre 0,5%, além da ausência de aflotoxinas, de acordo com a legislação de órgãos reguladores.

A semente é beneficiada nas formas desidratada e descascada, processamento em óleo, biscoitos, farinha, leite e outros subprodutos para ser destinada ao mercado consumidor. A

amêndoa é utilizada em bolos, confeitos e como alimento *in natura*, sendo um alimento rico em proteínas, lipídeos e vitaminas.

A extração do óleo da semente destina-se para empresas cosméticas, lubrificante na aviação e uso como alternativa ao azeite de oliva. A torta e o farelo residual da extração do óleo podem ser destinados à mistura ou substituições da farinha de trigo para confecção de pães, bolos e doces ou para ração animal.

O fruto (ouriço) pode ser utilizado para confecção de artesanatos (bijuterias, utensílios, peças decorativas, revestimento, entre outros), combustível, confecção de carvão, substituto do cartão ativado em filtros, defumação da borracha e ainda para um chá medicinal.

As boas características da madeira incentivam o uso da castanha-do-brasil em programas de reflorestamento, permite a comercialização da madeira, quando ocorre queda natural, com usos em esteios, construção civil e naval, sendo ainda uma fonte de celulose.

Da casca pode ser obtido uma fibra de coloração acinzentada que serve para a confecção de estopas, vestuário, calafetagem de embarcações e forro das camas dos castanhais.

Referências

ALMEIDA, J.J. **A castanha do Pará na Amazônia: entre o extrativismo e a domesticação.** Paco e Littera, 2017. 52 p.

ALTSCHUL, S.F. et al. Gapped BLAST and PSI-BLAST: a new generation of protein database search programs. **Nucleic Acids Research**, v. 25, p. 3389-3402, 1997.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Castanha-do-brasil: boas práticas para o extrativismo sustentável orgânico.** Brasília, 2017, v. 1, 31 p.

DINIZ, T.D.A.; BASTO, T.X. Contribuição ao conhecimento do clima típico da castanheira do Brasil. **Boletim Técnico IPEAN**, v. 64, p. 59-71, 1974.

KAINER, K.A.; WADT, L.H.O.; STAUDHAMMER, C.L. Explaining variation in Brazil nut fruit production. **Forest Ecology and Management**, v. 250, n. 3, p. 244–255, 2007.

KAINER, K.A. et al. Castanheira (*Bertholletia excelsa* Bonpl.). In: **Frutíferas e plantas úteis na vida amazônica.** Belém, p. 65–78.

LOCATELLI, M.; VIEIRA, A.H.; SOUZA, V.F. **Aspectos do cultivo de castanha-do-brasil.** Porto Velho: EMBRAPA Rondônia, 2010. 28 p. (Boletim Técnico).

MAUÉS, M.M. et al. **A castanheira-do-brasil: avanços no conhecimento das práticas amigáveis à polinização.** Rio de Janeiro, 18 p. (Boletim).

MEDRI, M.E.; LLERAS, E. Ecofisiologia de plantas da Amazônia: anatomia foliar e ecofisiologia de *Bertholletia excelsa* Humb. & Bonpl. (Castanha-do-pará) - Lecythidaceae. **Acta Amazonica**, v. 9, n. 1, p. 15-23, 1979.

MORI, S.A.; PRANCE, G.T. Taxonomy, ecology, and economic botany of the Brazil nut (*Bertholletia excelsa* Humb. & Bonpl.: Lecythidaceae). **Advances in Economic Botany**, v. 8, p. 130-150, 1990.

MORITZ, A. **Estudos biológicos da floração e frutificação da castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa* H.B.K.)**. 1984. 82 p. (Documentos, 29).

MÜLLER, C.H. **Quebra da dormência da semente e enxertia em castanha-do-brasil**. Belém: EMBRAPA, CPATU, 1982. 32 p. (Boletim Técnico, 16).

MÜLLER, C.H.; CAIZAVARA, B.B.G. **Castanha do brasil**: recomendações básicas. 1989. v. 11, 6 p.

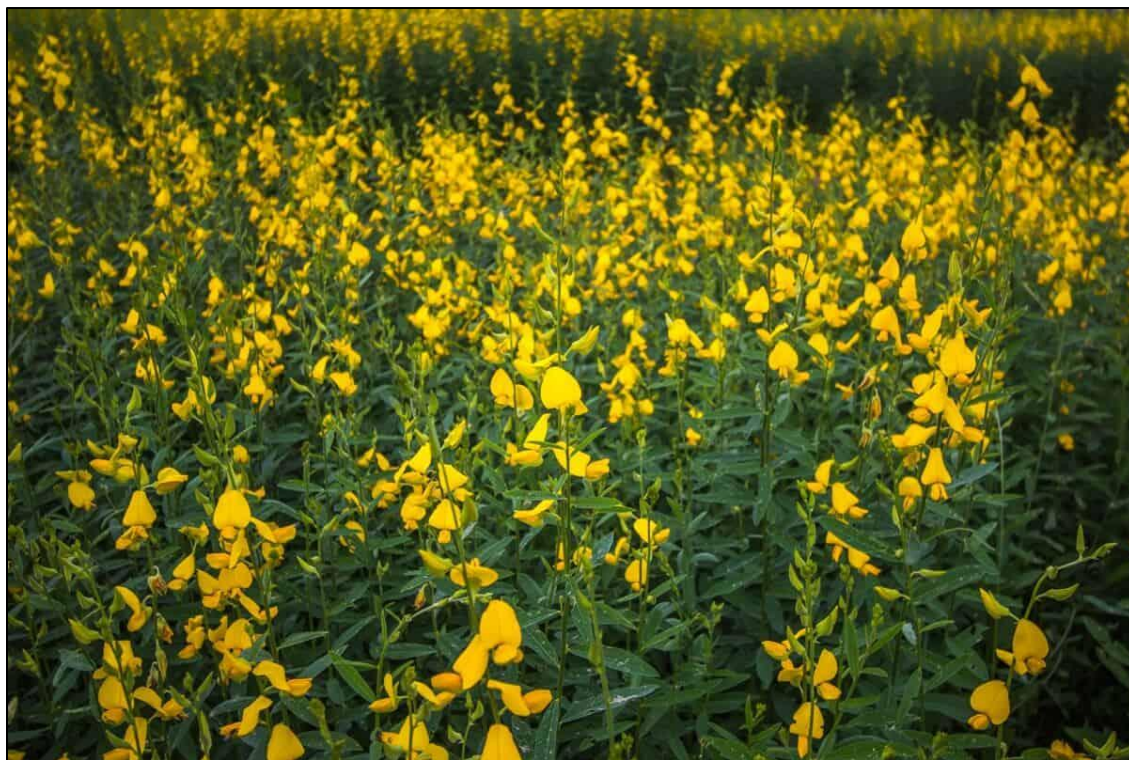
MÜLLER, C.H. et al. **A cultura da castanha-do-brasil**. Brasília: EMBRAPA, 1995. 42 p. (Coleção Plantar, 23).

SANTOS, J.U.M. et al. *Bertholletia excelsa* Humboldt & Bonpland (Lecythidaceae): aspectos morfológicos do fruto, da semente e da plântula. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi Ciências Naturais**, v. 1, n. 2, p. 103–112, 2006.

TONINI, H.; ARCO-VERDE, M F. **A castanheira-do-brasil (*Bertholletia excelsa*): crescimento, potencialidades e usos**. Boa Vista: EMBRAPA, Roraima, 2004. 47 p. (Boletim Técnico, 3).

WADT, L.H.O. et al. **Manejo da castanheira (*Bertholletia excelsa*) para produção de castanha-do-Brasil**. Rio Branco: Secretaria de Extrativismo e Produção Familiar, 2005. 42 p. (Documento Técnico, 3)

CROTALÁRIA



CROTALÁRIA (*Crotalaria* sp.)

Cleverson Henrique de Freitas

1. Origem e distribuição geográfica

A crotalária conhecida também como cânhamo de sunn, cânhamo Indiano, cânhamo Madras, xique-xique e guizo de cascavel é uma planta pertencente à família Leguminosae originária da Ásia Oriental, cultivada principalmente na Índia, em regiões subtropicais com alguns registros em regiões temperadas (Flores; Miotto, 2005). O gênero *Crotalaria* possui em torno de 700 espécies registradas em regiões tropicais e subtropicais da África e Índia e cerca de 70 espécies ocorrem desde o sul dos Estados Unidos até o Uruguai, sendo a maioria encontrada no Brasil.

No Brasil se dá maior importância para os gêneros utilizados como adubação verde, sendo as mais comuns às espécies *Crotalaria juncea*, *Crotalaria breviflora*, *Crotalaria ochroleuca* e *Crotalaria spectabilis*. A espécie *Crotalaria breviflora* ocorre principalmente no Brasil Central (Flores; Miotto, 2005) e as demais têm destaque na região do Cerrado. De

acordo com Wutke et al. (2014) a *Crotalaria juncea* apresenta potencial de cultivo nas regiões Sudeste, Centro-Oeste e na região Sul do Brasil. Outras espécies como *Crotalaria incana*, *Crotalaria lanceolata*, *Crotalaria maypurensis*, *Crotalaria micans*, *Crotalaria pallida* e *Crotalaria vespertilio* podem ser encontradas em vários estados do Brasil, entre eles o Acre, Amazonas, Bahia, Ceará, Distrito Federal, Espírito Santo, Goiás, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Pará, Paraná, Piauí, Rio de Janeiro, Rio Grande do Sul, Santa Catarina e São Paulo, nos domínios fitogeográficos dos biomas da Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica, Pampa e Pantanal (Garcia et al., 2013).

A crotalária é uma leguminosa anual de regiões tropicais e subtropicais, apresentando crescimento inicial rápido dependendo da espécie, sendo que espécies mais altas possuem crescimento inicial lento. Possui efeito alelopático e/ou supressor de algumas invasoras, destacam-se pela fixação biológica de nitrogênio e pela produção de massa verde, não resistindo a geadas, ótima em reduzir a população de nematoides. Bom desenvolvimento ocorre tanto em solos argilosos como arenosos, pelo seu sistema radicular profundo, ramificado e vigoroso.

2. Classificação botânica

O gênero *Crotalaria* L. (Leguminosae-Faboideae) se encontra em uma importante aplicação das Fabaceae, sendo utilizado na adubação verde, principalmente considerando a associação com bactérias do gênero *Rhizobium*, as quais fixam o nitrogênio e produzem pequenos nódulos nas raízes principalmente das espécies reconhecidas em Faboideae. Assim, a crotalária pode ser classificada segundo Cronquist (1981) e APG III (2009) como segue:

Tabela 1. Classificação botânica da crotalaria.

	Cronquist (1981)	APG III (2009)
Reino	Plantae	Plantae
Divisão	Magnoliophyta	Angiospermae
Classe	Magnoliopsida	Eudicotyledoneae
Subclasse	Rosidae	Rosanae
Ordem	Fabales	Fabales
Família	Fabaceae	Fabaceae
Gênero	<i>Crotalaria</i>	<i>Crotalaria</i>

3. Anatomia e morfologia

O gênero apresenta como características porte herbáceo a arbustivo entre 50 cm a 3 m de altura, crescimento ereto e determinado.

As folhas se dividem em três classificações, sendo digitado-trifolioladas, unifolioladas ou simples. O limbo do gênero *Crotalaria* é do tipo anfiestomático e os estômatos anisocíticos, sendo a epiderme uniseriada e revestida por uma camada fina de cutícula. Há presença de tricomas curtos, curvos e tectores, na face abaxial das folhas. O sistema vascular das folhas é diferente em todas as espécies, porém assim como no pecíolo é de forma colateral, onde o xilema está voltado para dentro e o floema para fora (Silva et al., 2013).

As flores possuem coloração predominantemente amarelada contendo estames com filetes monadelfos e abertos na extremidade inferior, com anteras dimorfas e legumes inflados, que próximo à deiscência, apresentam sementes livres em seu interior, normalmente em formato reniforme. Cerca de metade das espécies de crotalária apresenta flores não especializadas, e as demais são especializadas, contendo flores com cálice bilabiado, apêndices restritos a lâmina da pétala, o bico da quilha normalmente torcido e estiletos com tricomas em ambas as faces ou em espiral. Os frutos são inflados e as sementes com endosperma são subauriculadas (Flores; Miotto, 2005).

As espécies são diferenciadas principalmente pelo tipo de folha (composta ou simples), estípulas (persistentes ou caducas), tipo e formato do caule e inflorescência, brácteas (ausentes, caducas ou persistentes), tamanho e cor das flores (amarelas, amarelas com manchas vermelho violáceas, tipo de fruto (glabro ou piloso), caule (pubescente ou glabro),

cor do tegumento, e outras (Avendaño, 2011). A *C. vespertillo* é semelhante a *C. paulina*, diferindo somente pela sua morfologia floral. Já a espécie *C. lanceolata* apresenta sementes reniformes e a testa pode mostrar diversas tonalidades de castanho, enquanto a *C. juncea* apresenta sementes opacas e com presença de protuberâncias. A *C. retusa* e a *C. spectabilis* diferenciam somente pela forma e tamanho das brácteas, presença ou não de pubescência no cálice (Avendaño, 2011).

4. Fenologia

A fenologia é o estudo dos eventos periódicos da vida vegetal em função da sua reação às condições edáficas e ambientais, tais como temperatura, luminosidade e umidade, e sua correlação com aspectos morfológicos da planta. A duração das etapas de desenvolvimento, em geral, depende de fatores como genótipo, sendo este determinante no hábito de crescimento e duração do ciclo da cultura, condições climáticas e de solo, entre outros.

Para espécies de *Crotalaria hilariana*, por exemplo, a floração e a frutificação, em geral, ocorrem no período de novembro a maio, enquanto a dispersão de sementes ocorre em duas épocas, sendo uma durante o mês de dezembro e a outra entre meados de março e abril. Já o seu período vegetativo, dedicado à produção de folhas, ocorre entre abril e agosto (Figura 1). Em geral, o ciclo das espécies de crotalária leva de 120 a 150 dias até o florescimento e 180 a 240 dias até a colheita de sementes, dependendo da época de semeadura.

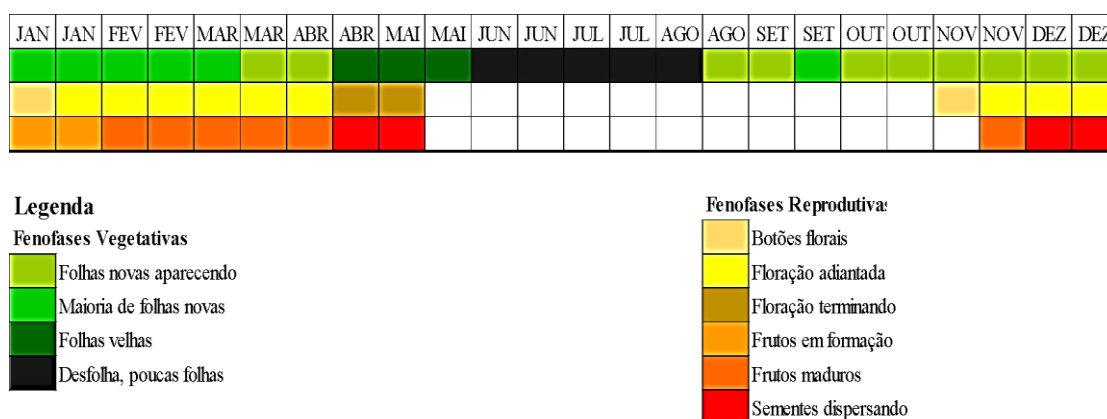


Figura 1. Fenofases vegetativas e reprodutivas de espécies de *Crotalaria hilariana*. (Adaptado de Martini et al., 2010).

5. Germinação e propagação vegetativa

A germinação é semelhante na maior parte das espécies, sendo caracterizada pelo rompimento do tegumento, sendo do tipo epígea e farenocotiledonar, com cotilédones acima do solo devido ao desenvolvimento do hipocótilo (Andrade et al., 2008).

A germinação das espécies de crotalária normalmente ocorre entre 7 a 15 dias, dependendo das condições climáticas da região. Oliveira et al. (2012), verificaram o percentual de germinação (%G) e índice de velocidade de germinação (IVG) para *C. juncea*, *C. ochroleuca*, *C. spectabilis* e *C. breviflora* obtendo (%G = 89, IVG = 9), (%G = 90, IVG = 9,30), (%G = 62, IVG = 6,59) e (%G = 0,50, IVG = 0,03) respectivamente, indicando resultados satisfatórios para a germinação das espécies *C. juncea*, *C. ochroleuca*, *C. spectabilis* e insatisfatório para *C. breviflora*. O gênero *Crotalaria* possui uma espécie de proteção da semente, chamada tegumento ou teca, algumas espécies apresentam dificuldades na germinação, sendo necessária a quebra da dormência para romper este tegumento e aumentar a permeabilidade à água, gases, etc. Para isso são utilizados tratamentos químicos, físicos e mecânicos para quebra de dormência. Antonioli et al. (1993), observaram que os métodos mais eficazes em proporcionar a germinação e em manter as plântulas normais, foram a escarificação química em ácido sulfúrico, escarificação em engenho de arroz, imersão em água destilada fervente e embebição em água destilada por 24 horas nas espécies *C. mucronata*, *C. retusa*, e *C. spectabilis*.

Estudos com *C. ochroleuca* avaliaram a influência de métodos de quebra de dormência sobre a velocidade de germinação das sementes através de água a 100°C /10min, água a 100°C /1min, acetona (10 min) e álcool etílico, observando-se efetividade dos dois primeiros tratamentos, sendo que o tratamento com acetona prejudicou a germinação, podendo causar efeitos negativos no embrião (Santos, 2017).

Mesmo com dificuldade de germinação de algumas espécies, a crotalária é propagada principalmente via semente em condições úmidas e livres de geada, com épocas de semeadura variando com a localização e finalidade da cultura (Heuzé et al., 2018). Como adubo verde, a crotalária é cultivada principalmente durante a estação chuvosa, sendo preferencialmente semeada em canteiros para sementes bem preparado, fertilizado e sem invasoras, com profundidade de 2-3 cm e as sementes podem ser semeadas em fileiras, podendo germinar dentro de 3 dias (Heuzé et al., 2018). Quando a crotalária for cultivada para a produção de fibras, deve ser semeada com número de sementes elevado, a fim de promover crescimento ereto, alongamento do caule e melhor qualidade da fibra. Em condições de sequeiro, recomendam-se taxas de sementes que variam de 100 a 240 kg ha⁻¹ para lanço, enquanto

apenas 66 kg são suficientes para o plantio em fileiras e resultam em maiores rendimentos (Heuzé et al., 2018). Onde a irrigação é realizada, a crotalária pode ser semeada em pequenas parcelas cercadas por sulcos nos quais a água é distribuída em intervalos de 10 a 15 dias.

6. Desenvolvimento de raízes, caule e folhas

Depois da embriogênese e da germinação, a fase de crescimento vegetativo é controlada por processos de desenvolvimento que criam a polaridade na raiz e no caule, permitindo que as plantas produzam órgãos laterais, como folhas e sistemas de ramificação, formando assim a arquitetura vegetativa (Taiz et al., 2017).

A crotalária apresenta sistema radicular profundo podendo chegar a 3 m de profundidade, o que lhe confere característica de planta descompactadora de solo, porém cerca de 80% de seu peso e distribuição se encontram nos primeiros 30 cm do solo. As raízes estão relacionadas com a parte aérea, então, quanto maior a profundidade que a planta alcançar melhor o desenvolvimento da sua parte aérea (Schabarum, 2016).

As plantas de crotalária apresentam caule ramificado podendo chegar a 3,5 m de altura na parte superior e raízes pivotantes, sendo relativamente tolerantes à seca desde que não haja compactação do solo, e não tolerantes a encharcamento. Apresenta boa produção de massa seca, sendo considerada uma das espécies utilizadas para adubação verde com maiores taxas de FBN, fixando até 160 kg de nitrogênio por hectare e favorecendo a ciclagem de nutrientes no solo (Vargas, 2009).

Além disso, as espécies de crotalária necessitam de fósforo para o seu desenvolvimento, sendo muito importante no metabolismo da planta, atuando na transferência de energia da célula, na respiração e na fotossíntese (Bonfim-Silva et al., 2011).

Bonfim-Silva et al. (2011) estudaram o efeito de doses de cinzas vegetais, fornecedoras de fósforo, potássio, cálcio e magnésio, dentre outros nutrientes, no crescimento e desenvolvimento da *C. juncea* e verificaram que, houve um aumento com a adubação com cinza vegetal do comprimento e diâmetro do caule, sendo variáveis importantes no equilíbrio do crescimento da parte aérea da crotalária (Figura 2).

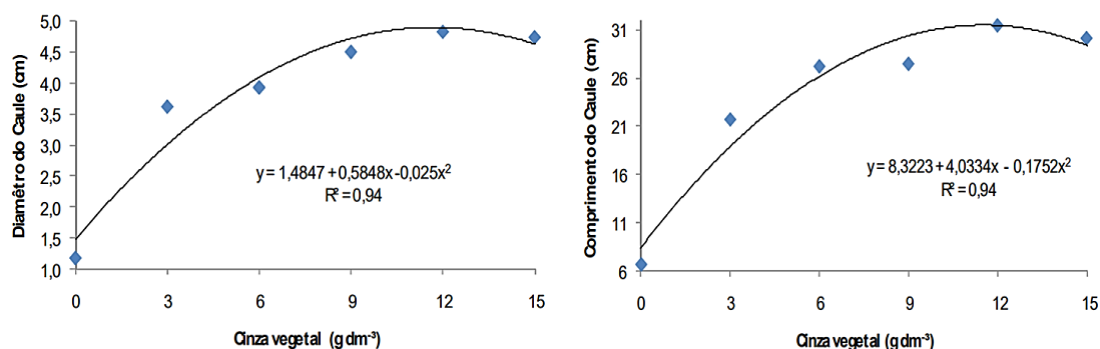


Figura 2. Número de folhas e massa seca da parte aérea de *C. juncea* em função das doses de cinza vegetal em Latossolo Vermelho do Cerrado (Adaptado de Bonfim-Silva et al., 2011).

A deficiência de fósforo também provoca menor emissão e crescimento de folhas e, com menor área foliar, há uma limitação da captação de radiação e, conseqüentemente, menor produção de fotoassimilados. Bonfim-Silva et al. (2011) verificaram também que o número de folhas e a massa seca da parte aérea, está relacionada com a qualidade e quantidade de folhas, são influenciadas pela adubação com cinza vegetal, como é observado na Figura 3.

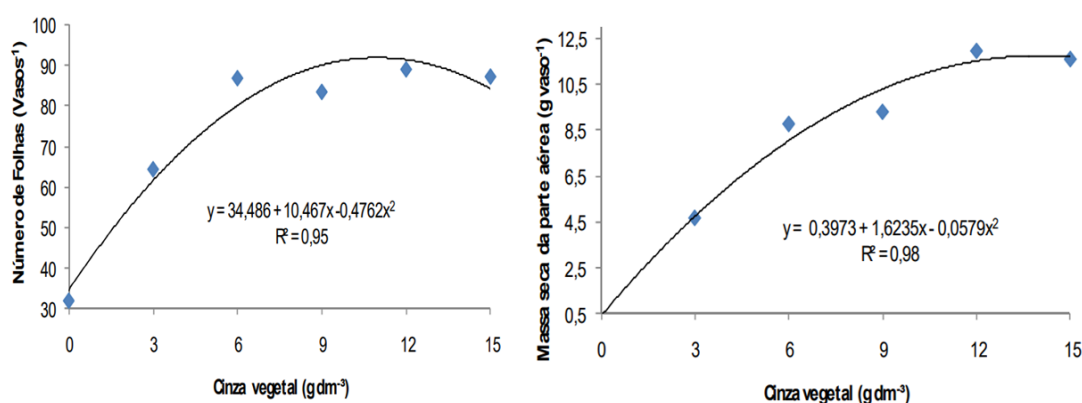


Figura 3. Número de folhas e massa seca da parte aérea de *C. juncea* em função das doses de cinza vegetal em Latossolo Vermelho do Cerrado (Adaptado de Bonfim-Silva et al., 2011).

7. Efeitos de fatores ecológicos

7.1 Fotoperíodo

A crotalária é caracterizada como uma espécie que possui grande resposta ao fotoperíodo, florescendo em dias curtos, com fotoperíodo crítico de 13,6 horas (Amabile et al., 2000; Santos; Campelo Júnior, 2003), possuindo maior crescimento em cultivos conduzidos durante a primavera, verão e início do outono. A medida em que os dias possuem fotoperíodos mais curtos, há uma redução do tempo necessário para que a crotalária atinja o florescimento (Figura 4)

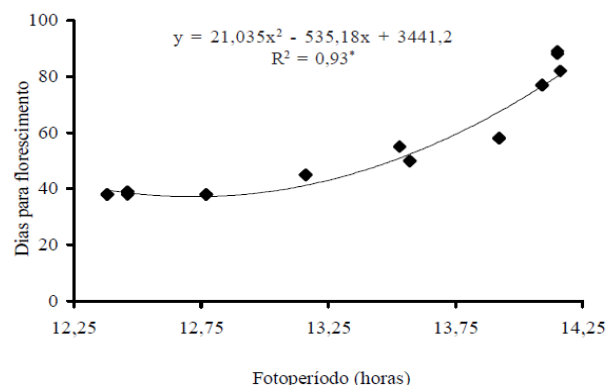


Figura 4. Relação entre o fotoperíodo e o número de dias necessários para o florescimento da crotalária, em oito épocas de semeadura (Adaptado de Santos e Campelo Júnior, 2003).

Além disso, o fotoperíodo também pode ser considerado um grande responsável pela produção de matéria seca (Rossi; Castro, 2012). As maiores produções, cerca de 4000 kg ha⁻¹ foram observadas com períodos diurnos acima de 13,8 horas, enquanto em épocas de fotoperíodo inferior a esse valor, os rendimentos da cultura decresceram, chegando a 1000 kg ha⁻¹ (Figura 5).

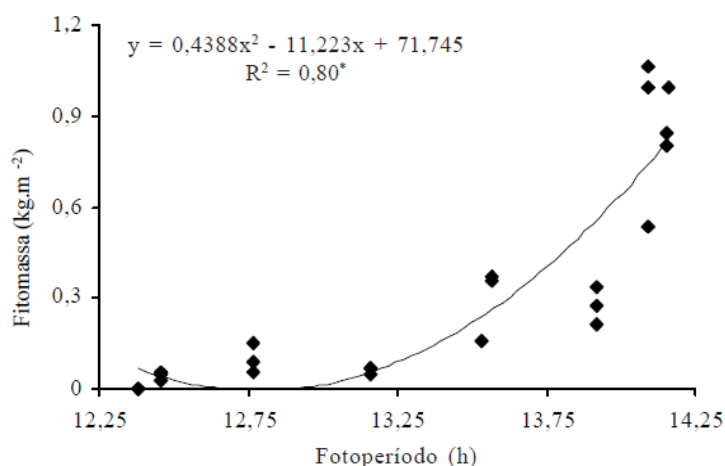


Figura 5. Relação entre a produção de matéria seca e o fotoperíodo para a crotalária, em oito épocas de semeadura (Adaptado de Santos e Campelo Júnior, 2003).

7.2 Temperatura

Em relação à temperatura, a crotalária é uma espécie intolerante às baixas temperaturas, possuindo temperatura basal inferior (T_b) igual a 16,0°C no subperíodo emergência-florescimento (Cargnelutti Filho et al., 2016).

Além disso, apesar do efeito da temperatura na embebição de sementes não se mostrar evidente, não sendo significativo na porcentagem de germinação, esta variável exerce grande

influência no estabelecimento inicial de outras espécies de adubos verdes (Albuquerque et al., 2000).

7.3 Radiação solar

Valores elevados de radiação solar incidente (cerca de $16,8 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$) e índices de área foliar próximos a 10 em espécies de crotalária são responsáveis pelos maiores valores de evapotranspiração máxima durante o ciclo e à medida em que a semeadura é atrasada, a baixa disponibilidade de radiação provoca redução do rendimento final da cultura (Rossi; Castro, 2012; Santos; Campelo Júnior, 2003).

7.4 Vento

Espécies de crotalária por possuírem porte ereto, bom crescimento e de fácil eliminação quando necessário estão sendo indicadas como quebra-ventos em cafezais (Matiello; Gonçalves, 2015) e seu consórcio, reduz os danos causados pelo vento, além de favorecer o crescimento e desenvolvimento da cultura do mamão (*Carica papaya* L.) (Vincent et al., 2017).

7.5 Chuva

Segundo Amabile et al. (2000), quando a crotalária é semeada no período chuvoso, consegue produzir até 17 t ha^{-1} , quando é semeada em meados do período chuvoso, o rendimento de matéria seca decresce para 8 t ha^{-1} e ao ser semeada no final do período chuvoso, o rendimento final passa a ser de cerca de 6 t ha^{-1} . Em relação ao déficit hídrico, a espécie é relativamente tolerante à seca, porém possui sistema radicular profundo, favorecendo a absorção de nutrientes e água que estão disponíveis em camadas mais profundas do solo.

8. Relações hídricas

A água é um fator que desempenha um papel fundamental na vida das plantas, sendo importante no processo fotossintético, onde a absorção de CO_2 expõe as plantas a perdas de água e à ameaça de desidratação. Para impedir que a dessecação aconteça, as plantas desenvolveram adaptações para controlar essa perda de água, também chamada de transpiração, e repor a água perdida por meio da absorção da água pelas raízes e seu transporte ao longo da planta. Este movimento da água na planta é causado pela diferença de

potenciais entre a atmosfera ao redor das folhas e o potencial de água no solo (Taiz et al., 2017).

O processo de transpiração juntamente com a evaporação de água pela superfície do solo é conhecido por evapotranspiração e representam o consumo hídrico das plantas. Para a crotalária, a evapotranspiração máxima em cada estágio fenológico varia entre 2,0 e 14,5 mm dia⁻¹ (Tabela 2), sendo o consumo médio acumulado de água ao longo do ciclo de 1452 mm, equivalente a um consumo diário médio de 10,4 mm dia⁻¹ (Pacheco; Campelo Júnior, 2001). Além disso, estes autores encontraram valores de eficiência de uso da água, parâmetro que representa a quantidade de litros de água necessária para a produção de 1kg de biomassa, para a crotalária de 2g de matéria seca por quilo de água.

A relação entre a evapotranspiração real e evapotranspiração potencial (ET_r/ET_p) e a produção de matéria seca da crotalária é baixa e pode ser atribuída à sensibilidade da espécie ao fotoperíodo, pois, foi observado que nas épocas em que o suprimento de água não apresentou redução significativa (ET_r/ET_p maiores que 0,90), houve diminuição no seu rendimento final. (Rossi; Castro, 2012).

Tabela 2. Evapotranspiração máxima média da crotalária (ET_m) para cada estágio fenológico (Adaptado de Pacheco e Campelo Júnior, 2001).

Estádio	Dias após a semeadura	ET_m médio (mm dia⁻¹)
I	1 – 6	2,0
II	7 – 22	3,1
III	23 – 53	6,2
IV	54 – 88	14,5
V	89 – 140	14,0
Média	--	8,0
Total	--	1452,0

Sampaio et al. (2016), avaliando a evapotranspiração e o consumo de água pela *C. juncea* L. em um solo sob diferentes níveis de salinidade, encontrou que as plantas submetidas a um menor nível residual de salinidade proporcionaram uma evapotranspiração 17,07% superior ao nível de maior salinidade, além de um maior consumo de água, dado pelos

maiores valores de coeficiente de cultivo (kc) nas três diferentes fases de crescimento, sendo de 0,34, 0,89 e 1,41, para a menor salinidade, e 0,29, 0,80 e 1,31 para a maior salinidade.

Uma das possíveis entradas de água que visa suprir o consumo hídrico das plantas é o uso da irrigação. Santos et al. (2014), avaliando a influência da salinidade no crescimento de espécies de *Crotalária* verificaram que plantas de *C. juncea* não foram afetadas pelos níveis de sais, enquanto que para a *C. spectabilis* observou-se um efeito depreciativo dos níveis de sais aos 40 dias, para altura de plantas, diâmetro do caule e número de folhas.

9. Solos, nutrição e micorrizas

A *C. juncea* é adaptada a uma ampla faixa de solos, desde que sejam bem drenados, não suportando o encharcamento. Quando é cultivada para obtenção de fibras, a crotalária possui melhor rendimento em solos de textura média com fertilidade moderada ou boa. Para outros fins, a cultura pode ser também cultivada em solos argilosos de baixa fertilidade (Heuzé et al., 2018). A crotalária prefere solos com pH neutros, mas também pode crescer em solos com pH variando entre 5 e 8,4, onde há disponibilidade de fósforo, possuindo tolerância geralmente baixa a moderada a solos salinos (Cook et al., 2005). Além disso, a crotalária possui grande potencial de melhorar as propriedades do solo, de construir matéria orgânica e sequestrar carbono no solo, podendo também ser usada para a recuperação do mesmo (Sarkar et al., 2015).

A *C. juncea*, sendo utilizada como adubo verde, é capaz de auxiliar na adição de nutrientes ao solo após a incorporação do material vegetal, disponibilizando-os para as culturas que sucederem. Segundo Fontanétti (2006), tal leguminosa tem a capacidade de grande aporte de nutrientes ao solo quando comparada com outras culturas, destacando-se principalmente no aporte de nitrogênio fixado, com cerca de 370 kg ha⁻¹ adicionados (Tabela 3).

Tabela 3. Acúmulo de macro (kg ha⁻¹) e de micronutrientes (g ha⁻¹) em *C. juncea* por ocasião do corte e incorporação das palhadas ao solo (Adaptado de Fontanétti, 2006).

Macronutriente (kg ha ⁻¹)						Micronutriente (g ha ⁻¹)				
N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Mn	Zn	Fe
374,8	42,1	195,7	159,2	33,1	33,6	369,0	116,0	717,0	403,0	3163,0

10. Exigência nutricional em termos de adubação

As quantidades de corretivos e fertilizantes que podem ser utilizados na cultura da crotalária devem baseadas em resultados de análise do solo no local de cultivo e efeitos de fertilizantes aplicados em culturas anteriores (Wutke et al., 2014).

Por ser uma leguminosa capaz de fazer fixação do nitrogênio, no cultivo da *C. juncea*, seja ela para fins de adubação verde ou para produção de sementes, recomenda-se apenas a adubação fosfatada e potássica. Segundo Costa (2006), há efeito na interação de doses desses nutrientes (P x K), gerando como resposta maiores valores de altura e produção de massa seca (MS) nas doses de 75 kg ha⁻¹ de P e K.

A calagem deverá elevar o índice de saturação por bases a 60%, mas se este já for próximo a esse valor dispensam-se a calagem e a adubação mineral (Wutke et al., 2014). Esses autores também citam que durante a semeadura, se necessário, é recomendada a aplicação de até 40 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 30 kg ha⁻¹ de K₂O. Caso haja disponibilidade do *Rhizobium* específico, para a primeira semeadura inocular 50 kg de sementes com 200 gramas de inoculante turfoso. Além disso, em solos de fertilidade muito reduzida, e particularmente nos argilosos, os autores recomendam a adubação de *C. juncea* e *C. spectabilis* com até 90 kg ha⁻¹ de P₂O₅, ou mesmo fazer adubação completa, para aumento do rendimento em fitomassa.

Com o avanço da agricultura e a demanda pela produção sustentável foi importante o desenvolvimento de medidas que melhor aproveitassem os recursos naturais disponíveis. Para tal, a utilização de espécies leguminosas em consórcio com outras culturas, como amplamente discutido, proporciona a fixação de nitrogênio atmosférico no solo, uma vez que tais plantas possuem esta capacidade quando aplicados os conceitos de adubação verde e rotação de cultura.

Outra forma de maximizar o potencial produtivo das culturas é através do uso de condicionadores de solo, como é o exemplo dos agentes micorrízicos com a finalidade de auxiliar as plantas para aumentar a superfície de contato das raízes por ação entre planta e ambiente (Colozzi Filho; Cardoso, 2000). As micorrizas, fungos associados às plantas, possibilitam a captação de maior quantidade de recursos, como água e nutrientes do solo, visto que aumentam a superfície de contato das raízes com o solo, possibilitando maior exploração da área, além de auxiliar na conservação do solo por redução de atividades mecanizadas.

Em estudo realizado por Colozzi Filho e Cardoso (2000), o qual objetivou a identificação das espécies de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) recorrentes nas culturas do cafeeiro e da *C. breviflora*, sob os tratamentos: i) cafeeiro com crotalária, ii)

crotalária e iii) cafeeiro sem adubo verde, verificaram os fungos micorrízicos em cada situação (Tabela 4). A associação entre micorrizas arbusculares e a crotalária possibilitou que a planta absorvesse maior quantidade de água e captasse mais nutrientes do solo sem interferir negativamente nas bactérias presentes na fixação de nitrogênio da leguminosa.

Tabela 4. Ocorrência, esporulação no solo (E) e frequência de ocorrência (F) de fungos micorrízicos arbusculares em solo cultivado com cafeeiro (*Coffea arabica* L.) intercalado ou não com crotalária (*Crotalaria breviflora*) (Adaptado de Colozzi Filho e Cardoso, 2000).

Fungos Micorrízicos	Cafeeiro com crotalária		Crotalária	Cafeeiro sem crotalária		
	E ¹	F ² (%)	E	F (%)	E	F (%)
<i>Scutellospora gilmorei</i>	26	19,3	48	45,3	3	4,9
<i>S. heterogama</i>	-	-	-	-	3	4,9
<i>Gigaspora margarita</i>	-	-	9	8,5	-	-
<i>G. decipiens</i>	-	-	29	27,3	-	-
<i>Acaulospora scrobiculata</i>	26	19,3	9	8,5	3	4,9
<i>A. appendicula</i>	-	-	11	10,4	7	11,3
<i>A. longula</i>	49	36,3	-	-	13	21,0
<i>A. spinosa</i>	-	-	-	-	14	22,3
<i>Acaulospora</i> sp.	6	4,4	-	-	-	-
<i>Glomus diaphanum</i>	28	20,7	-	-	19	30,7
Total	135	100,0	106	100,0	62	100,0

¹ Número de esporos 50 g⁻¹ de solos. ² Porcentagem de ocorrência sobre o total de esporos observados.

11. Fotossíntese e translocação

A fotossíntese nas plantas usa a energia luminosa para sintetizar carboidratos e liberar oxigênio a partir do dióxido de carbono e água. Esta energia armazenada nos carboidratos é então utilizada para realizar os processos celulares na planta e serve também como fonte de energia para todas as formas de vida (Taiz et al., 2017). O processo fotossintético, por meio do controle estomático, é afetado principalmente pela falta de água que influencia nas taxas de fixação de CO₂ atmosférico, reduzindo assim a atividade e síntese

da rubisco, a regeneração da ribulose-1,5 bifosfato (RuBP) e a redução da síntese de ATP (Taiz et al., 2017).

A crotalária é considerada uma planta com metabolismo fotossintético C3, pois não possui adaptações fotossintéticas que reduzam a fotorrespiração e a fixação de CO₂ é apenas realizada pela rubisco, sendo assim denominadas devido ao composto de três carbonos (3-PGA) produzido durante a reação.

Lima (2015), estudando o efeito da deficiência hídrica na fotossíntese de espécies de *C. retusa*, verificou que quando a cultura não foi submetida ao estresse hídrico, apresentou fotossíntese média de $26,91 \pm 2,98 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, ao passo que, com a supressão hídrica, houve diminuição da fotossíntese a partir do segundo dia de estresse até o quinto, chegando a um valor de $2,29 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, ou seja, uma redução de cerca de 91%. Já no momento da reposição de água, houve um aumento da fotossíntese, sendo estes próximos aos da cultura irrigada em cerca de quatro dias (Figura 6). Estes resultados indicam uma forte sensibilidade do aparato fotossintético da crotalária ao déficit hídrico, mostrando que esta espécie usa ao máximo o carbono disponível para a fotossíntese e é rapidamente afetada pela diminuição da quantidade de água no solo.

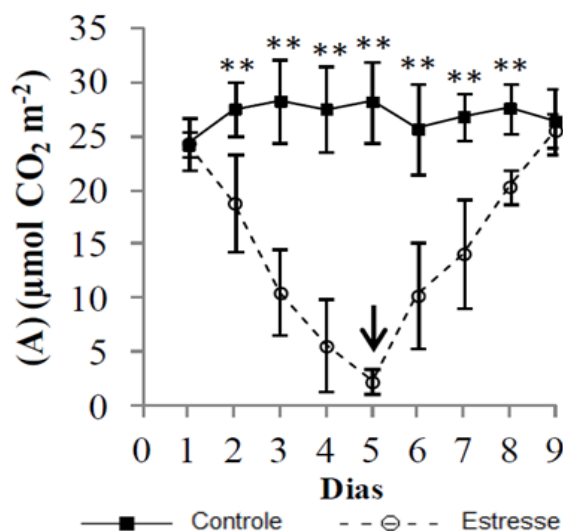


Figura 6. Efeito do déficit hídrico em plantas de *C. retusa* na fotossíntese. A seta indica o momento da retomada da irrigação. As barras de erro indicam os intervalos de confiança das médias a 5% de probabilidade. Os asteriscos indicam diferenças significativas entre os regimes hídricos a 1% (**) de probabilidade (Adaptado de Lima, 2015).

Além disso, quando há crescimento das folhas, há também aumento da capacidade fotossintética, atingindo seu ponto máximo durante a sua maturidade e a partir de então, a taxa

fotossintética começa a decrescer, pois folhas mais velhas e senescentes tornam-se mais amareladas com a degradação da clorofila.

O controle interno da fotossíntese é responsável pela taxa na qual os seus produtos, como a sacarose, são transportados da folha produtora (fonte) para as áreas de crescimento e armazenagem (drenos). Essa translocação de produtos fotossintéticos ocorre dentro do floema das plantas, o qual também transporta sinais químicos e redistribui íons e outras substâncias pelo corpo da planta.

A translocação no floema não é definida pela gravidade e as rotas envolvidas muitas vezes são complexas e coordenadas por meio da pressão de turgescência e dos hormônios vegetais tais como as citocininas, as giberelinas e o ácido abscísico, que possuem funções sinalizadoras durante todo o processo de translocação.

Como a pressão de turgescência é a principal força que afeta a expansão foliar, em situações de déficit hídrico as folhas não conseguem manter a sua expansão normal e, após a parada no crescimento da parte aérea, ocorre uma consequente diminuição na demanda por fotoassimilados, direcionando uma maior taxa na distribuição de fotoassimilados para as raízes do que para a parte aérea.

Nem todos os drenos são igualmente supridos por todas as folhas fontes da planta. Na realidade, certas fontes suprem preferencialmente alguns drenos específicos. No caso de plantas herbáceas, como a soja e possivelmente também espécies de crotalária, alguns fatores afetam o suprimento para drenos específicos, como a proximidade, onde, por exemplo, as folhas maduras da parte superior transportam fotoassimilados para a região de crescimento da parte aérea e folhas imaturas, enquanto as folhas maduras da parte inferior suprem predominantemente o sistema radicular; a conexão vascular, em que, no caso de translocação entre folhas, a existência dessa conexão pode se tornar importante e, desenvolvimento da planta, que durante a fase de crescimento vegetativo as raízes e ápices da parte aérea são os principais drenos e na fase reprodutiva os frutos tornam-se os drenos dominantes.

12. Florescimento e frutificação

Durante o desenvolvimento pós-embrionário, o meristema apical da parte aérea passa por três estádios mais ou menos bem definidos, sendo eles: estágio juvenil que não possui capacidade de floração; estágio adulto vegetativo, em que a planta adquire maturidade para a floração e; estágio adulto reprodutivo, onde após a percepção do sinal indutor (externo, fatores ambientais, ou interno, reguladores vegetais), a planta inicia o florescimento (Taiz et al., 2017).

O florescimento da crotalária é caracterizado pelo surgimento de uma inflorescência terminal do tipo racemo com cerca de 16 a 35 cm de comprimento, cujas flores possuem simetria zigomorfa, hermafroditas (possui os dois sexos na mesma flor), hipógina e de coloração amarela (Garcia et al., 2013). Segundo o mesmo autor, após a fecundação das flores e desenvolvimento dos ovários, os legumes tornam-se inflados.

O fotoperíodo, segundo Amabile et al. (2000) e Santos e Campelo Junior (2003), parece ser o fator que desencadeia o florescimento das espécies de crotalária. Os autores verificaram que tal cultura possui resposta fotoperiódica de dias curtos, em que o florescimento é iniciado quando o comprimento do dia (período de luz) é menor do que certo valor crítico, dentro de um período de 24 horas, para o estágio de florescimento.

De acordo com Kar e Datta (2018), a fenologia floral da crotalária responde também à variação térmica do ambiente, como é mostrado na Tabela 5. Por exemplo, para o surgimento das gemas florais, as temperaturas máximas e mínimas devem estar compreendidas entre 25,5 e 31,7°C e 15,8 e 19,8°C, respectivamente, e têm duração, em dias, variando entre 20 e 32 dias.

Tabela 5. Duração de diferentes fases de florescimento de *Crotalaria spectabilis* em relação a temperatura do ambiente (Adaptado de Kar e Datta, 2018).

Fases	Duração (dias)	Temperatura do ambiente (°C)			
		Amplitude		Média	
		Máx.	Mín.	Máx.	Mín.
Início do botão floral	20 – 32	25,5 – 31,7	15,8 – 19,8	28,9	17,7
Florescimento moderado	45 – 55	14,4 – 17,2	7,2 – 12,7	15,3	9,6
Pico do florescimento	35 – 45	12,2 – 24,7	11,8 – 19,9	19,2	16,4
Final do florescimento	25 – 35	20,6 – 28,3	14,5 – 22,3	26,5	19,3

A polinização da crotalária é de suma importância, pois visa a obtenção de frutos viáveis, os denominados legumes cilíndricos inflados, característicos deste gênero vegetal. De acordo com Henrique e Figueiredo (2018), após a antese floral, cujo fenômeno ocorre no período diurno, os grãos de pólen são carregados da parte masculina da flor até a parte feminina pelo principal agente de polinização, a abelha. As flores permanecem receptivas aos agentes polinizadores por até cinco dias após a antese, seguido da senescência floral, a qual

pode ser identificada pelo murchamento e queda dos elementos florais, exceto do cálice e ovário, quando houver a fecundação da flor.

Já na fase de frutificação, os frutos são formados pelo desenvolvimento dos ovários presentes nas flores, geralmente após a fecundação dos óvulos, e dentro do ovário, o desenvolvimento dos óvulos fecundados dá origem às sementes. O crescimento e desenvolvimento do óvulo é principalmente estimulados pelo processo de polinização e uma vez que o fruto esteja estabelecido, dá-se então início ao processo de maturação até o seu crescimento final.

Durante o desenvolvimento vegetativo, a raiz e a parte aérea são os principais drenos das plantas. Já no processo do desenvolvimento reprodutivo, ocorre a mobilização de fotoassimilados, translocados pelo floema, das folhas para os frutos, devido à alta atividade nos frutos.

Henrique e Figueiredo (2018) descrevendo a morfologia floral e a fenologia reprodutiva, além da caracterização do processo de reprodução, predação de frutos e germinação de sementes de *Crotalaria spectabilis* verificaram que, em condições naturais, a produção de frutos em *C. spectabilis* é diferente do que quando submetida à autopolinização espontânea e anemofilia. Além disso, os autores encontraram que há autopolinização espontânea, mas a produção de frutos é o dobro na polinização natural (Tabela 6). Além disso, tanto a autopolinização manual quanto a polinização cruzada manual tiveram 97 e 90%, respectivamente, de produção de sementes desenvolvidas (Tabela 6).

Tabela 6. Polinização em *C. spectabilis* (Adaptado de Henrique e Figueiredo, 2018).

Tipos de polinização	F/R*	Porcentagem (%)
Polinização natural – controle	70/39	56
Autopolinização espontânea	68/15	22
Autopolinização manual	30/29	97
Polinização cruzada manual	30/27	90
Anemofilia	47/10	21

*F – número de flores tratadas, R – número de frutos formados.

Os autores mencionam também que a *C. spectabilis* por formar frutos por autopolinização pode favorecer o sucesso reprodutivo caso haja escassez de polinizadores, enquanto espécies como a *C. vitellina* e *C. juncea*, por não apresentarem autopolinização, dependem de polinizadores para que haja formação de frutos.

Outro resultado interessante apontado no estudo é que as sementes de frutos predados possuíram porcentagem de germinação (56,67%) significativamente menor que as sementes de frutos não predados (86,57%), sendo o oposto verificado para a velocidade de germinação.

13. Zoneamento agroclimático e adaptações ao meio ambiente

A identificação, quantificação e mapeamento de áreas mais favoráveis ao plantio das culturas, levando em conta as características climáticas locais, como regime pluviométrico e térmico, funcionam como uma grande ferramenta na redução dos riscos climáticos para a agricultura e consequentemente na diminuição das perdas dos agricultores.

No Brasil, as espécies de crotalária são cultivadas desde a faixa da Região Amazônica até a latitude de 22,5°S, onde a temperatura média anual fica entre 18°C e 27°C (Cook et al., 2005). As espécies de crotalária apresentam média tolerância ao déficit hídrico, podendo também crescer em lugares em que a precipitação média anual fica abaixo dos 200 mm, sendo, entretanto, necessário o uso da irrigação durante o máximo crescimento e fixação de nitrogênio (Cook et al., 2005). A cultura é semeada entre outubro a março, com semeaduras mais tardias até o mês de abril, sendo adaptada a solos de textura arenosa e argilosa e moderadamente tolerante ao alumínio na solução do solo.

No caso das espécies de crotalária, ainda não há nenhum tipo de zoneamento realizado tanto a nível regional quanto a nível nacional, sendo assim, foi realizado um primeiro zoneamento de aptidão visando encontrar áreas potenciais para o cultivo da crotalária, de acordo com condições climáticas favoráveis para o florescimento da cultura.

Para isso, foram usados dados climatológicos de temperatura média compensada mensal (T_m , °C), evapotranspiração potencial mensal (ETP, mm) e precipitação acumulada decendial mensal (PREC, mm) referentes a 310 estações meteorológicas convencionais pertencentes ao Instituto Nacional de Meteorologia – INMET (Figura 7) publicados nas novas Normas Climatológicas no período de 1981 e 2010.

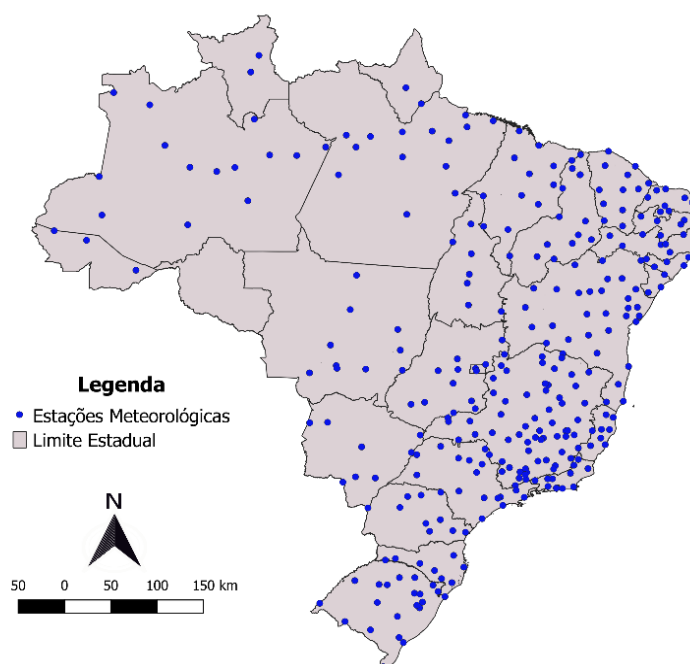


Figura 7. Estações meteorológicas convencionais utilizadas para o zoneamento de aptidão agrícola da cultura da crotalária no Brasil.

O zoneamento foi concentrado na fase de florescimento da cultura da crotalária, sendo esta considerada a mais crítica para que se tenha uma boa produção de biomassa e ciclagem de nutrientes. Foram consideradas seis épocas, entre outubro a março, de semeadura, e três ciclos de cultivo, precoce (110 dias), médio (120 dias) e tardio (140 dias), com florescimento médio ocorrendo entre 70, 80 e 90 dias, respectivamente.

Os critérios utilizados para o cálculo da aptidão do cultivo da crotalária no Brasil são os mostrados na Tabela 7 que posteriormente foram combinados para a plotagem dos mapas de aptidão considerando as condições apresentadas na Tabela 8.

Tabela 7. Critérios das variáveis climáticas utilizados para o zoneamento de aptidão agrícola para o cultivo da crotalária no Brasil.

Variável	Período	Limiares	Aptidão
Fotoperíodo Médio (P, h dia ⁻¹)	Emergência – Florescimento	$P \leq 13,6 \text{ h}$	Apto
		$P > 13,6 \text{ h}$	Marginal
Temperatura Média Mensal (Tm, °C)	Florescimento – Frutificação	$16,0 \text{ °C} \leq Tm \leq 30,0 \text{ °C}$	Apto
		$Tm < 16,0 \text{ °C}$ ou $Tm > 30,0 \text{ °C}$	Inapto
Índice de Satisfação de Necessidade de Água (ISNA)	Florescimento – Frutificação	$ISNA \geq 0,6$	Apto
		$0,50 < ISNA < 0,60$	Marginal
		$ISNA \leq 0,50$	Inapto

Tabela 8. Critérios de aptidão combinados utilizados para o zoneamento de aptidão agrícola para o cultivo da crotalária no Brasil. * A – Apto, M – Marginal e I – Inapto.

Aptidão*			Aptidão Combinada
Fotoperíodo	Temperatura do Ar	ISNA	
A	A	A	Apto
A	I	A	Inapto
A	A	M	Marginal por ISNA
A	I	M	Inapto
A	A	I	Inapto
A	I	I	Inapto
M	A	A	Marginal por P
M	I	A	Inapto
M	A	M	Marginal por ISNA e P
M	I	M	Inapto
M	A	I	Inapto
M	I	I	Inapto

O fotoperíodo foi calculado diariamente e feita a média dos valores entre a data de semeadura e a data de início do florescimento, conforme as equações descritas abaixo. O valor de 1,2 h foi adicionado ao fotoperíodo diário, pois foi considerado o tempo de luz correspondente aos crepúsculos matutino e vespertino, tendo assim o fotoperíodo efetivo (P_{ef}).

$$(1) \quad \delta = 23,45 * \sin \left[\frac{360 * (NDA - 80)}{365} \right]$$

$$(2) \quad hn = \arccos(-\tan \varphi * \tan \delta)$$

$$(3) \quad P = \frac{2}{15} hn$$

$$(4) \quad P_{ef} = P + 1,2$$

Em que NDA é o número de dias do ano (entre 1 e 365), δ a declinação solar ($^{\circ}$), φ a latitude de cada estação meteorológica ($^{\circ}$), hn o ângulo horário do nascer do sol, P o fotoperíodo ($h \text{ dia}^{-1}$) e P_{ef} o fotoperíodo efetivo ($h \text{ dia}^{-1}$).

O ISNA é dado pela razão entre a evapotranspiração real (ETR, mm) e evapotranspiração de cultura (ETc, mm). A ETR foi calculada pelo método proposto por Thornthwaite e Mather (1955) por meio do Balanço Hídrico Climatológico Sequencial em escala decendial e a ETc é dada pelo produto entre a ETP e o coeficiente de cultura (kc), sendo os valores de kc para a crotalária encontrados por Pacheco e Campelo Júnior (2001).

A capacidade de água disponível (CAD) adotada foi de 117 mm que foi calculada pelo método prático a partir das características gerais da cultura (Equação 5).

$$(5) \quad CAD = 1,3 * Z_r$$

Z_r é a profundidade do sistema radicular efetiva, sendo adotado o valor de 90 cm.

Os resultados do zoneamento são apresentados nas Figuras 8, 9 e 10 e podem ser resumidos nos seguintes pontos:

Foram encontradas poucas diferenças entre a duração do ciclo (precoce, médio e tardio) da crotalária em relação às áreas classificadas como aptas e inaptas;

Em geral, para todos os ciclos, as áreas aptas se encontraram nas regiões do Centro-Oeste, Sudeste e Sul, além dos estados de Amazonas e Tocantins, enquanto as áreas inaptas, em geral, ficaram nas regiões Norte, Nordeste e uma parte do sul dos estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul;

As épocas mais favoráveis para o cultivo da crotalária, considerando condições favoráveis para o seu florescimento, foram as semeaduras realizadas no início dos meses de fevereiro e março, enquanto as épocas mais desfavoráveis foram os meses de outubro, novembro e março, com exceção do ciclo precoce;

As áreas marginais quanto ao fotoperíodo não significam que o ciclo da cultura seja prejudicado e sim que pode haver atraso do florescimento;

Nas áreas classificadas como marginais quanto ao ISNA, o cultivo da crotalária poderá ocorrer caso haja o uso de irrigação durante a fase de florescimento.

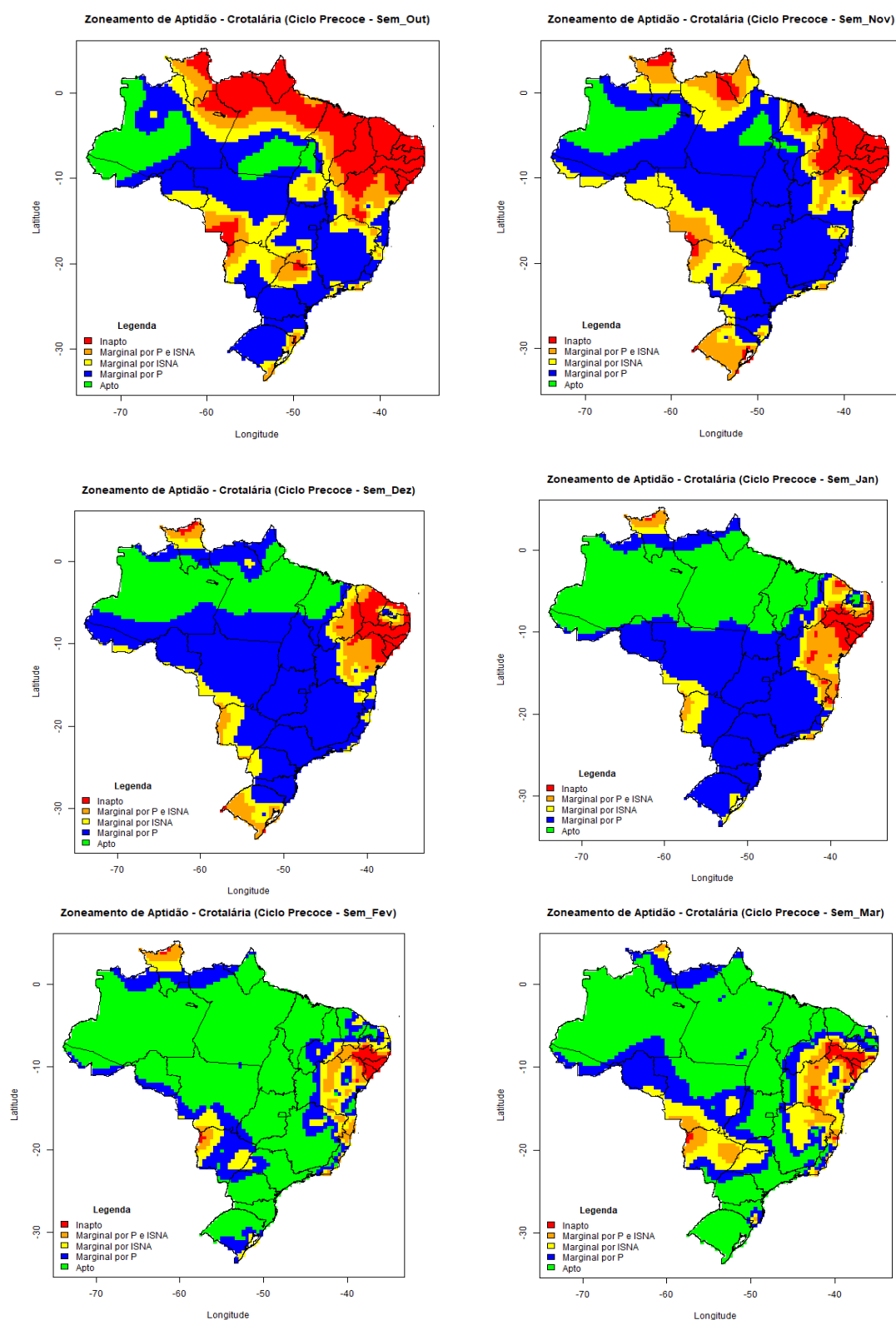


Figura 8. Zoneamento de Aptidão Agrícola para o cultivo da crotalária em diferentes épocas de semeadura, considerando ciclo de cultivo precoce (110 dias) com base no fotoperíodo, temperatura média mensal e Índice de Satisfação de Necessidade de Água (ISNA).

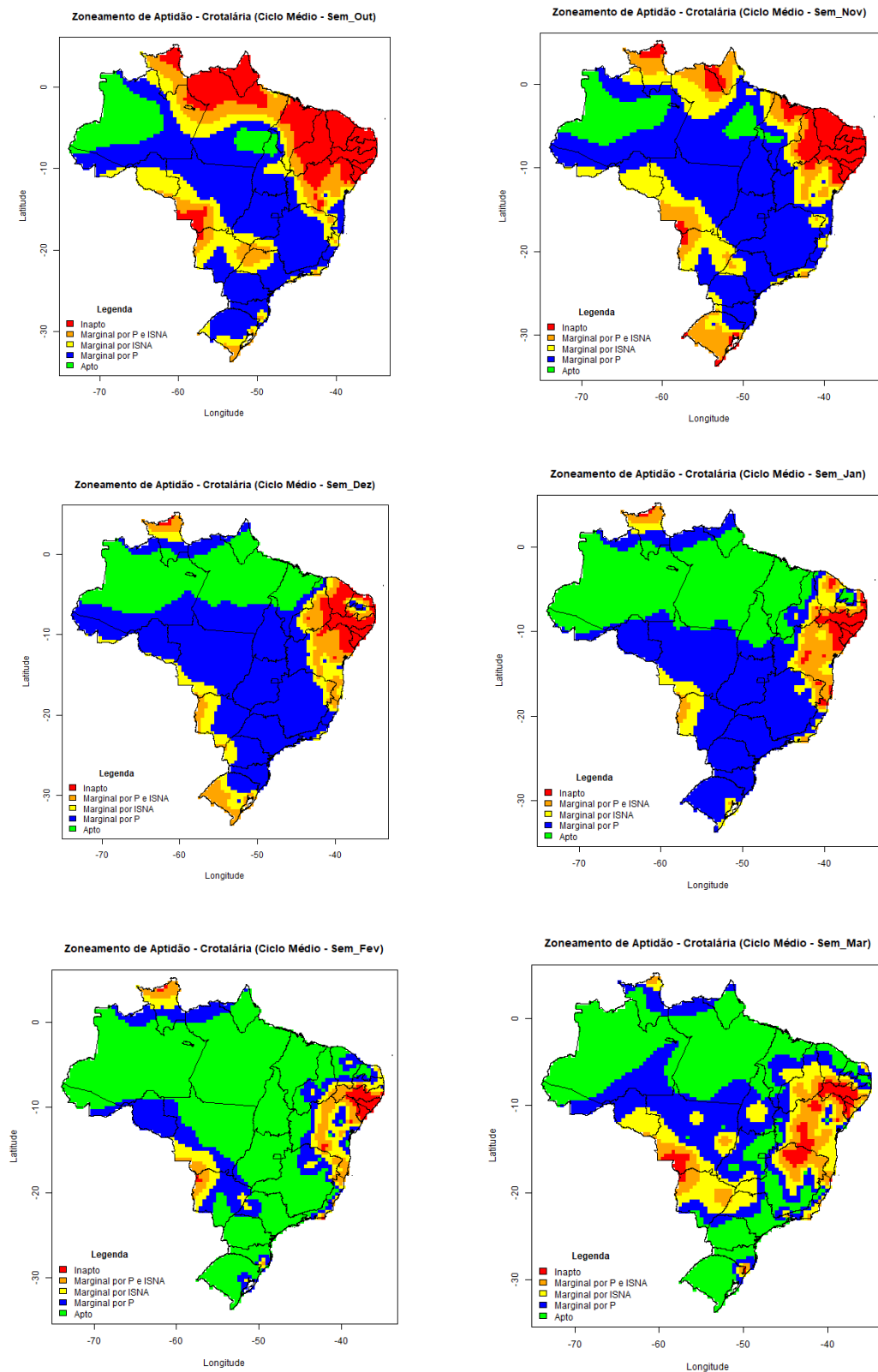


Figura 9. Zoneamento de Aptidão Agrícola para o cultivo da crotalária em diferentes épocas de semeadura, considerando ciclo de cultivo médio (120 dias) com base no fotoperíodo, temperatura média mensal e Índice de Satisfação de Necessidade de Água (ISNA).

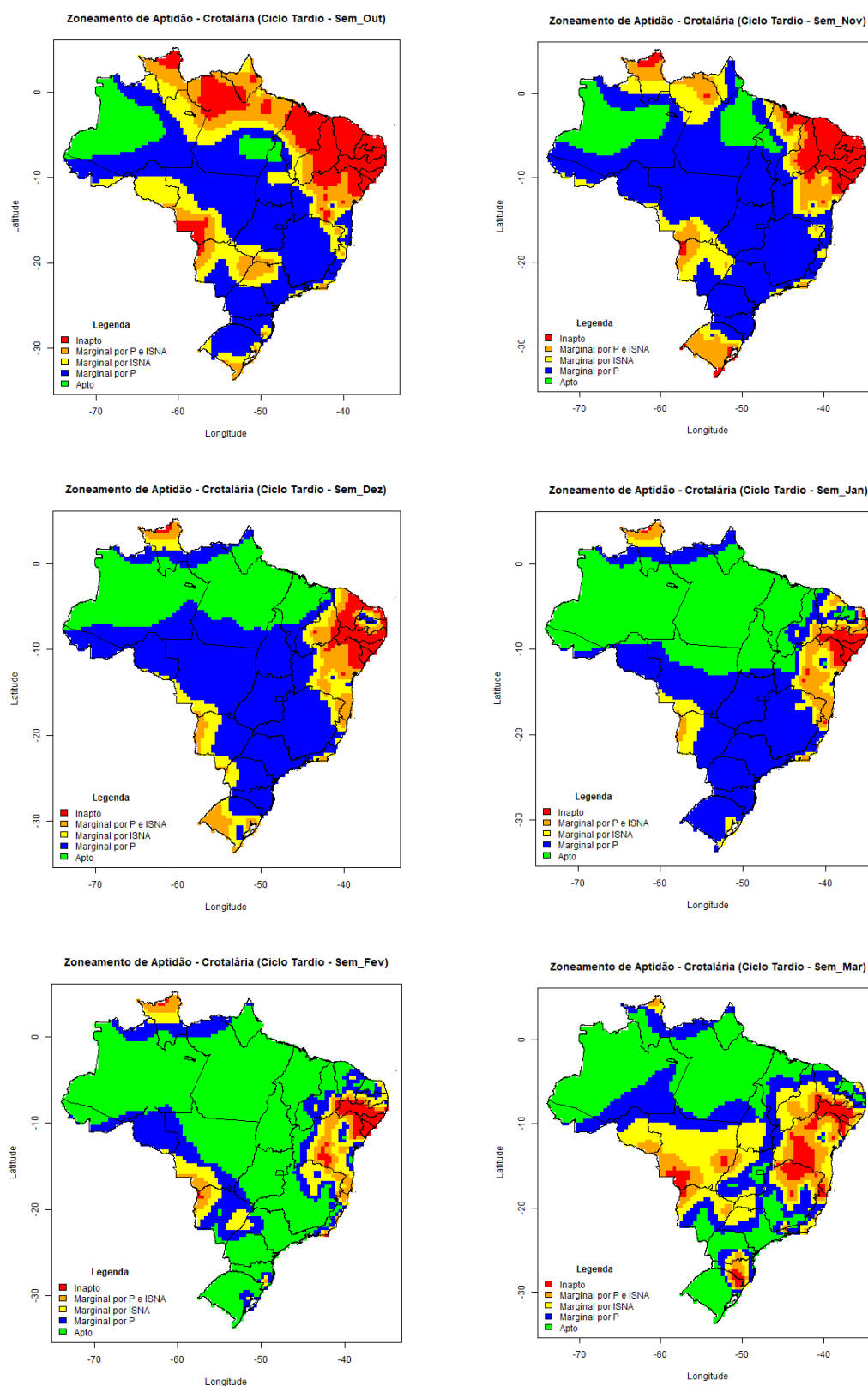


Figura 10. Zoneamento de Aptidão Agrícola para o cultivo da crotalária em diferentes épocas de semeadura, considerando ciclo de cultivo tardio (140 dias) com base no fotoperíodo, temperatura média mensal e Índice de Satisfação de Necessidade de Água (ISNA).

14. Estratégias para altas produções

Assim como em todos os cultivos agrícolas, o rendimento de uma espécie depende dentre muitos fatores, do plantio na época adequada e de forma correta. Para que se tenha um alto potencial produtivo é fundamental que se garanta a correta interação entre a espécie trabalhada e o ambiente de cultivo. Para isso os estádios vegetativo e reprodutivo devem estar sincronizados com as alterações climáticas.

Segundo Cook et al. (2005), a época mais adequada de plantio da crotalária para a obtenção de máximo rendimento varia de acordo com as condições do ambiente, sendo que a maioria dos cultivares floresce em dias curtos.

Leal et al. (2012) visando determinar a época de plantio e idade de corte mais adequados para a produção de biomassa e acúmulo de N em *C. juncea* nas condições edafoclimáticas da Baixada Fluminense, verificaram que quando os cortes foram realizados aos 3 ou aos 4 meses de idade, os maiores valores de produção de biomassa seca foram obtidos nas plantas semeadas durante a metade da primavera e os menores nas semeaduras feitas no final do verão. Já o maior acúmulo de N na parte aérea também foi encontrado nas semeaduras realizadas durante a metade da primavera, com cortes realizados aos 3 e/ou 4 meses, enquanto na semeadura feita no verão não ocorreu diferença significativa entre as idades de corte e acúmulo de N.

Rossi e Castro (2012) encontraram que a produção de matéria seca e o conteúdo total de nitrogênio da crotalária foram elevados com o aumento da densidade de plantas e redução dos espaçamentos entre os sulcos de plantio nos dois períodos de semeadura avaliados, na primavera-verão e outono-inverno.

Durante o período de outono-inverno, os maiores rendimentos foram obtidos com espaçamentos entre os sulcos de 0,3m e densidade de 40 plantas por metro linear, chegando a uma produtividade de matéria seca de 6.800 kg ha⁻¹ e acúmulo de N de 189,3 kg ha⁻¹, sendo que 74% desse acúmulo (cerca de 140,1 kg ha⁻¹) foram provenientes da fixação biológica de nitrogênio (FBN). Já no período correspondente à primavera-verão, o maior rendimento também foi observado com espaçamento entre sulcos de 0,3m, porém com densidade de 30 plantas por metro linear, atingindo produtividade de 10.700 kg ha⁻¹ de matéria seca e 260,6 kg ha⁻¹ de N, com 69% provenientes de FBN (Rossi; Castro, 2012).

Considerando o rendimento de sementes, na semeadura realizada durante o período outono-inverno, o maior rendimento foi obtido com espaçamento entre sulcos de 0,3 m, com densidade de 40 plantas por metro linear, chegando a uma produtividade de 1.436 kg ha⁻¹, enquanto que para o plantio realizado durante o período de primavera-verão não foram

observados efeitos da densidade de plantas e do espaçamento entre sulcos, atingindo uma produtividade média de $162,5 \text{ kg ha}^{-1}$, ou seja cerca de 11,3% da produtividade observada na época precedente (Rossi; Castro, 2012). Os autores também mencionam que os resultados permitem a utilização das épocas de semeadura como uma ferramenta eficiente no planejamento agrícola, variando com o objetivo principal desejado com a cultura, ou seja, para produção de matéria seca (semeadura durante a primavera-verão) ou produção de sementes (semeadura durante o outono-inverno).

15. Efeitos de reguladores vegetais

Para que as plantas tenham um crescimento e desenvolvimento ordenado é necessário um meio de comunicação eficiente entre os órgãos, tecidos e células. Os principais meios de comunicação intercelular são os hormônios, conhecidos também por fitormônios, atuando como mensageiros químicos primários que carregam a informação entre as células e assim coordenam o seu crescimento e desenvolvimento. Entre os fitormônios destacam-se as auxinas, giberelinas, citocininas, etileno e ácido abscísico, e moléculas receptoras específicas de cada hormônio estão presentes nas células alvo, onde o hormônio vai atuar, e a ligação hormônio-receptor desencadeia as respostas. Dentre as classes de fitormônios, algumas promovem enquanto outras inibem vários aspectos do desenvolvimento da planta, podendo elas atuar sozinhas ou em conjunto (balanço hormonal).

Em espécies de crotalária, os estudos sobre a utilização e efeito de reguladores ou biorreguladores vegetais são termos empregados para compostos naturais ou sintéticos aplicados nas plantas, ainda são escassos.

Kappes et al. (2012) avaliaram o efeito da aplicação foliar de reguladores vegetais retardantes como cloreto de mepiquat, etil-trinexapac e paclobutrazol, em diferentes doses (0, 75, 150, 225 e 300 g ha^{-1}), sobre a qualidade fisiológica de sementes e o crescimento de plântulas de *Crotalaria juncea* cultivada em sistema plantio direto. Entre os resultados obtidos, os autores destacam que a aplicação de cloreto de mepiquat na cultura da crotalária não é recomendado, pois reduz o potencial de germinação das sementes e a biomassa fresca das plântulas (Figura 11b). Além disso, mencionam que o etil-trinexapac para maior comprimento total e biomassa fresca das plântulas deve ser aplicado considerando-se uma dose de 300 g ha^{-1} (Figura 11a e b) e o paclobutrazol deve ser aplicado na dose de 75 g ha^{-1} , considerando o potencial e velocidade de germinação das sementes (Figura 11c).

Kappes et al. (2011), também utilizando os mesmos retardadores de crescimento e as mesmas doses de aplicação citados acima, avaliaram suas influências no desenvolvimento

vegetativo e reprodutivo de plantas de *Crotalaria juncea*. Como resultados, obtiveram que o incremento nas doses de etil-trinexapac e paclobutrazol reduziu linearmente a altura das plantas (Figura 12c), ao passo que, para o cloreto de mepiquat e paclobutrazol, houve aumento no número de vagens e sementes por planta e redução de produtividade (Figuras 12 a e d) e, portanto, os autores não recomendaram a aplicação de tais produtos na cultura da crotalária quando o objetivo final é a produção de sementes.

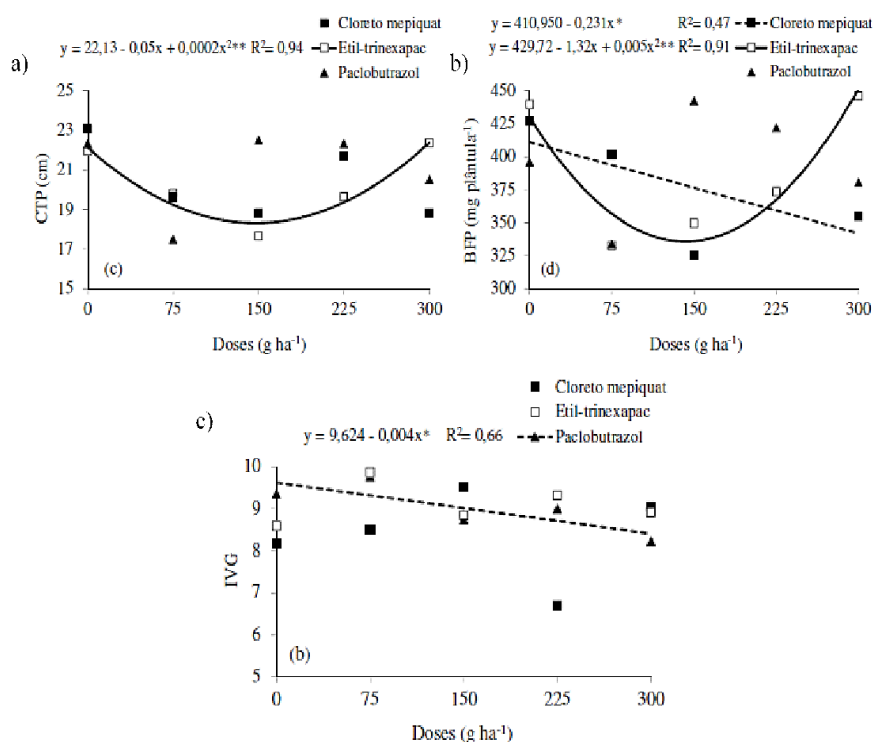


Figura 11. Comprimento total de plântula (a), biomassa fresca de plântula (b) e índice de velocidade de germinação de sementes (c) de *Crotalaria juncea* em função da aplicação de retardadores de crescimento em diferentes doses (Adaptado de Kappes et al., 2012).

Castro et al. (1985), em estudos realizados com germinação de sementes de *Crotalaria juncea*, avaliaram a altura das plântulas com 10 dias de germinação após imersão por 22 horas em solução de ácido giberélico (GA) na concentração de 100 ppm. Como resultado, os autores encontraram que a altura média das plântulas de crotalária foi maior do que o tratamento controle, com alturas médias de 16,25 cm e 13,15, respectivamente.

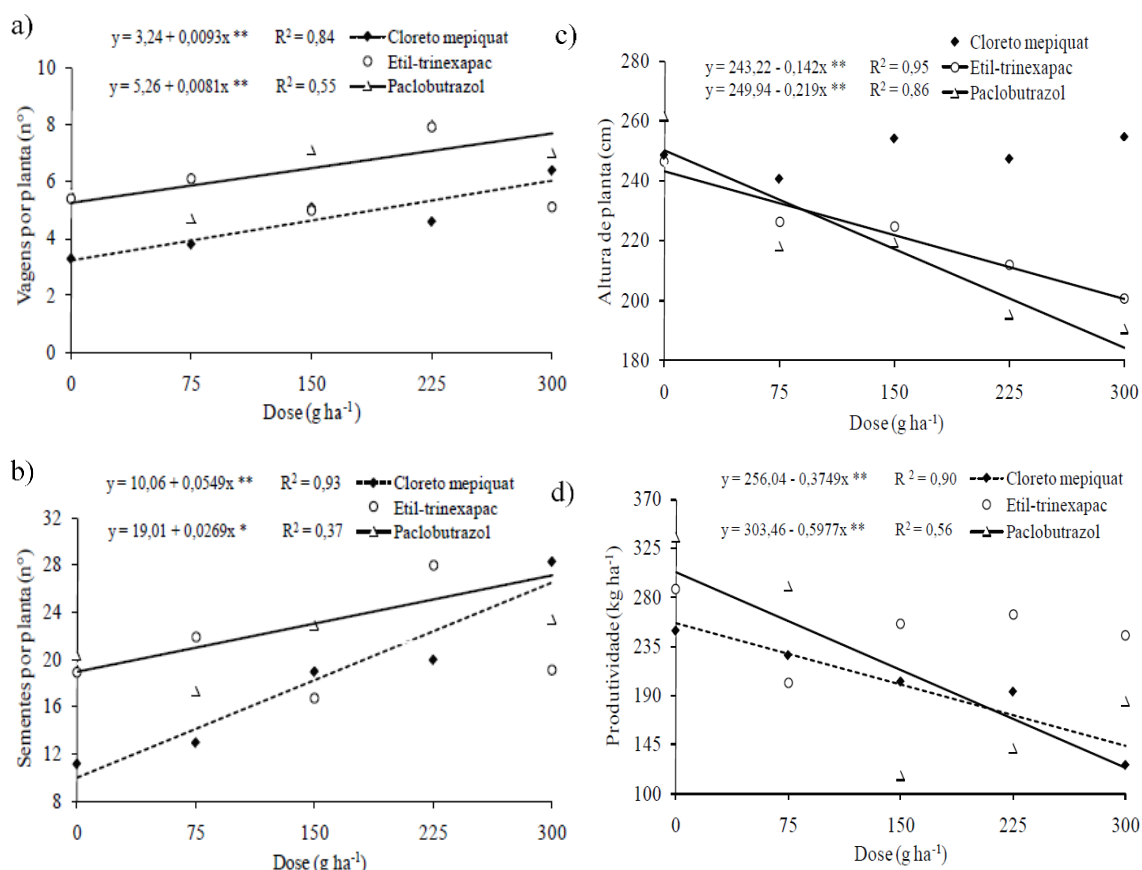


Figura 12. Número de vagens por planta (a), número de sementes por planta (b), altura de planta (c) e produtividade (d) de *Crotalaria juncea* em função da aplicação de retardadores de crescimento em diferentes doses (Adaptado de Kappes et al., 2011).

16. Senescência e aproveitamento de resíduos

A harmonia entre os fatores climáticos e a ecofisiologia das plantas influencia diretamente no seu crescimento e/ou desenvolvimento. Caso ela não ocorra, são iniciados processos que interferem acentuadamente em seu metabolismo, e em condições extremas, levar as plantas à senescência (Rossi; Castro, 2012).

As células, órgãos e organismos vegetais além de serem submetidos aos estresses externos, experimentam também o desgaste ocasionado pelo seu envelhecimento, em que, para decompor tecidos velhos ou danificados, as plantas também passam pelo processo de senescência ou morte celular geneticamente programada (Taiz et al., 2017). Dentre os reguladores vegetais que promovem a senescência estão o etileno, o ácido abscísico, o ácido jasmônico, os brassinosteroides e o ácido salicílico, ao passo que as citocininas, auxinas e giberelinas são os reguladores de crescimento que reprimem a senescência das plantas (Taiz et al., 2017).

A senescência foliar, por exemplo, envolve a decomposição de proteínas, carboidratos e ácidos nucleicos celulares e a redistribuição de seus componentes e minerais de volta ao

corpo principal da planta, para as áreas em crescimento ativo (Taiz et al., 2017). Essa redistribuição de nutrientes para as partes em crescimento da planta durante o processo de senescência pode servir como uma estratégia de sobrevivência durante condições ambientais adversas, como estresses hídricos e térmicos.

Toda a matéria orgânica deixada no solo tanto pela senescência da cultura no fim de seu ciclo, quanto pelo manejo conduzido, pode servir de cobertura do solo e ser reaproveitada em sistemas de plantio direto, contribuindo para a mineralização de nutrientes advindos dos restos vegetais.

Uma das principais finalidades do cultivo da crotalária é seu uso na adubação verde, por ser uma cultura com grande eficiência na fixação de nitrogênio atmosférico, além de possuir ação antagônica sobre nematoides no solo, aumentando a tolerância das plantas aos parasitas, conservar a água no solo e reduzir a erosão do solo (Heuzé et al., 2018).

Como adubo verde, Silva et al. (2009) avaliaram o aproveitamento de nitrogênio proveniente de ureia, restos culturais de crotalária e de milho no cultivo do milho, em função da adubação nitrogenada e fosfatada. Eles verificaram que o aproveitamento de N proveniente da crotalária, pela cultura do milho, foi maior que o do N do milho e a aplicação de fósforo aumentou a assimilação do N proveniente da ureia e de adubos verdes.

Lange et al. (2009) avaliando o aproveitamento de nitrogênio residual no solo fornecido pela *Crotalaria juncea* e N-ureia, no segundo ano de cultivo de trigo (*Triticum aestivum*), encontraram que a porcentagem de recuperação do N-crotalária foi igual ao N-ureia e após dois anos de cultivo do solo em vasos sem aparentes perdas por percolação e lixiviação, em torno de 26% do N-ureia e 75% do N-crotalária aplicados no primeiro cultivo ainda se encontravam no solo, evidenciando o benefício da incorporação do adubo verde no fornecimento de N gradativamente ao sistema.

Araujo et al. (2013) avaliaram o efeito de diferentes doses de compostos orgânicos e de *Crotalaria juncea* sobre o crescimento, a produção e a nutrição nitrogenada dos cafeeiros e verificaram que a crotalária promoveu maior crescimento em altura e diâmetro de copa do cafeeiro.

Referências

ALBUQUERQUE, M.C.F.; RODRIGUES, T.J.D.; MENDONÇA, E.A.F. Absorção de água por sementes de *Crotalaria spectabilis* Roth. determinada em diferentes temperaturas e disponibilidade hídrica. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 22, n. 1, p. 206-215, 2000.

AMABILE, R.F.; FANCELLI, A.L.; CARVALHO, A.M. Comportamento de espécies de adubos verdes em diferentes épocas de semeadura e espaçamento na região do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 1, p. 47-54, 2000.

ANDRADE, D.A.V. et al. Aspectos morfológicos de frutos e sementes e caracterização citogenética de *Crotalaria lanceolata* E. Mey. (Papilionoideae - Fabaceae). **Acta Botanica Brasilica**, v. 22, n. 3, p. 621-625, 2008.

ANTONIOLLI, Z.A. et al. Quebra de dormência em sementes de crotalária. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 23, n. 2, p. 165-168, 1993.

ARAUJO, J.B.S. et al. Nitrogen fertilization of coffee: organic compost and *Crotalaria juncea* L. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 60, n.6, p. 842-851, 2013.

AVENDAÑO, N. Revisión taxonómica del género *Crotalaria* L. (Faboideae - Crotalarieae) en Venezuela. **Acta Botánica Venezuelica**, v. 34, n. 1, p. 13-78, 2011.

BONFIM-SILVA, E.M. et al. Desenvolvimento e produção de *Crotalaria juncea* adubada com cinza vegetal. **Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer**, Goiânia, v.7, n.13, p. 371-379, 2011.

CARGNELUTTI FILHO, A. et al. Épocas de semeadura e temperatura base em *Crotalaria juncea* na região da depressão central do Rio Grande do Sul. **Revista Agrarian**, Dourados, v.9, n.34, p. 312-318, 2016.

CASTRO, P.R.C.; GONÇALVES, M.B.; DEMÉTRIO, C.G.B. Efeitos de reguladores vegetais na germinação de sementes. **Anais da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**, Piracicaba, v. 42, p. 449-468, 1985.

COLOZZI FILHO, A.; CARDOSO, E.J.B.N. Detecção de fungos micorrízicos arbusculares em raízes de cafeeiro e de crotalária cultivada na entrelinha. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 10, p. 2033-2042, 2000.

COOK, B.G. et al. **Tropical forages**. Brisbane: CSIRO, DPI & F (Qld); CIAT; ILRI, 2005.

COSTA, K.A.P. Adubação fosfatada e potássica no crescimento e nutrição da *Crotalaria juncea* L. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 30, n. 5, p. 827-831, 2006.

FLORES, A.S.; MIOTTO, S.T.S. Aspectos fitogeográficos das espécies de *Crotalaria* L. (Leguminosae, Faboideae) na Região Sul do Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v.19, n. 2, p. 245-249, 2005.

FONTANÉTTI, A. et al. Adubação verde na produção orgânica de alface americana e repolho. **Horticultura Brasileira**, v. 24, p. 146-150, 2006.

GARCIA, J.M. et al. O gênero *Crotalaria* L. (Leguminosae, Faboideae, Crotalarieae) na planície de inundação do Alto Rio Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 11, n. 2, p. 209-226, 2013.

HENRIQUE, M.O.; FIGUEIREDO, R.A. Ecologia reprodutiva de crotalária (*Crotalaria spectabilis* Roth, Fabaceae) em área de cultivo agroecológico. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 13, n. 3, 2018.

HEUZÉ, V. et al. **Sunn hemp (*Crotalaria juncea*)**. Feedipedia, a programme by INRA, CIRAD, AFZ and FAO. Disponível em: <<https://www.feedipedia.org/node/313>>. Acesso em: 03 dez. 2024.

KAPPES, C. et al. Uso de reguladores de crescimento no desenvolvimento e produção de crotalária. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 41, n. 4, p. 508-518, 2011.

KAPPES, C. et al. Reguladores de crescimento e seus efeitos sobre a qualidade fisiológica de sementes e crescimento de plântulas de crotalária. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, n. 2, p. 180-190, 2012.

KAR, S.; DATTA, B.K. Reproductive biology of *Crotalaria spectabilis* Roth. **The International Journal of Plant Reproductive Biology**, v. 10, n. 1, p. 38-43, 2018.

LANGE, A. et al. Aproveitamento pelo trigo do nitrogênio residual da crotalária (*Crotalaria juncea*) e da ureia aplicado ao solo em cultivo precedente. **Ciência Rural**, v.39, n. 6, p. 1715-1720, 2009.

LEAL, M.A.A. et al. Desempenho de crotalária cultivada em diferentes épocas de semeadura e de corte. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 59, n. 3, p. 386-391, 2012.

LIMA, M.F.P. de. **Ecofisiologia de plantas daninhas submetidas a estresse hídrico e à reidratação**. 2015. 82 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2015.

MATIELLO, J.B.; GONÇALVES, S. Quebra vento temporário em cafezal jovem usando crotalária. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 41., 2015, Poços de Caldas. **Anais...** Brasília: EMBRAPA Café, 2015. 1 CD-ROM.

MARTINI, A. et al. Fenologia de espécies nativas com potencial paisagístico. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 31, n. 1, p. 75-84, 2010.

OLIVEIRA, W.P. et al. Testes de germinação de sementes utilizadas como adubo verde. In: ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA PANTANAL E UFMS, 6., 2012. **Resumos...**

PACHECO, J.M.; CAMPELO JÚNIOR, J.H. Necessidades hídricas da *Crotalaria juncea* L. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 9, n. 1, p. 51-58, 2001.

ROSSI, G.; CASTRO, P.R.C. **Ecofisiologia dos adubos verdes**. Piracicaba: ESALQ, Divisão de Biblioteca, 2012. 70 p. (Série Produtor Rural, 51).

SAMPAIO, P.R.F. et al. Necessidade hídrica da *Crotalaria juncea* L. em resposta à salinidade residual do solo. **Irriga**, Botucatu, v. 21, n. 2, p. 211-225, 2016.

SANTOS, M.S. et al. Estudo da velocidade de germinação das sementes da leguminosa *Crotalaria ochroleuca*. In: CONGRESSO ESTADUAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA DO IF GOIANO, 6., 2017, Urutaí.

SANTOS, R.A. et al. Crescimento de leguminosas utilizadas na adubação verde em diferentes níveis de sais na água de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 12, p. 1255–1261, 2014.

SANTOS, V.S.; CAMPELO JÚNIOR, J.H. Influência dos elementos meteorológicos na produção de adubos verdes, em diferentes épocas de semeadura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 7, n. 1, p. 91-98, 2003.

SARKAR, S.K. et al. **Sunnhemp in India**. Barrackpore: Central Research Institute for Jute and Allied Fibres, 2015.

SCHABARUM, D.E. **Tamanho de amostra para caracteres morfológicos e produtivos de *Crotalaria juncea***. 2016. 58 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2016.

SILVA, E.C. et al. Aproveitamento de nitrogênio pelo milho, em razão da adubação verde, nitrogenada e fosfatada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 2, p. 118-127, 2009.

SILVA, M.F.O. et al. Caracterização anatômica de espécies de Crotalária (Fabaceae) ocorrentes no Estado do Piauí. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 64., 2013, Belo Horizonte.

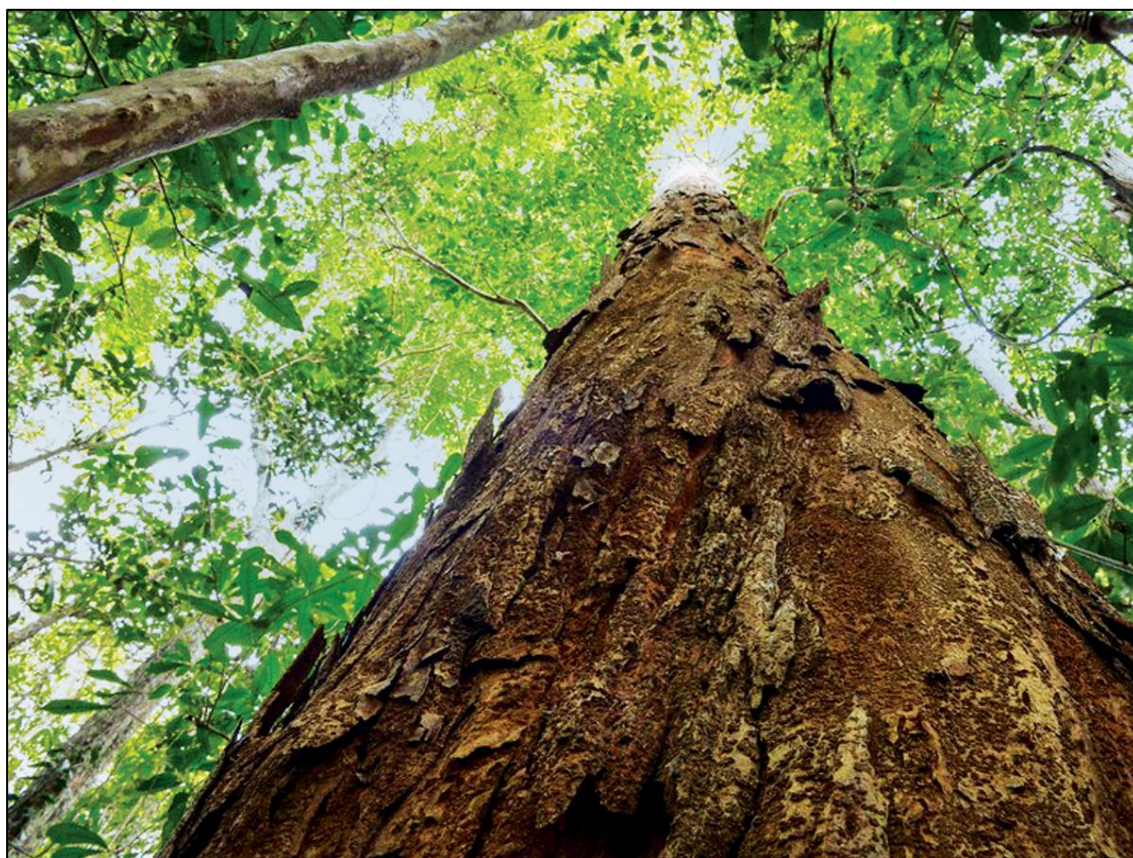
TAIZ, L. et al. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 888 p.

VARGAS, T.O. **Contribuição da raiz e da parte aérea de duas leguminosas de adubação verde na produção do repolho**. 2009. 85 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009.

VINCENT, C. et al. Sunn hemp intercrop and mulch increases papaya growth and reduces wind speed and virus damage. **Scientia Horticulturae**, v. 218, 2017.

WUTKE, E.B. et al. Crotalária. In: AGUIAR, A.R.E. et al. (Ed.). **Instruções agrícolas para as principais culturas econômicas**. 7. ed. Campinas: IAC, 2014. p. 162-165. (Boletim, 200).

JACARANDÁ-DA-BAHIA



JACARANDÁ-DA-BAHIA (*Dalbergia nigra*)

Ailton da Silva Estrela Júnior

1. Introdução

Popularmente conhecida como jacarandá-da-bahia, *Dalbergia nigra* (Vell.) Fr.All. ex Benth é uma leguminosa de porte arbóreo nativa do Brasil, a espécie se encontra como “vulnerável” na lista de espécies ameaçadas de extinção, devido ao uso extrativista e a devastação do seu habitat natural. Apresenta-se como uma espécie versátil, adaptada a condições de baixa fertilidade do solo e situações de déficit hídrico (Figura 1).



Figura 1. Árvore adulta de *Dalbergia nigra* localizado em um parque de Brasília.
Foto: Mauricio Mercadante.

Tem sido empregada para uso madeireiro, a qual apresenta uma madeira de grande beleza, utilizada para a fabricação de móveis de luxo, folhas faqueadas, peças torneadas e entalhadas, instrumentos de música, sendo também empregada na construção civil como, por exemplo, vigamentos e ripas, extração de óleo essencial, utilização na confecção de artesanato, comercialização de sementes e mudas, paisagismo, sendo também recomendada para recuperação de áreas degradadas e promissoras para implantação em sistema silvipastoril, na arborização de pastagens (Carvalho, 2003; Gonçalves et al., 2014).

Devido às características de sua madeira e ao consumo extrativista desde os tempos coloniais, o jacarandá-da-bahia encontra-se na lista de espécies da flora brasileira ameaçadas de extinção desde 2008. Acessos de jacarandá-da-bahia, coletados há aproximadamente 40 anos, provenientes da Mata Atlântica do Sul da Bahia, compõe um banco de germoplasma da espécie na Estação Ecológica do Pau-Brasil, em Porto Seguro - Bahia (ESPAB), com cerca de 6.360 árvores, representando uma preciosa ferramenta para programas de recuperação e conservação da espécie.

Nomes vulgares: cabiúna do mato, cabiúna rajada, caviúna, graúna, jacarandá, jacarandá-caviúna, jacarandá-cabiúna, jacarandazinho, pau-preto e no exterior como Brazilian Rosewood, Bahia Rosewood, Rio palissander, Palissandro de Brasil e outros.

2. Origem e distribuição geográfica

Dalbergia nigra é uma leguminosa arbórea nativa do Brasil característica do bioma Mata Atlântica, encontrada de forma natural entre o Nordeste e Sudeste, desde a Bahia, estendendo a Minas Gerais, Espírito Santo, Rio de Janeiro e São Paulo (Figura 2).

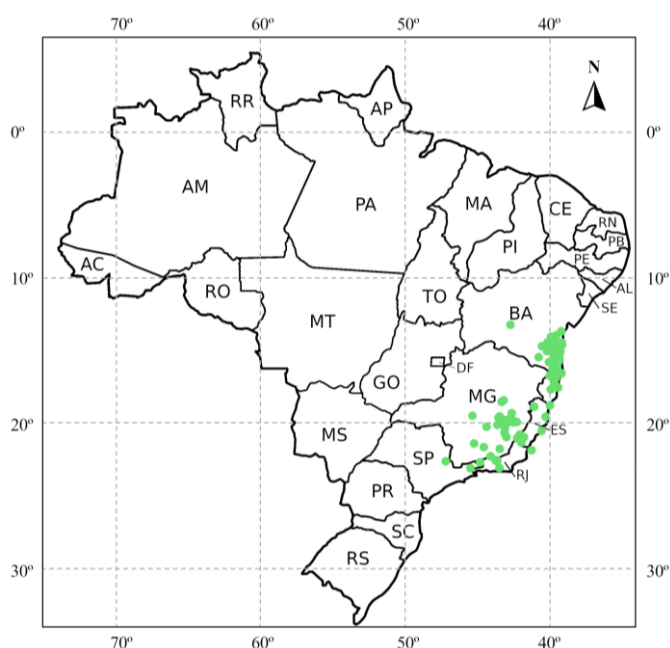


Figura 2. Mapa de distribuição natural do jacarandá-da-bahia no território brasileiro (Adaptado de Carvalho, 2003).

3. Classificação botânica

Dalbergia nigra é considerada uma espécie secundária tardia, classificada taxonomicamente de acordo com o Sistema de classificação de Cronquist da seguinte forma:

Reino	Plantae
Filo	Magnoliopsida
Divisão	Magnoliophyta (Angiospermae)
Classe	Magnoliopsida (Dicotyledonae)
Ordem	Fabales
Família	Fabaceae (Leguminosae: Papilionoideae)

4. Morfologia e anatomia

De tronco tortuoso, o jacarandá-da-bahia pode apresentar altura variada entre 10 a 35 metros de altura e diâmetro na altura do peito entre 15 e 45 cm, sua casca tem coloração pardo-acinzentada, com pequenas placas retangulares longitudinais, as quais descamam aos poucos, internamente a casca apresenta-se de coloração avermelhada (Carvalho, 2003; Sambuichi et al., 2009).

4.1 Frutos

Os aspectos morfológicos do fruto são homogêneos em todas as fases e confiáveis para a identificação da espécie. Seu fruto é um legume glabro e não segmentado, tipo samaróide, legume encontrado no gênero *Dalbergia*, definido por Barroso et al. (1999) como sendo um fruto seco, indeiscente, plano e comprimido, com adaptação à dispersão anemocórica, uma a poucas sementes, o núcleo seminífero dos legumes samaróides e a porção aliforme não são bem delimitados (Silva; Costa, 2014; Donadio; Demattê, 2000).

Apresenta coloração nigrescente, levemente brilhante, plano, de consistência membranácea com nervuras formando uma rede e com elevações na região do núcleo seminífero. A base do fruto é estipitada (comprimento médio da estipe: 0,6 cm), ápice abruptamente acuminado, sutura ventral e dorsal levemente dilatada. A posição das sementes, paralela do fruto, é visível externamente (Figura 3) e o número de sementes por fruto varia de 1 a 3, predominando frutos com uma única semente. O pericarpo caracteriza-se como sendo um fino tecido papiráceo de coloração interna variando de areia clara a camurça. A posição e o número das sementes no fruto são visíveis externamente. O lóculo seminífero é oblongo, bem delimitado e ocupa a posição central do fruto (Paoli, 1992; Donadio; Demattê, 2000).

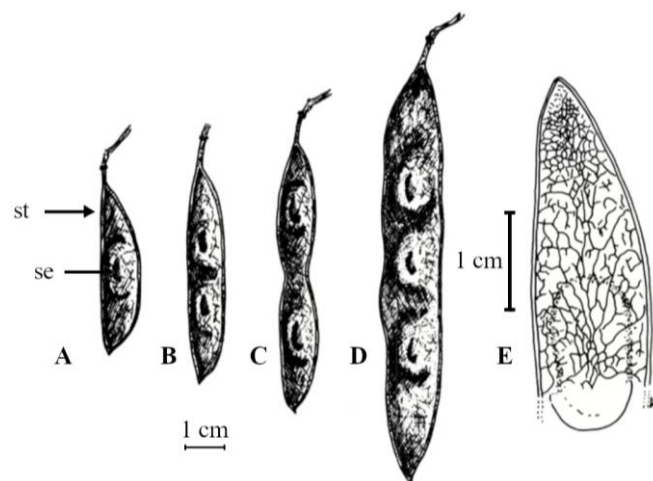


Figura 3. Representação de frutos de *Dalbergia nigra* com diferentes números de sementes. A – sementes; B e C – 2 sementes; D – 3 sementes; Legenda: se – semente; st – sutura (Adaptado de Paoli, 1992).

Seu formato longitudinal é elíptico-oblongo, com ápice acuminado, sutura ventral e dorsal levemente dilatada e base aguda e inserida no receptáculo persistente e longo; transversalmente apresenta-se plano, linear, com bordos inteiros e retos (Donadio; Demattê, 2000). O comprimento dos frutos é variável, com média de 5,7 cm, estando o comprimento associado ao desenvolvimento das sementes, onde frutos monospérmicos apresentam comprimentos inferiores ao de frutos com mais de uma semente, por exemplo, frutos com três sementes podem apresentar até 11,5 cm (Paoli, 1992; Silva; Costa, 2014); apresenta largura média de 1,3 cm, variando entre 1,0 a 1,7 cm (Paoli, 1992; Donadio; Demattê, 2000); e espessura média de 0,18 cm, variando entre 0,11 a 0,3 cm (Silva; Costa, 2014).

4.2 Sementes

O jacarandá-da-bahia, espécie secundária tardia a clímax, possui sementes recalcitrantes, as quais possuem dispersão anemocórica. Os aspectos morfológicos das suas sementes são homogêneos em todas as fases, do tipo estenospérmicas, foram definidas por Donadio e Demattê (2000) como sementes de forma oblongo-ovaladas, com comprimento variando entre 0,6 a 1,2 cm por 0,4 a 0,6 cm de largura, planas, comprimidas lateralmente, com ápice e base arredondados e com extremo hilar afinado e bem marcado pela ponta da radícula (Figura 4 A, B e C). Possui superfície glabra e coloração castanho-escura a nigrescente-brilhosa, com pequenas depressões em ambas as faces e espessura média de 0,17 cm, variando entre 0,11 a 0,22 cm. O peso de 1000 sementes é de cerca de 51 g e o número de sementes por fruto pode variar entre 1 a 3 sementes (Donadio; Demattê, 2000; Silva; Costa, 2014).

O hilo é lateral, pequeno, elíptico, fundido, sub-apical, heterocromo, de coloração amarelada-escura e encoberto pela ponta da radícula curva; a micrópila é diminuta e a rafe, localizada na parte ventral é linear, marcada por uma depressão lanceolada (Figura 4). A testa é delgada e de consistência quebradiça. O embrião é axial, invaginado papilionáceo, característico da subfamília Faboideae, apresenta coloração amarela, com polo radicular visível e ocupa praticamente todo o espaço interno da semente (Coner, 1976; Donadio; Demattê, 2000).

As características dos seus cotilédones são definidas por Donadio e Demattê (2000), apresentando coloração amarela, cerca de 0,7 cm de comprimento e 0,5 cm de largura, sub-carnosos, planos, com o mesmo formato da semente, ápice e base arredondados; o eixo hipocótilo-radícula infletido, elíptico, localiza-se lateralmente por fora dos cotilédones, de coloração amarelo-clara; plúmula inconspícua (Figura 4C).

O embrião papilionáceo, geralmente, apresenta-se com cotilédones planos-convexos, variando de membranáceos a carnosos, com a inserção do eixo hipocótilo-radícula bem delimitada e de forma geralmente cordada-sagitada ou apenas profundamente sagitada; o eixo pode estar parcialmente ou totalmente alojado entre os cotilédones, sendo nas Faboideae típicas bastante curvo e infletido sobre os cotilédones. Porém, essa característica não é constante nessa subfamília, uma vez que o grau de inflexão é muito variável e o eixo pode ser reto (Coner, 1976; Barroso et al., 1999). Sabendo-se da influência que a forma do óvulo exerce na semente, Coner (1976) observou que as sementes das Faboideae se originam de óvulos campilótropos.

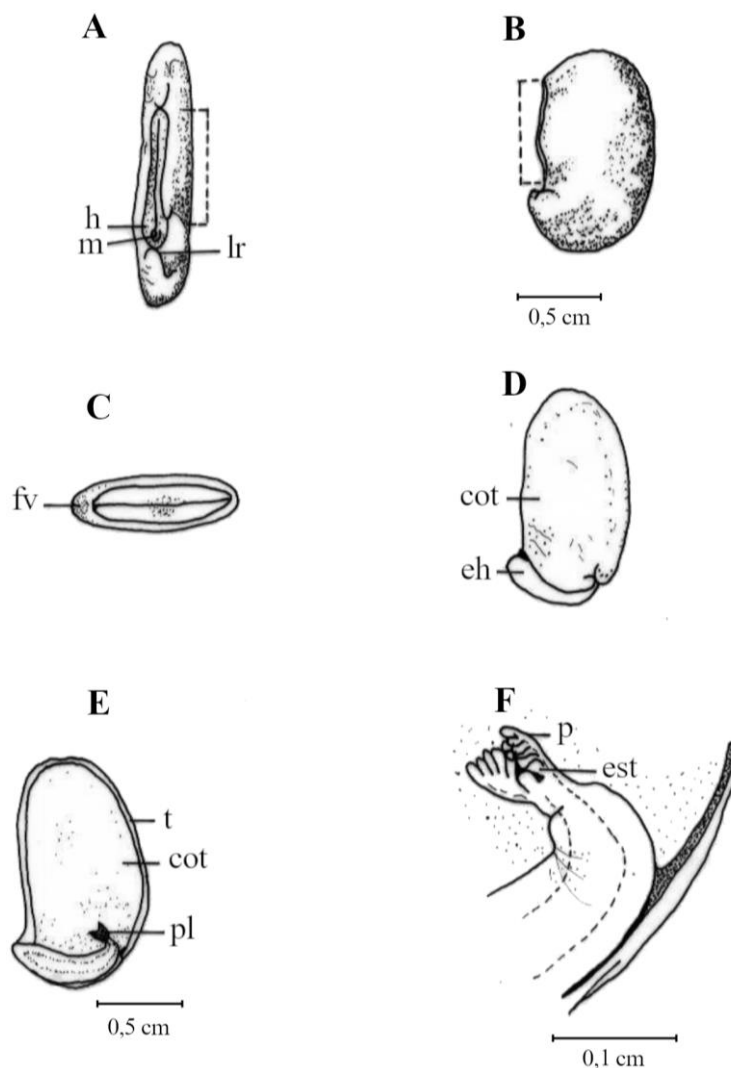


Figura 4. Esquemas dos aspectos da semente de *Dalbergia nigra*: A e B – aspecto externo da semente em ângulos diferentes; C – seção transversal da semente; D – embrião; E – seção longitudinal da semente; F – detalhe da plúmula. Legenda: cot - cotilédone; eh - eixo hipocótilo radícula; est - estípulas; fv – feixe vascular; lr - lóbulo da radícula; h – hilo; m - micrópila; p - pinas; pl – plúmula; t – tegumento (Adaptado de Rêgo, 2001).

4.3 Plântulas

A protusão da radícula ocorre seis dias após as primeiras manifestações da germinação, de forma cilíndrica e coloração creme, é tenra e pubescente. O início da coifa é marcado por uma ligeira dilatação na extremidade apical da raiz, que tem tonalidade amarelada e formato cilíndrico com uma ponta aguda (Donadio; Demattê, 2000).

A plântula apresenta sistema radicular pivotante, com raiz axial desenvolvida; colo de coloração esbranquiçada e levemente afinado, em relação ao diâmetro da base do hipocótilo, este último pode ser observado a partir do oitavo dia após a germinação, concomitante com o crescimento da raiz (Figura 5). Herbáceo e de formato cilíndrico, o hipocótilo apresenta-se brilhante, estriado, com comprimento variando entre 3,0 a 6,5 cm, de coloração verde-clara e

pelos escassos, finos, longos, hialinos, tem seu diâmetro reduzido em direção à base, assume, inicialmente, uma postura geniculada, tornando-se rapidamente ereto. O hipocótilo e a radícula distinguem-se externamente pela diferença de pigmentação e diâmetro entre estas duas estruturas, e também, pela presença de menor quantidade de pelos do hipocótilo (Donadio; Demattê, 2000).

Os cotilédones do jacarandá-da-bahia são persistentes, apresentam coloração amarelada em ambas as faces, são opostos, subsésseis, de consistência coriácea, subcarnosos, glabros, oblongos, com ápice arredondado levemente ondulado e base também arredondada, com bordos inteiros, apresentando nervação inconspícua, os quais estão inseridos nos nós cotiledonares através de curtos pecíolos (Donadio; Demattê, 2000).

A plântula apresenta epicótilo de coloração verde-claro, cilíndrico, brilhante, piloso e comprimento variando entre 2,5 a 4,5 cm, apresentando pelos translúcidos e compridos. Seus eófilos são compostos, opostos, peciolados e pulvinos, já os folíolos são simples, alternos, peciolados, discolores, verde-escuro na face adaxial e verde-claro na face abaxial, oblongos, de ápice mucronado e base obtusa, apresenta bordos inteiros, imparipenado, nervação penínervia e anastomosada, apresentando nervura principal que se estende até o ápice do folíolo, a qual é evidente em ambas as faces. Após o aparecimento dos eófilos, os cotilédones iniciam o processo de senescência. Gemas apicais revestidas por pelos são observadas aos 12 dias após o início da germinação das sementes e a plântula normal, fanerocotiledonar, originada de germinação epígea, está formada 15 dias após o início da germinação (Donadio; Demattê, 2000).

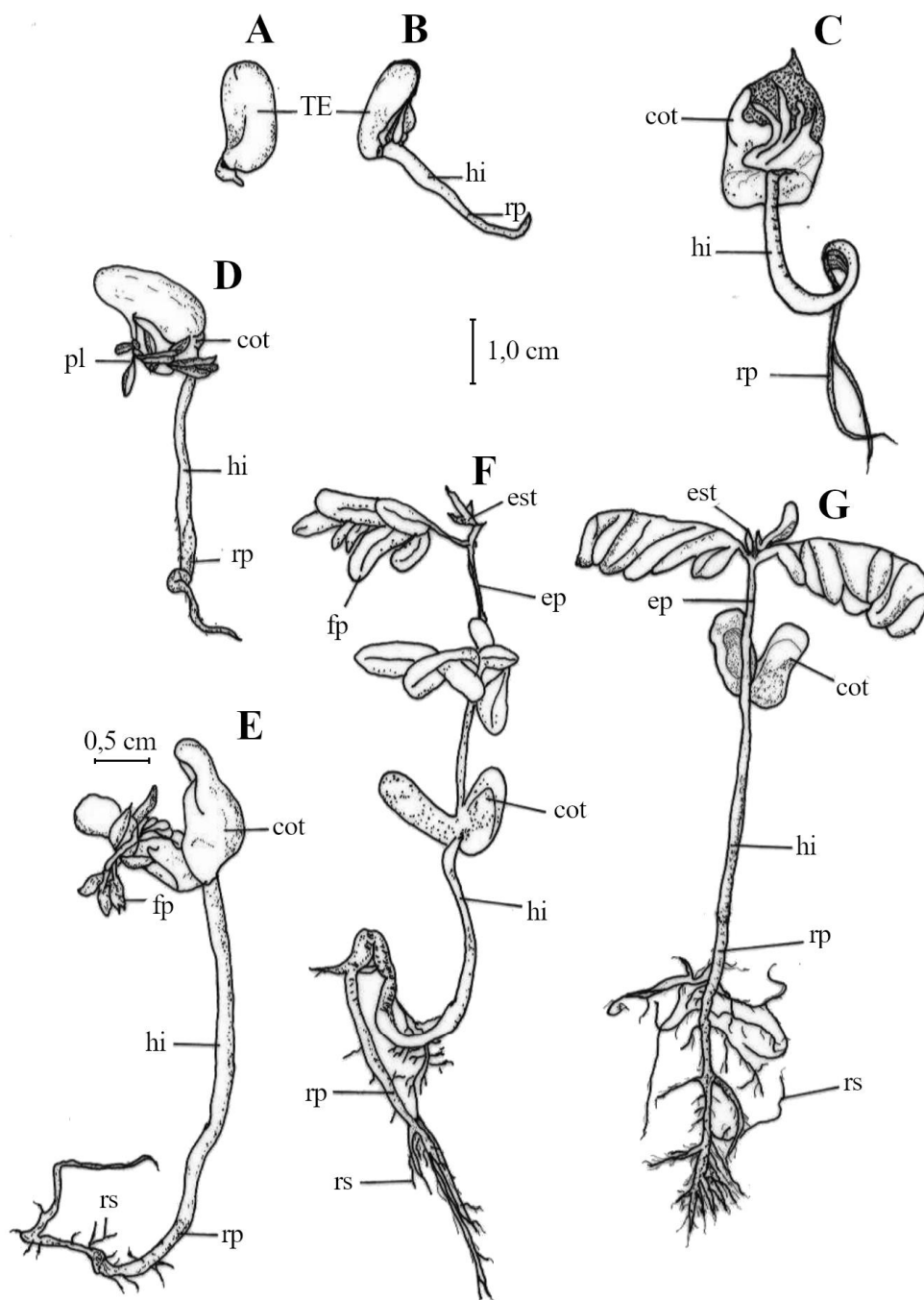


Figura 5. Esquemas de plântulas de *Dalbergia nigra* (jacarandá-da-bahia): A e B - estádios da germinação; C, D, E, F e G - desenvolvimento da plântula. Legenda: cot - cotilédones; ep - epicótilo; est - estípulas; fp - folha primária; hi - hipocótilo; pl - plúmula; rp - raíz pivotante; rs - raíz secundária; te - testa (Adaptado de Rêgo, 2001).

5. Germinação e propagação vegetativa

O jacarandá-da-bahia apresenta germinação do tipo fanerocotiledonar, na qual os cotilédones libertam-se do tegumento da semente, após a germinação, e epígea (Braz et al., 2009). Para a produção de mudas, as sementes são obtidas de frutos coletados diretamente das árvores, independentemente da cor, no momento em que estas iniciam a queda espontânea dos

seus frutos maduros, em que se encontram cerca de 10.000 sementes por quilo, as quais podem ser semeadas em canteiros ou individualmente em recipientes com solo argiloso (Sambuichi et al., 2009).

Os frutos coletados devem ser colocados em ambiente arejado para deiscência e extração das sementes, as quais não necessitam tratamento para superação de dormência. (Carvalho, 2003). Recomenda-se que as sementes sejam imersas em álcool 70% por um minuto e ao NaOCl comercial (2,0 - 2,5% de cloro ativo) por 14 minutos, visando a desinfestação das sementes. Variáveis analisadas por Santos et al. (2020) relacionadas a concentração de NaOCl estão apresentadas na Figura 6.

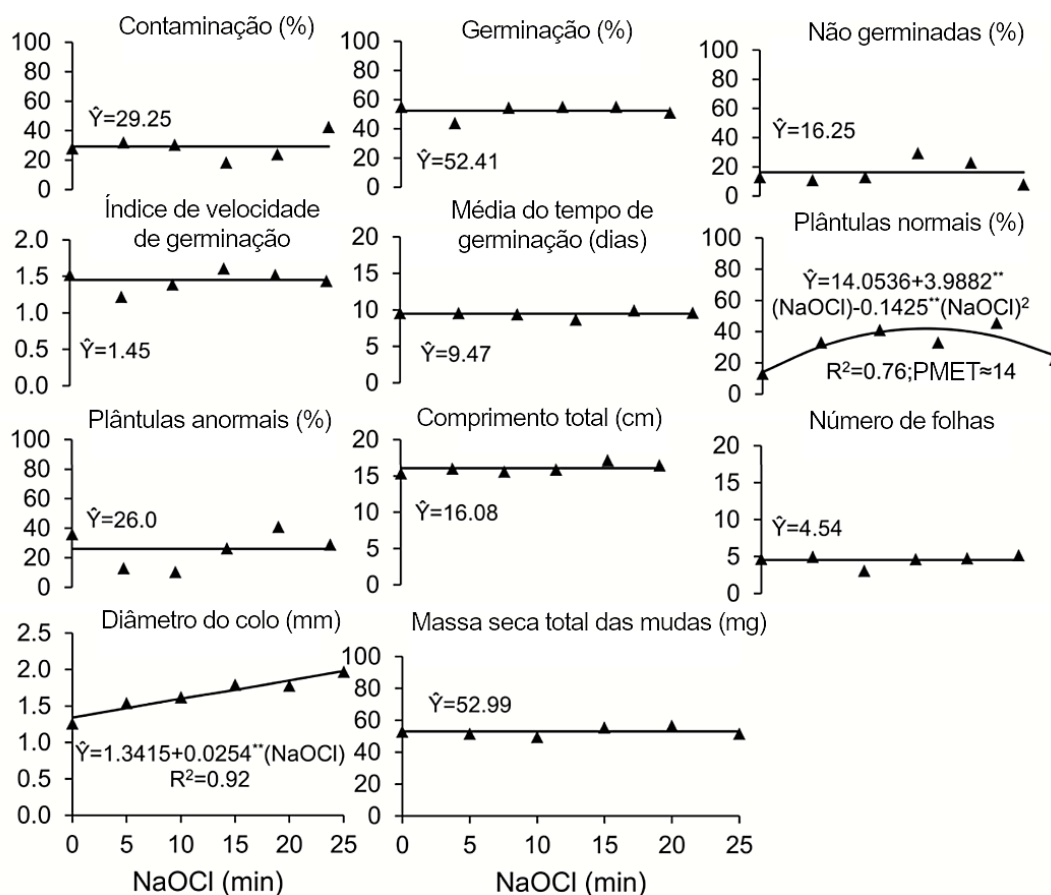


Figura 6. Características avaliadas em sementes e plântulas de *Dalbergia nigra* após diferentes tempos de imersão das sementes em NaOCl. **Significativo em nível de probabilidade de 5%. PMET = Ponto de máxima eficiência técnica (Adaptado de Santos et al., 2020).

Para a germinação *in vitro*, Mello (1996) recomenda a aplicação de peróxido de hidrogênio 40% para desinfestação das sementes, obtendo maior germinação e menor oxidação do meio de cultura.

A taxa de germinação é variável, e as primeiras manifestações do processo de germinação podem ser observadas pelo intumescimento da semente que aumenta de volume, 3 dias após a semeadura ocorre a protusão da radícula, a qual rompe o tegumento no ápice da semente. Após 8 dias de semeadura, ainda no estágio inicial, os cotilédones já não se encontram mais envolvidos pelo tegumento (Figura 7), conforme Silva e Costa (2014).

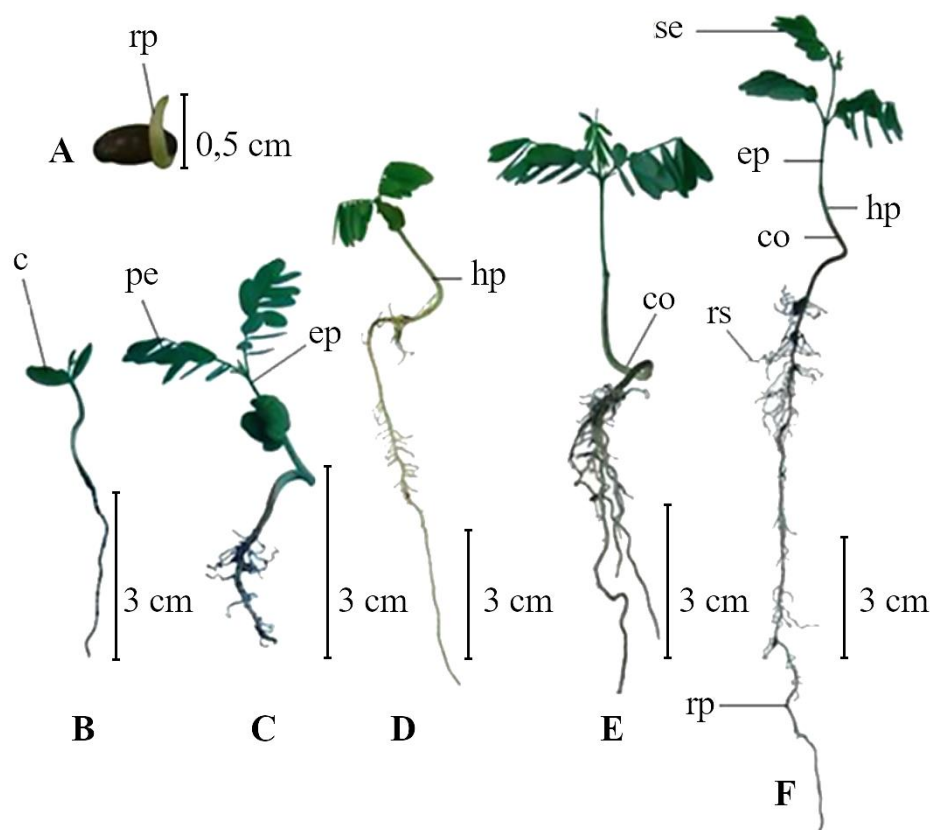


Figura 7. Ilustração das fases da germinação e formação de plântula de *Dalbergia nigra*. Legenda: rp - raiz principal; rs - raiz secundária; co - coleto; c - cotilédones; pe - primeiro par de eófilo; se - segundo par de eófilo; hp - hipocótilo; ep - epicótilo (Adaptado de Silva e Costa, 2014).

A emergência da plântula ocorre entre 10 a 20 dias após a semeadura, tendo crescimento inicial moderado a rápido. Aos 13 dias após a semeadura, é possível observar o primeiro par de eófilos, que possuem folhas compostas. Aos 18 dias a plântula já apresenta raiz principal e secundária bem desenvolvidas e, aos 23, os cotilédones se desprendem da plântula, mesmo período em que ocorre o início do desenvolvimento do segundo par de eófilos (Sambuichi et al., 2009; Silva; Costa, 2014). Após cerca de 28 dias de semeadura, são observadas mais raízes secundárias e o crescimento do segundo par de eófilos, mas ainda não totalmente desenvolvido (Silva; Costa, 2014).

Recomenda-se utilizar substrato argiloso para a semeadura das sementes e que os canteiros estejam em áreas planas, com boa drenagem e próximos à fonte de água que facilitem a irrigação para a produção de mudas de jacarandá-da-Bahia. Durante o período de desenvolvimento, os sacos com as mudas devem ser movimentados, a fim de evitar a penetração das raízes no solo, que dificultam a sua retirada. As mudas apresentam lento desenvolvimento, permanecendo no viveiro por um período que varia de 6 a 8 meses, quando mostram em média 30 cm de altura, com 6 a 7 pares de folhas, sendo então destinadas ao plantio no local definitivo, onde as plantas têm crescimento moderado (Rêgo; Possamai, 2003; Lorenzi, 1998).

Sementes com 12% de umidade podem ser armazenadas em embalagens semipermeáveis por até 105 dias em sala ou câmara fria (10 °C e 65% de UR) sem que a viabilidade seja alterada. Quando armazenadas em pequenos tamboretos de papelão em câmara fria (3 a 5 °C e 92% de UR) apresentaram germinação de 65% dois anos após o armazenamento (Carvalho, 2003).

Papagaios e besouros curculionídeos da espécie *Troezone championi* (Lima) podem prejudicar a produção de sementes, uma vez que os primeiros utilizam os frutos imaturos da planta como fonte de alimento, e os segundos depositam seus ovos nas sementes, as quais posteriormente são consumidas pelas larvas, além de suas plântulas serem bastante apreciadas pelo roedor tapiti (*Sylvilagus brasiliensis*), de acordo com Santos et al. (1992) e Carvalho (2003).

6. Desenvolvimento de raízes

A emissão da radícula ocorre 3 dias após a semeadura, após 15 dias a radícula apresenta coloração marrom clara e ligeiramente curvada. Aos 28 dias após a semeadura plântulas de jacarandá-da-bahia apresentam raiz principal tipo axial, levemente curvada e, de forma escassa, raízes secundárias de coloração marrom, as quais se desenvolvem com o tempo (Braz et al., 2009).

7. Desenvolvimento do caule

De caule ereto, sua madeira é moderadamente pesada, com densidade média aproximada de 0,87g cm⁻³, variando entre 0,75 a 1,22g cm⁻³, alburno variando de branco a amarelado, comumente bem demarcado, cerne geralmente pardo-escuro arroxeadado, com listras pretas; às vezes bege-rosado, com reflexos alaranjados e com listras típicas. Apresenta superfície lisa ao tato e irregularmente lustrosa, de textura fina, oleosa, um pouco áspera; grã

varia de reta a irregular. A sua madeira é bastante decorativa e de alta resistência, a qual possui longa durabilidade natural, sendo empregada mundialmente na construção de pianos, móveis de luxo e outros (Lorenzi, 1998; Carvalho, 2003).

8. Desenvolvimento das folhas

Aos 15 dias após a semeadura é possível observar eófilos nas plântulas, os quais, aos 28 dias, apresentam-se compostos, opostos, com folíolos alternos, peciolados, de coloração verde-escura em ambas as faces, com formato oblongo, base obtusa, margem inteira e ápice obtuso, imparipenados e com nervura bem visível em ambas as faces (Braz et al., 2009). O jacarandá-da-bahia é uma espécie perenifólia a semi-caducifólia, apresentando folhas compostas, alternadas, paripenadas, com folíolos glabrescentes variando entre um número de 10 a 20, com comprimento entre 0,4 a 1,0 cm, os quais quando jovens são pilosos e lisos quando adultos (Sambuichi et al., 2009), conforme a Figura 8.



Figura 8. Aspecto de um ramo com frutos imaturos de *Dalbergia nigra* (Adaptado de Paoli, 1992).

9. Efeitos de fatores ecológicos

Caracterizada como uma espécie sucessional secundária tardia à climax, o jacarandá-da-bahia apresenta crescimento rápido, sendo tolerante a baixas condições de luminosidade (sombreamento leve a moderado) onde, em tais condições, apresenta crescimento em altura e diâmetro do coleto de maneira mais satisfatória, assim como aumento na área foliar, em decorrência da demanda de luminosidade necessária para o processo de fotossíntese (Carvalho, 2003; Pacheco et al., 2013).

Mudas de jacarandá-da-bahia apresentaram valores médios de área foliar maiores quando submetidas a sombreamento, ao longo de 180 dias, plantas submetidas a níveis de 70 e 84% de sombreamento apresentam valores superiores ao de mudas sem sombreamento

(0%), uma característica apresentada por espécies de estádios mais avançados de sucessão que possibilita garantir maior aproveitamento da radiação solar disponível (Pacheco et al., 2013).

A germinação das suas sementes não tem relação direta com a incidência de luz, considerada como uma insensibilidade (Ferraz-Grande; Takaki, 2001). Estudos relacionando à intensidade de luz com a germinação e a velocidade de germinação, mostraram que as sementes de jacarandá-da-bahia são altamente influenciadas pela luz vermelha, indicando que a germinação pode ocorrer em condições de áreas semi-abertas, podendo também apresentar bons percentuais de germinação, em condições de alta e baixa luminosidade, dados apresentados na Tabela 1 (Rêgo, 2001).

Tabela 4. Efeito da intensidade de luz, sobre o percentual de germinação e vigor (IVG) das sementes de *Dalbergia nigra*. Colombo/PR, 2001 (Adaptado de Rêgo, 2001).

Intensidade de luz	Germinação (%)	Vigor (IVG)
Branca	62,5 b	1,114 b
Vermelha	93,3 a	1,859 a
Vermelha intensa	74,5 b	1,428 ab
Escuro	0,1 c	0,153 c
Luz intensidade	193,95**	81,56**
CV (%)	10,07	14,30

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, a 1% do teste de Tukey ** - altamente significativo ($P < 0,01$).

Dessa forma, a germinação pode ocorrer tanto em sombra de vegetação quanto em clareiras, apresentando ampla faixa de temperatura favorável para a germinação, que varia entre 20 a 30°C. Quando em temperatura de 30,5°C a germinação ocorre rapidamente, podendo apresentar 98% de germinação, sendo esta considerada a temperatura ótima para a germinação (Ferraz-Grande; Takaki, 2001). Temperaturas acima ou abaixo da faixa ideal reduzem o percentual de germinação da espécie.

A relação com a temperatura também se estende à formação das mudas, quando submetida a temperaturas no intervalo entre 20 a 35°C obtém-se mais rapidamente a emergência da radícula e formação de plântulas do jacarandá-da-bahia, sendo indicada como a faixa ideal (Rêgo; Possamai, 2003).

10. Clima

A precipitação média anual em áreas de ocorrência natural do jacarandá-da-bahia varia desde 1.100 mm no estado do Rio de Janeiro, atingindo até 2.100 mm na Bahia, com chuvas uniformemente distribuídas no estado, ao passo que no norte do estado do Espírito Santo as chuvas são concentradas no verão, podendo apresentar um período de seca entre 2 a 4 meses. Em Manaus, onde a espécie foi introduzida em regime pluvial periódico, a precipitação média pode chegar a 2.500 mm (Carvalho, 2003).

A temperatura média anual das regiões nas quais o jacarandá-da-bahia ocorre, naturalmente ou como espécie introduzida, varia desde 19,4 °C em Viçosa, Minas Gerais, a 24,3°C em Ilhéus, Bahia, atingindo médias de até 26°C na Amazônia. As médias do mês mais frio nessas regiões variam de 15,4°C a 22,1°C, em Viçosa (MG) e Ilhéus (BA), respectivamente, alcançando mínima absoluta de até 4,2°C em Caratinga (MG). As médias absolutas do mês mais quente variam entre 22°C a 26,5°C em Moji Mirim (SP) e Rio de Janeiro (RJ), respectivamente (Carvalho, 2003).

11. Solos e nutrição

A espécie ocorre naturalmente em solos profundos, com pH superior a 5,2, que apresentam baixa fertilidade e em topografia acidentada, na qual a floresta é menos densa, sendo adaptada a terrenos secos, encontrada principalmente, em encostas com boa drenagem e cascalhentos localizados sobre afloramentos rochosos, quando em solos mais férteis, onde a floresta é mais densa, o número de árvores é menor, as quais têm fuste mais fino (Gonçalves et al., 2014; Reis et al., 2012; Lorenzi, 1998; Carvalho, 2003).

Trabalhos mostram que o jacarandá-da-bahia é responsivo à aplicação de fósforo (P) e nitrogênio (N), de modo que é importante que ambos os nutrientes estejam disponíveis no solo em quantidades adequadas para o funcionamento de todos os processos fisiológicos e metabólicos, para que a planta possa expressar seu máximo crescimento.

Recomenda-se a adição de doses iguais ou superiores a 600 mg dm⁻³ de P e 200 mg.dm⁻³ de N, quando se usar terra de subsolo proveniente de Latossolo Vermelho-amarelo, para a produção de mudas, e 300 mg dm⁻³ de P e 90 mg dm⁻³ de N quando utilizado Argissolo Vermelho-amarelo (Gonçalves et al., 2014). Quanto à adição de potássio (K), a espécie mostra-se pouco exigente, de modo que os teores disponíveis no solo podem ser suficientes para suprir as suas necessidades, recomendando-se 50 mg dm⁻³ de solo.

12. Associação simbiótica

O jacarandá-da-bahia pode ser considerado uma planta micotrófica, quando cultivada em condições de baixa disponibilidade de nutrientes, a espécie se beneficia da relação com fungos micorrízicos vesículo-arbuscular, que promovem o crescimento e aumento do estado nutricional das suas mudas, por meio da maior absorção de água e nutrientes e da maior eficiência de absorção de P, como evidenciado por Chaves (1996), a partir da produção de mudas em substratos com baixa concentração de nutrientes inoculados com *Gigaspora margarita*, entre outras associações eficazes para o desenvolvimento do jacarandá-da-bahia (Milagres; Borges, 1997; Chaves; Borges, 2005).

A espécie apresenta também associação com *Rhizobium*, que formam nódulos globosos, com atividade nitrogenase, apresentando resultados positivos quanto a caracteres morfológicos de mudas, a ausência desses microrganismos em associação com as plantas tem sido atribuída como o fator de insucesso na fase de produção de mudas (Faria et al., 1984; Carvalho, 2003; Carlos et al., 2018) (Figura 9).

A infecção se dá pela ruptura do córtex durante a emergência de raízes laterais, uma das três formas básicas de penetração das bactérias nas raízes de leguminosas, onde as células corticais são invadidas diretamente, não havendo formação de corrente de infecção (Cordeiro, 2004).

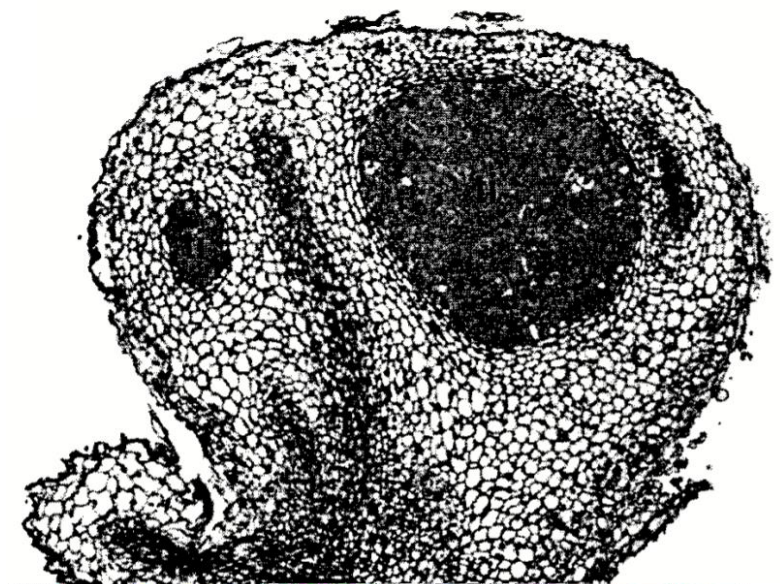


Figura 9. Aspecto geral do nódulo decorrente da infecção por rizóbios em *Dalbergia nigra*, seccionado longitudinalmente. Barra = 200 μ m (Adaptado de Cordeiro, 2004).

Resultados de análises moleculares foram eficazes em apontar a presença de rizóbios em associação o jacarandá-da-bahia, a partir das amostras de nódulos em raízes de *Dalbergia nigra* coletados no Espírito Santo, das quais, a maioria das estirpes isoladas apresentaram a capacidade de alcalinização quando cultivadas em meio de cultura (Valle et al., 2018).

12. Fotossíntese e translocação

Dalbergia nigra caracteriza-se como uma planta de metabolismo fotossintético do tipo C3. Plantas que apresentam esse tipo de metabolismo apresentam eficiência no uso de água inferior ao de plantas com metabolismo do tipo C4 e CAM, com a relação entre moles de CO₂ fixado sobre o número de moles de água transpirada girando em torno de 0,002 (Pimenta, 2004).

13. Florescimento e frutificação

O florescimento e frutificação ocorre em intervalos de 2 a 3 anos, apresentando grande quantidade de produção de sementes que varia ano a ano. Apresenta flores de coloração branco-amareladas, a floração pode ocorrer no intervalo entre os meses de setembro a novembro e, com frutificação julho a agosto, apresentando frutos maduros entre os meses de agosto e setembro (Sambuichi et al., 2009; Lorenzi, 2008; Carvalho, 2003), de acordo com a Figura 10.



Figura 10. Flores e frutos de *Dalbergia nigra*. A – Ramo com flores e frutos maduro; B e C – Flores (Adaptado de Mercadante).

13. Zoneamento agroclimático e adaptações ao meio ambiente

Por apresentar facilidade de adaptação em terrenos de baixa fertilidade e devido às características econômicas relacionada a qualidade da sua madeira, o jacarandá-da-bahia tem um grande potencial para o manejo florestal sustentável.

O crescimento e desenvolvimento ideal da espécie ocorre em condições ambientais nas quais se tem temperaturas médias entre 19 a 25° C e precipitação acima de 2000 mm anuais. O jacarandá-da-Bahia pode ser encontrado do sul da Bahia ao norte do Espírito Santo, zona de maior ocorrência natural da espécie, em altitudes que variam entre 30 a 1700 metros (Rego; Possamai, 2003; Carvalho, 2003).

No estado da Bahia, a espécie tem sido encontrada em áreas de cultivo de cacaueteiro, sob sistema de produção conhecido como Cabruca, no qual parte da vegetação nativa é

mantida para fornecer sombreamento à cultura. Apesar das restrições legais para venda da madeira, por ser uma espécie nativa, a ocorrência do jacarandá-da-Bahia nessas áreas pode ser vista como uma fonte de sementes e mudas para uso comercial, programas de restauração e enriquecimento em suas próprias terras (Nogueira et al., 2019).

14. Estratégias para altas produções

Entre os estados da Bahia e Espírito Santo, zona de ocorrência natural da espécie, o jacarandá-da-bahia é encontrado numa frequência de 0,8 árvores/ha, correspondendo a um volume de 1,4 m³/ha (Pacheco et al., 2013). Em plantios puros de jacarandá-da-bahia recomenda-se o plantio em espaçamento reduzido, a fim de proporcionar melhores derramas naturais e apresentar maior número de plantas com fuste ereto, para tal, deve-se empregar espaçamento de 2 × 2 metros ou 3 × 2 metros (Fonseca et al., 1990).

15. Efeito de reguladores vegetais

A utilização de auxina pode ser uma alternativa a ser empregada para a produção de mudas através de estaquia. Ácido indolbutírico (IBA) na concentração de 4,92 µM em meio de cultura contribui no crescimento e desenvolvimento radicular sem prejudicar de forma severa o desenvolvimento das brotações, como observado quando utilizadas concentrações superiores à indicada, apresentando redução no número de folhas e no comprimento do broto (Carvalho, 2003; Santos, 2019). As respostas observadas quanto a rizogênese *in vitro* de explantes juvenis de *Dalbergia nigra* tratadas com diferentes concentrações de IBA estão expressas na Figura 11.

Para a formação de novos brotos via organogênese indireta, calos friáveis são induzidos em explantes de folíolos e raízes de *D. nigra* de forma significativa em meio de cultura Murashige e Skoog contendo 1 µM de IBA e 10 µM de 6-benzilaminopurina, sendo esta uma alternativa de propagação via cultura de tecidos (Sartor et al., 2014).

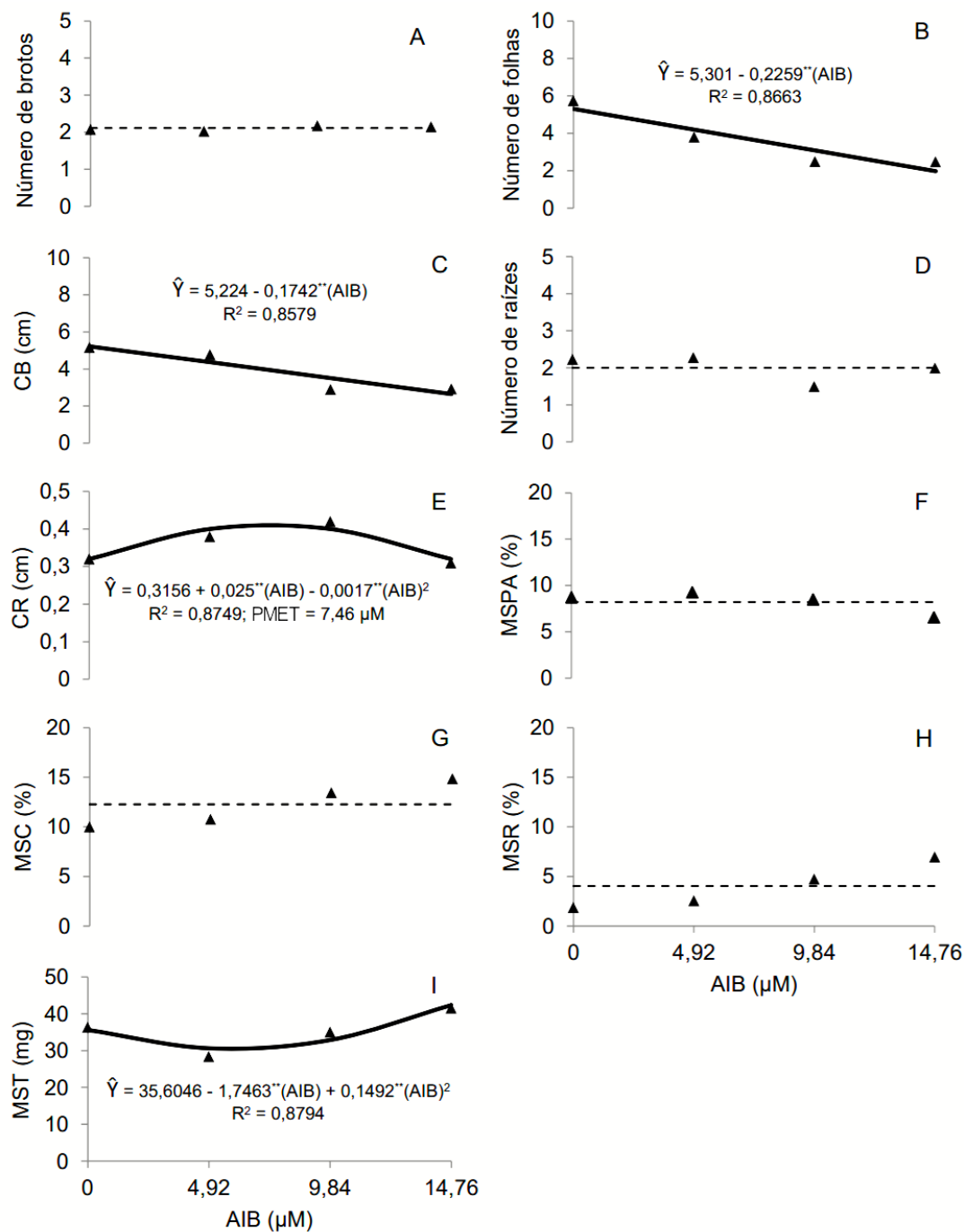


Figura 11. Rizogênese *in vitro* de explantes juvenis de *Dalbergia nigra* tratadas com ácido indolbutírico. (A) Número de brotos, (B) número de folhas, (C) comprimento de broto (CB) (cm), (D) número de raízes, (E) comprimento de raiz (CR) (cm), (F) matéria seca de parte aérea (MSPA) (mg), (G) matéria seca de calo (MSC) (mg), (H) matéria seca de raiz (mg) e (I) matéria seca total de brotos de *Dalbergia nigra* (Vell.) Allemão ex Benth. Após 30 dias de cultivo *in vitro* em meio de cultura com diferentes concentrações de ácido indolbutírico (IBA). **Significativo em nível de 5% de probabilidade. PMET = Ponto de máxima eficiência técnica (Adaptado de Santos, 2019).

16. Aplicação da madeira

Uma árvore adulta pode gerar cerca de 2 m³ de madeira, que apresenta retratibilidade média e resistência mecânica entre alta e média, sendo então indicada para confecção de

móveis de luxo, revestimentos, para a construção civil e outros. Exemplos de materiais confeccionados com madeira de jacarandá-da-bahia:

• Marcenaria	• Piso em parquet
• Cabos de talheres	• Compensado decorativo
• Ferramentas e cabos de armas	• Painéis e portas
• Pontas de taco de bilhar	• Esculturas em madeira

E devido à alta ressonância proporcionada pela sua madeira, o jacarandá-da-bahia é muito procurado para a fabricação de instrumentos musicais como:

• Pianos
• Violinos
• Violinos
• Bandolins
• Castanholas

Sua madeira produz lenha e carvão de boa qualidade, podendo também ser empregada na produção de artesanatos e extração de óleos essenciais. O jacarandá-da-bahia não é uma espécie indicada para a extração de celulose e produção de papel (Carvalho, 2003).

17. Senescência e aproveitamento dos resíduos

O jacarandá-da-bahia apresenta queda de folhas contínua de baixa intensidade ao longo do ano, ao passo que, durante os períodos de menores precipitações pluviométricas e maiores temperaturas, observa-se maior intensidade na perda de folhas (Silva, 2016).

Experimentalmente, Rezende et al. (2001) demonstraram que a decomposição de folhas de jacarandá-da-bahia apresenta significativa redução na sua massa após quatro meses quando em solo de Mata Atlântica ocorrendo, perda aproximada de 30% da sua massa durante esse período. Esses solos caracterizam-se por serem ricos em microrganismos que, por sua vez, auxiliam na decomposição do material vegetal, atuando como solubilizadores de fosfato e celulolíticos. Já em solos de cultivo de eucalipto, a redução na massa ocorre de forma mais

lenta, com perda significativa apenas após 8 meses, cerca de 40% da massa das folhas em solos onde ocorrem processos de degradação química e biológica (Bargali et al., 1993).

Referências

BARGALI, S.S.; SINGH, S.P.; SINGH, R.P. Patterns of weight loss and nutrient release from decomposing leaf litter in an age series of eucalypt plantation. **Soil Biology Biochemistry**, v. 25, p 1731-1738, 1993.

BARRETO, M.A. **Diversidade genética de quatro populações de jacarandá-da-bahia (*Dalbergia nigra* - Fabaceae) por meio de marcadores microssatélites**. 2010. 96 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Biologia Molecular) - Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus, 2010.

BARROSO, G.M. et al. **Frutos e sementes: morfologia aplicada à sistemática de dicotiledôneas**. Viçosa: Ed. UFV, 1999.

BRAZ, M.S.S. et al. Caracterização morfológica de frutos, sementes e plântulas de jacarandá-da-bahia (*Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. All. ex. Benth) Leguminosae-Papilionoideae. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 4, n. 1, p. 67-71, 2009.

CARLOS, L. et al. Nitrogen and inoculation with *Rhizobium* in different sources of *Dalbergia nigra* (Vellozo). **Revista Ecologia e Nutrição Florestal**, v. 6, n. 3, p. 71-78, 2018.

CARVALHO, P.E.R. **Espécies florestais brasileiras**. Brasília: EMBRAPA, Informação Tecnológica; Colombo: EMBRAPA Florestas, 2003. v. 1.

CHAVES, L.F.C. **Absorção de fósforo por mudas: de jacarandá-da-bahia (*Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. Allem.) e de vinhático (*Plathymenia foliolosa* Benth.) na presença de *Gigaspora margarita* Gerd. e Taxt**. 1996. 86 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1996.

CHAVES, L.F.C.; BORGES, R.C.G. Eficiência micorrízica na produção de mudas de jacarandá-da-bahia cultivadas em diferentes doses de fósforo. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 27, n. 4, p. 587-595, 2005.

CONER, E.J.H. **The seeds of dicotyledons**. Cambridge: Cambridge University Press, 1976. v. 1.

CORDEIRO, L. Fixação de nitrogênio. In: KERBAUY, G.B. **Fisiologia vegetal**. Rio de Janeiro; Guanabara Koogan, 2004. p. 76-93.

DONADIO, N.M.M.; DEMATTÊ, E.S.P. Morfologia de frutos, sementes e plântulas de canafistula (*Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.) e jacarandá-da-bahia (*Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. All. ex Benth) - Fabaceae. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 22, n. 1, p. 64-73, 2000.

FARIA, S.M. et al. New nodulating legume trees from south-east Brazil. **New Phytologist**, v. 98, p. 317-328, 1984.

FERRAZ-GRANDE, F.G.A.; TAKAKI, M. Temperature dependent seed germination of *Dalbergia nigra* Allem (Leguminosae). **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 44, n. 4, p. 401-404, 2001.

FONSECA, C.E.L.; BUENO, D.M.; SPERÂNDIO, J.P. Comportamento do jacarandá-da-Bahia aos cinco anos de idade, em quatro diferentes espaçamentos em Manaus, AM. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 14, n. 2, p. 78-84, 1990.

GONÇALVES, E.O. et al. Growth of jacaranda-da-bahia (*Dalbergia nigra* ((Vell.) Fr. All. ex Benth)) under different levels of NPK. **Cerne**, v. 20, n. 3, p. 493-500, 2014.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 1998.

MILAGRES, M.C.; BORGES, R.C.G. Crescimento de mudas de *Anadenanthera peregrina* e *Dalbergia nigra* inoculadas com fungos MVA e bactérias fixadoras de nitrogênio. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 3., 1997, Ouro Preto. **Anais...** Viçosa: SOBRADE; UFV, DPS, DEF, 1997. p. 339-343.

MELLO, L.N.C. **Micropropagação de *Dalbergia nigra* (Fr. Allem) a partir de sementes germinadas “in vitro”**. 1996. 88 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 1996.

NOGUEIRA, R.F. et al. Challenges for agroecological and organic management of Cabruca cocoa agroecosystems in three rural settlements in south Bahia, Brazil: perceptions from local actors. **Agroforestry Systems**, v. 93, n. 5, 2019.

PACHECO, F.V. et al. Crescimento inicial de *Dalbergia nigra* (Vell.) Allemão ex. Benth (Fabaceae) e *Chorisia speciosa* A. St.-Hil (Malvaceae) sob diferentes níveis de sombreamento. **Revista Árvore**, v. 37, n. 5, p. 945-953, 2013.

PAOLI, A.A.S. Desenvolvimento morfo-anatômico do fruto de *Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. All. (Leg.-Papilionoideae). **Acta Botanica Brasilica**, v. 6, n. 1, p. 65-72, 1992.

PIMENTA, J.A. Relações hídricas. In: KERBAUY, G.B. **Fisiologia vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004. p. 1-39.

RÊGO, G.M. **Ecofisiologia do jequitibá-rosa e do jacarandá-da-bahia**: morfogênese, germinação e crescimento inicial. 2001. 96 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2001.

RÊGO, G.M.; POSSAMAI, E. **Jacarandá-da-bahia (*Dalbergia nigra* Vellozo) leguminosae-papilionoidae**: produção de mudas. Colombo: EMBRAPA Florestas, 2003. 3 p. (Comunicado Técnico, 106).

REIS, B.E. et al. Crescimento e qualidade de mudas de jacarandá-da-bahia (*Dalbergia nigra* (Vell.) Allemão ex Benth.) em resposta à adubação com potássio e enxofre. **Ciência Florestal**, v. 22, n. 2, p. 389-392, 2012.

REZENDE, J.L.P.; GARCIA, Q.S.; SCOTTI, M.R.M.M.L. Laboratory decomposition of *Dalbergia nigra* All. ex. Benth and *Eucalyptus grandis* W. Hill ex. Maiden leaves in forest and eucalypt plantation soils. **Acta Botanica Brasilica**, v. 15, n. 3 p. 305-312, 2001.

SAMBUICHI, R.H.R.; MIELKE, M.S.; PEREIRA, C.E. (Org.). **Nossas árvores:** conservação, uso e manejo de árvores nativas no sul da Bahia. Ilhéus: Editus, 2009. 296 p.

SANTOS, G.P.N. et al. Danos por *Troezone championi* Lima, 1935 (Coleoptera: Curculionidae), em sementes de Jacarandá Caviúna (*Dalbergia nigra*) (Leguminosae). **Científica**, v. 20, p. 157-163, 1992.

SANTOS, M.M.D. **Germinação e morfogênese in vitro de *Dalbergia nigra* (Vell.) Allemão ex Benth.** 2019. 50 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2019.

SANTOS, M.M.D. et al. Disinfection protocol and *in vitro* germination of seeds of *Dalbergia nigra*. **Cerne**, v. 26. n.2, p. 238-246, 2020.

SARTOR, F.R. et al. Morfogênese *in vitro* em explantes foliares e radiculares de jacarandá da Bahia. **Agrotecnologia**, v. 5, n. 2, p. 82-93, 2014.

SILVA, A.; COSTA, L. Germinação, morfologia de frutos, sementes e plântulas de jacarandá-da-Bahia (*Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. All. ex. Benth.). **Enciclopédia Biosfera**, v. 10, n. 18, 2014.

SILVA, J.J. **Fenologia de jacarandá da bahia (*Dalbergia nigra* (Vell.) Allemão ex Benth) em quatro populações no recôncavo da Bahia.** 2016 85 f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, 2016.

VALLE, P. L.; GÓES NETO, A.; ROCHA, G.S.P. Caracterização morfológica e identificação molecular dos isolados dos nódulos de *Dalbergia nigra* (Vell.) Allemão ex Benth (Leguminosae-Papilionoideae) do semiárido da Bahia. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 20., 2018. **Anais...**

LAVANDA



LAVANDA (*Lavandula angustifolia*)

Julia Carvalho Gomes

1. Introdução

A cultura da lavanda (*Lavandula angustifolia*) é realizada visando a extração do óleo essencial das plantas para uso medicinal e farmacêutico, possui propriedades terapêuticas, sedativas e antibacteriana, contudo, é destinada para uso interno para bebidas como chá e cerveja, na indústria cosmética para a preparação de produtos como sabonetes e loções corporais, além de possuir considerável importância ornamental e turística.

Os óleos essenciais podem ser extraídos da planta por hidrodestilação, que é o método mais comum de extração do óleo essencial de diversas espécies aromáticas. Mais de 1.000 toneladas de óleos essenciais, das várias espécies de *Lavandula*, são obtidos anualmente por este método (Adamuchio; Deschamps; Machado, 2017).

As principais áreas de produção do mundo são a França, Bulgária, Rússia e China. O Brasil é um grande importador de óleo essencial de lavanda. Dados mais atuais do Siscomex (Sistema Integrado de Comércio Exterior) mostram que nos anos (2011-2015) as importações de óleo essencial de lavanda somam aproximadamente 2 milhões de dólares por ano (Tabela 1).

Tabela 1. Importação brasileira de óleo essencial de lavanda no período de 2011 a 2015 (Adaptado de Siscomex Sistema Integrado de Comércio Exterior, 2021).

Ano	US\$	Peso Líquido (kg)
2015	2.055.435	68.092
2014	1.961.616	53.488
2013	2.308.437	70.171
2012	1.583.237	66.673

A grande demanda brasileira pelo óleo essencial de lavanda tem despertado o interesse pelo cultivo da espécie, com a criação da lei municipal em 2014 de incentivo à produção no município Morro Reuter localizado no Rio Grande do Sul, que atualmente é considerado o maior produtor de lavanda em escala comercial do país. Desse modo, despertou o interesse dos produtores para cultivar lavanda, consolidada com a instalação da empresa Naturoils® em 2016 na região, que é responsável por extrair o óleo essencial e comercializar produtos para todo o país, a mesma remunera os produtores como forma de estímulo, desse modo, no ano de 2020 a primeira safra chegou a render cerca de 84 toneladas de inflorescências colhidas (Soares, 2020).

2. Origem e distribuição geográfica

De maneira geral, a lavanda tem origem na bacia do Mediterrâneo, em regiões de solo rochoso e calcário. Sua ocorrência é registrada ao longo do Norte da África, Mediterrâneo, Europa Ocidental e Índia (Department Agriculture, Forestry and Fisheries of Republic of South Africa - DAFFRSA, 2009). É cultivada em toda a Europa, principalmente na França, Itália e Espanha (Biasi; Deschamps, 2009; Verma et al., 2010). A espécie pertence à seção *Lavandula* conhecida por lavanda comum, lavanda-verdadeira, alfazema ou lavanda inglesa, apresentando uma altura de cerca de 60-70 cm.

Os maiores campos de lavanda encontrados no mundo estão localizados em Provance, na França, e no Brasil as principais lavouras de lavanda estão localizadas no município de Morro Reuter, no Rio Grande do Sul (Soares, 2020), em Cunha, São Paulo (Dassie, 2017), Monte Verde, no sul de Minas Gerais (Globo Rural, 2013) sendo as lavouras brasileiras voltadas para a extração de óleo essencial para uso cosmético, devido à grande quantidade de cânfora. Os arbustos de lavanda são também muito utilizados como plantas ornamentais como mostra a Figura 1, desta forma, pode ser encontrado em várias cidades do Brasil e do mundo.



Figura 1. Campo ornamental de lavanda localizado em Campos do Jordão, SP (Adaptado de Mundo Logout, 2018).

3. Classificação botânica

Segundo a classificação atual do Sistema APG (Angiosperm Phylogeny Group, 2009), a lavanda possui a seguinte classificação taxonômica: Reino Plantae; Filo Magnoliophyta; Classe Eudicotyledoneas; Subclasse Asteridae; Ordem Lamiales; Família Lamiaceae; Gênero *Lavandula*.

De acordo com as publicações de Upson e Andrews (2004), atualmente o gênero *Lavandula* possui 39 espécies, abrangendo três subgêneros: *Lavandula*, *Fabricia* e *Sabaudia*, além de inúmeras variedades híbridas, que também são cultivadas no paisagismo ou de forma comercial.

O referido gênero abrange seis seções, que envolvem plantas de lavanda com características distintas e originárias de diferentes regiões do mundo, que são: *Lavandula* (região do Mediterrâneo, especificamente da França); *Stoechas* (Mediterrâneo); *Dentata* (Mediterrâneo, Macronésia e sul da Arábia); *Pterostoechas* (Norte da África e Macronésia); *Chaetostachys* (Índia); (Arábia e África). Joan Head, editor do jornal de lavanda internacional, relata que o gênero apresenta cerca de 25 espécies diferentes (McNaughton, 2006). Segundo Biasi e Deschamps (2009), o gênero *Lavandula* abrange mais de 30 espécies conhecidas de lavanda ou alfazema, além de subespécies e grande número de variedades, sendo algumas híbridas, conhecidas por lavandins, sendo que estas apresentam uma produção e qualidade do óleo inferior, quando comparadas às demais espécies de lavanda.

Dentre os gêneros, subgêneros e espécies citados acima, podemos destacar as principais que são *Lavandula angustifolia* Mill. e *Lavandula dentata* L. utilizadas para fins comerciais, seja para indústria ou ornamental.

4. Morfologia e anatomia

A *Lavandula angustifolia* espécie pertence à seção *Lavandula* conhecida por lavanda-comum, lavanda-verdadeira, alfazema ou lavanda-inglesa (Figura 2), apresentando uma altura de cerca de 60-70 cm. Possui folhas lineares com margens revolutas de cor cinza, sendo que as folhas jovens apresentam esta coloração menos acentuada. Há presença de tricomas de diferentes tamanhos e formas, podendo ser curtos, estrelados ou ramificados. As inflorescências possuem pedúnculo de tamanho variado, único ou ramificado, sendo os ramos laterais menores e a ramificação se dá sob a linha da folhagem. Anteriormente à antese, as brácteas apresentam coloração verde, tornando-se castanhas à medida que se dá este processo. Apresentam-se fortemente raiadas, ovadas a obovadas, agudas a acuminadas, sendo mais curtas do que o cálice, com grande quantidade de tricomas. Possuem, ainda bractéolas pequenas e lineares, às vezes ramificadas. As flores apresentam cálice de 4-5 mm de comprimento com pequenos dentes e um apêndice suborbicular. A corola possui de 10-12 mm de comprimento, variando a coloração do azul até o violeta e, às vezes branca. Os dois lobos superiores são maiores, arredondados e retos, sendo duas vezes maiores do que o comprimento do cálice, dependendo da espécie ou variedade. Apresenta as seguintes sinónimas botânicas: *Lavandula vera* DC., *Lavandula spica* L. e *Lavandula officinalis* Chaix ex Vill. (Barrett, 1949; Lorenzi; Souza, 2001; Lorenzi; Matos, 2008; McNaughton, 2006; Platt, 2009).



Figura 2. Planta de lavanda da espécie *Lavandula angustifolia* (Adaptado de Cardoso, 2020).

Até 1996 *Lavandula dentata* L. pertencia à seção *Stoechas*, passando então a formar um grupo isolado, já que apresentam muitas características visíveis e distintas, como margem recortada das folhas, brácteas estéreis reduzidas nas inflorescências, além de pouquíssima hibridação entre cultivares (McNaughton, 2006). Plantas deste subgênero (Figura 3) atingem altura em torno de 0,9-1 m, apresentando folhas lineares estreitas e margens revolutas. As folhas e caules apresentam coloração verde a verde-acinzentado. O pedúnculo da inflorescência é verde fosco com tamanho de médio a longo (cerca de 10-30 cm). As brácteas estéreis possuem coloração violeta ou lilás, ovado-lanceoladas com cerca de 5-10 mm. As brácteas férteis possuem forma idêntica às estéreis de coloração marrom-esverdeada a violeta, apresentando cálice tubular com um apêndice roxo mais amplo. A corola apresenta o tubo superior ao cálice de cor azul-violeta. Possui como sinônimas botânicas *Lavandula pinnata* L. f. e *Lavandula santolinifolia* Spach. (Bayer, 1989; McNaughton, 2006; Platt, 2009).



Figura 3. Planta de lavanda da espécie *Lavandula dentata* (Adaptado de Cardoso, 2020).

5. Germinação e propagação

As espécies de lavanda podem ser propagadas tanto de forma sexuada quanto assexuada. Na propagação de lavanda por sementes, observa-se desuniformidade no desenvolvimento das mudas e das plantas a campo, devido à variabilidade natural resultante da propagação sexuada (Biasi; Deschamps, 2009). Do ponto de vista comercial, é interessante que cultivares de importância agrônômica sejam propagados assexuadamente, pois esse tipo de propagação resulta em plantas uniformes quanto ao seu fenótipo. Isso é interessante no caso de plantas aromáticas, cujo objetivo é a extração de óleo essencial rico em determinada substância de interesse (Borem, 2005).

Aoyama, Ono e Furlan (1996) constataram que a influência e o grau de exigência de luz e temperatura para a germinação de *Lavandula angustifolia* Miller, é variada e diferente para cada espécie, e mesmo dentro das espécies. Com relação aos fatores inerentes às próprias sementes (endógenos), podemos destacar os relacionados ao controle hormonal do processo de germinação. A propagação sexuada tem apresentado dificuldades devido aos altos custos de importação de sementes de qualidade, além da necessidade de submetê-las a tratamentos com ácido giberélico (GA₃) para que ocorra a superação da dormência e, conseqüentemente, a indução da germinação (Biasi; Deschamps, 2009). Nas plantas superiores, como é o caso da lavanda (*Lavandula* spp.), a reprodução assexuada pode ocorrer por meio de vários métodos de propagação, tais como: o enraizamento de estacas e a micropropagação (CID, 2010). No Brasil, a propagação vegetativa por estacas é a forma mais utilizada devido aos baixos custos e bons resultados apresentados por espécies como *Lavandula angustifolia* e *Lavandula dentata* (Machado, 2011).

A reprodução de lavanda por sementes é geralmente lenta e apresenta variações na taxa de crescimento e na composição do óleo essencial. Uma alternativa para tentar minimizar esses problemas seria a propagação vegetativa por estacas, que tem demonstrado bons resultados para a produção de mudas e tem sido utilizada para a propagação de *Lavandula angustifolia*, *L. stoechas* e *L. dentata* em Curitiba. A *L. dentata* é a espécie que apresenta maior facilidade de enraizamento, sendo obtidas 100% de estacas enraizadas com a utilização de estacas apicais com folhas, em câmara de nebulização, sem a utilização de auxinas. Já a *L. angustifolia* apresenta variações na estaquia, sendo que algumas respondem à utilização de ácido indolbutírico (IBA), com aumento na porcentagem de enraizamento (Biasi; Deschamps, 2009).

Experimentos comprovaram que a estaquia de *L. latifolia* na Espanha, apresentou melhores resultados de enraizamento (39%) com estacas provenientes de brotações do ano com 8 cm de comprimento, com eliminação das folhas da parte basal (3 a 4 cm) e com a aplicação de 4000 mg L⁻¹ de ácido indolbutírico por 10 segundos (Biasi; Deschamps, 2009). Folchini, Petry e Dutra (2017), observaram que para a produção vegetativa de estacas florescidas de *Lavandula dentata*, a presença de flores diminuiu o percentual de enraizamento e a ausência ou presença de corte em água não alterou o enraizamento nem o comprimento da principal raiz.

A dose 1500 mg L⁻¹ de IBA é eficiente para o crescimento em altura, comprimento da maior raiz, bem como, aumento da massa fresca e seca das raízes e da parte aérea das mudas, contribuindo para a formação de mudas de melhor qualidade. O comprimento de 10 cm das

estacas de lavanda é adequado para a produção de mudas, pois resulta em maior crescimento em altura e acúmulo de biomassa. As porcentagens de enraizamento de estacas são elevadas para essa espécie, podendo-se concluir que é de fácil enraizamento e a propagação vegetativa via estaquia é possível sem o uso de biorreguladores para induzir o enraizamento de lavanda (Cavalli, 2017).

Outra forma de propagação vegetativa que vem obtendo eficientes resultados é a micropropagação. Diversas espécies do gênero *Lavandula* vêm sendo micropropagadas com sucesso por meio da cultura de tecidos. A micropropagação é uma técnica de cultura de tecidos que englobam diferentes etapas que vão desde o estabelecimento da cultura *in vitro* até seu enraizamento, culminando com a aclimatização da planta micropropagada (Bastos et al., 2007). Apresenta bons resultados e tem sido utilizada para obtenção de plantas saudáveis e em larga escala (Thorpe, 2012). A eficácia da regeneração *in vitro* é determinada pelo genótipo da planta matriz, fatores ambientais *in vitro* e o meio de cultura porém outros fatores físicos importantes incluem umidade relativa, teor de etileno e dióxido de carbono da fase gasosa do tubo de cultivo (Gonçalves; Romano, 2013). A partir desta tecnologia, é possível produzir em larga escala plantas do gênero *Lavandula*, geneticamente idênticas à planta matriz, o que é extremamente importante para a propagação de genótipos selecionados de espécies produtoras de óleos essenciais. Entretanto, diversos fatores interferem na regeneração das plantas *in vitro*, entre eles estão a composição do meio de cultura, seguido do suplemento de reguladores vegetais, concentração de sacarose, tipo de explante, entre outros (Andrade et al., 1999).

6. Efeitos de fatores ecológicos

Lavandula angustifolia é mais resistente à déficit hídrico em relação às outras espécies de lavanda, pois tolera bem o clima seco do país de origem e precipitações anuais em torno de 1000 mm, além de inverno rigoroso com temperaturas abaixo de 0°C, ventos e até neve, se o solo for bem drenado. Em casos de períodos prolongados de seca, a produtividade pode cair pela metade, prejudicando a produção. Além disso, a ocorrência de geadas tardias na estação da primavera causará manchas e até a morte das inflorescências, sendo necessária a realização de poda para a retirada das mesmas. Em *L. dentata* poderá ocorrer danos por geadas em caules e folhas, provocando o escurecimento destes órgãos, sendo que a planta recupera estas partes afetadas até a estação quente. As temperaturas no inverno variam de 2-4° C, sendo que neste período as plantas entram em repouso vegetativo; e no verão as temperaturas chegam a 20° C, sendo a estação seca e ensolarada é antecipada por primavera com intensas chuvas.

Estas condições climáticas têm como referência as regiões europeias com produção de lavanda em escala comercial, como a região de Provence, na França (McNaughton, 2006; Biasi; Deschamps, 2009).

Como já descrito, o maior valor agregado, que justifica o cultivo comercial da espécie, é o óleo essencial. São muitos os fatores que afetam a produção de metabólitos secundários pelas plantas; e esses fatores podem ser endógenos, relacionados à própria planta, ou exógenos, relacionados ao ambiente e aos sistemas de cultivo (Gobbo-Neto; Lopes, 2007). Neste sentido, é importante que o cultivo da planta no que diz respeito ao clima, solo, propagação, tratos culturais, colheita e beneficiamento, proporcione uma produção de metabólitos alinhados com os padrões exigidos pelo mercado (Adamuchio; Deschamps; Machado, 2017).

Muitos estudos mostram ainda que a proporção e os componentes presentes nos óleos voláteis não são constantes e podem estar relacionados a diversos fatores, os quais contribuem para variabilidade química e produtiva dos metabólitos secundários. Esses incluem o material genético dos vegetais, condições ambientais, variações geográficas, estágio fenológico e as condições de manipulação e armazenamento das plantas (Usano-Aleman et al., 2011).

Em pesquisas realizadas com plantas aromáticas e medicinais, há relatos de que a intensidade da radiação solar e a época de colheita estão entre os principais fatores ambientais para se obter elevados rendimentos de compostos voláteis. A intensidade da luz é o principal fator que controla o crescimento e os vários estádios de desenvolvimento de uma planta, e desempenha um papel importante na biossíntese dos metabólitos secundários, pois estes dependem dos produtos resultantes do processo da fotossíntese (Taiz; Zeiger, 2013).

A sazonalidade, a época em que as plantas são coletadas é um dos fatores de importância no cultivo de plantas aromáticas, porque está relacionada, tanto com as variáveis do ambiente quanto com o estágio fenológico da espécie, e poderá afetar o crescimento da planta, rendimento do óleo volátil, assim como sua qualidade. A produção em larga escala de lavanda requer eficiência no manejo e estudos no Brasil, das espécies de *Lavandula* spp. as informações agronômicas essenciais, como melhor época de colheita, disponibilidade de radiação solar, temperatura e outros fatores relacionados ao seu cultivo que influenciam a produção do óleo volátil, bem como de seus constituintes químicos, ainda são escassos (Mambri, 2016).

Há necessidade de desenvolverem-se pesquisas que visem estabelecer o melhor período de colheita da lavanda, assim como definir sistemas de produção de plantas aromáticas de interesse econômico que proporcionem elevado rendimento e qualidade, e que

cumpram com as exigências do mercado. Uma dessas alternativas é o cultivo em ambiente protegido e fora do solo, que mostra ser promissor e vantajoso, destacando-se algumas delas como maior controle da radiação, temperatura, no fornecimento de água e nutrientes (Castellane; Araújo, 1995; Santos, 2000). Pesquisas envolvendo esses parâmetros, com diferentes sistemas de cultivo que possam influenciar no conteúdo e composição do óleo volátil das espécies de *Lavandula* spp., ainda são poucas.

Deve-se evitar o plantio em locais com grande intensidade de ventos, pois juntamente com excesso de calor e ressecamento, também levará à volatilização de parte dos óleos essenciais antes da destilação (McNaughton, 2006). Condições de climas relativamente secos podem contribuir para o crescimento das glândulas que acumulam ou secretam óleos presentes nas células da epiderme das folhas (Ley, 2017).

7. Nutrição mineral e micorrizas

As lavandas são originárias de regiões com solos pobres e rochosos. Possuem alta rusticidade e resistência às intempéries como, seca e baixa temperatura, não sendo muito exigentes em tratos culturais, apenas requerem solo bem drenado, arenoso ou franco arenoso (Adamuchio; Deschamps; Machado, 2017). McNaughton (2006) relata que a *Lavandula dentata* tem se adaptado a condições semelhantes às tropicais, o que torna possível cultivá-la em solos argilosos com altitudes acima de 1000 m, observando-se o requisito de boa drenagem deste solo e o pH acima de 6,0. Ela também tem sido cultivada em condições de elevada temperatura e umidade do solo, na África do Sul e América do Sul (Biasi; Deschamps, 2009). Silva (2015), relata que as lavandas necessitam de pH entre 5,8 e 8,3. Segundo Directorate Agricultural Information Services - DAIS (2009), o cultivo de lavanda francesa na Inglaterra, tem-se desenvolvido bem em solos alcalinos, com pH acima de 8 ou 9, enquanto outras variedades exigem solos mais ácidos.

Para a implantação da cultura, recomenda-se adubação de 500 kg ha⁻¹ do formulado NPK 10:10:10 e para cobertura 80 a 100 kg ha⁻¹ de nitrogênio aplicado 3 a 4 vezes durante o crescimento da planta e na pós-colheita (McNaughton, 2006). Estima-se que para produção de 100 kg de inflorescências, a lavanda extraia 8 kg de nitrogênio, 2 kg de fósforo e 8 kg de potássio do solo (DAIS, 2009). Chrysargyris, Panayiotou e Tzortzakis (2016), trabalhando com doses de P e plantas de lavanda (*Lavandula angustifolia*) em cultivo hidropônico, observaram que a aplicação de P 50 mg L⁻¹ proporcionou incrementos nos teores de óleos essenciais, porém, o peso seco e fresco do material vegetal não apresentou diferença.

De modo geral, é importante que procure ainda mais resultados das espécies aromáticas com relação ao dinamismo da adubação mineral e sua influência no comportamento dos compostos aromáticos do metabolismo secundário.

Beltrame et al. (2019) realizaram uma meta análise e confirmaram o potencial dos fungos FMAs (Fungos Micorrízicos Arbusculares), no incremento da biomassa e no acúmulo de P em plantas da família Lamiaceae. Em espécies de lavanda, estudos como o de Azcón e Barea (1997) e Bakkali et al. (2011), confirmam a associação com FMAs.

Marulanda et al. (2007), estudando a inoculação com duas espécies fúngicas, *Glomus intraradices* e *Glomus mosseae*, em plantas de *Lavandula spicata*, observaram maior produção de biomassa radicular e maior eficiência na absorção de N e K. Karagiannidis, Thomidis e Panoufilotheou (2012), com o objetivo de avaliarem o efeito de *Glomus lamellosum* na colonização, crescimento, produção e composição de óleos essenciais, assim como a aquisição de nutrientes pela espécie *Lavandula angustifolia*, concluíram que o uso dos FMAs promoveu incrementos no crescimento das plantas em solos de baixa fertilidade, reduzindo o uso de adubos, além de também proporcionar aumentos na produção de óleos essenciais.

8. Fotoperiodismo

Em relação ao fotoperíodo, as espécies de lavandas são consideradas de dias longos, ou seja, o florescimento ocorre na primavera-verão quando a planta recebe aproximadamente 12 a 14 h de iluminação, com noites curtas (McNaughton, 2006). Neste sentido, a indução floral refere-se ao período quando uma gema indiferenciada percebe o estímulo fisiológico recebido das folhas para tornar-se uma gema floral. Isso ocorre devido à interação de fatores endógenos (hormônios, metabólitos e ácidos nucleicos) e exógenos, como o comprimento do dia (fotoperiodismo) e a temperatura (Taiz; Zeiger, 2013; Coll et al., 2001).

9. Florescimento e produtividade

O florescimento da lavanda ocorre após o período frio do inverno em todas as regiões onde é cultivada, já que a maioria das espécies de lavanda necessita de um período frio para seu florescimento. Quanto a valores de produção, Bustamante (1993) relatou que a produção de flores de lavanda ‘Maillete’ na Espanha, foi estimada em 1,5 a 2,5 t ha⁻¹, sendo que no primeiro ano de plantio, a produção foi desprezível, de apenas 200 kg ha⁻¹, no segundo ano de até 1,5 t ha⁻¹, no terceiro ano de até 1,8 t ha⁻¹ e no quarto ano de 4 t ha⁻¹. Já a produção do

híbrido lavandin ‘Abrial’, também em lavouras comerciais da Espanha, foram obtidos valores próximos de 4 t ha⁻¹ de flores.

10. Estratégias para altas produções

Plantas de lavanda são altamente resistentes às adversidades ambientais, tolerando certa negligência no seu cultivo. Porém, para que se alcance bons resultados, é imprescindível que sejam atendidos dois requisitos básicos: cultivo a pleno sol e boa drenagem do solo (McNaughton, 2006).

O manejo para o cultivo das espécies de lavanda deve iniciar nos primeiros meses do ano, em janeiro e fevereiro, realizando-se a aplicação dos adubos de forma homogênea na área a ser plantadas, com um revolvimento leve do solo para incorporá-los. A partir de março a junho, realiza-se mais duas vezes o revolvimento do local, com o cuidado para não prejudicar as raízes das plantas. Nos meses seguintes, de julho a setembro, realiza-se a colheita e destilação dos óleos essenciais. Após a colheita, deve ser feita a renovação das plantas através do plantio de novas mudas ou então, apenas a limpeza da área, retirando as plantas invasoras (Bustamante, 1996). Lembrando que estas orientações são para o cultivo no Hemisfério Norte, em que a colheita, principalmente na França, inicia-se em julho, segundo mês do verão.

Em relação à densidade de plantio para o cultivo as espécies de lavanda, utiliza-se uma distância entre linhas de 1,5 a 1,8 m e uma distância entre plantas de 0,5 m para espécies de lavandas e 0,7 m para espécies de lavandins, abrangendo cerca de 10-12 mil plantas/ha e 9-10 mil plantas/ha, respectivamente (Biasi; Deschamps, 2009).

11. Podas, colheita e pós-colheita

Quanto à colheita, retira-se em torno de um terço ou metade da parte aérea, ou então deve-se deixar até três conjuntos de folhas ou três nós com gemas, para propiciar a rebrota das próximas estações. A espécie de *Lavandula angustifolia* exige duas podas anuais, realizando-se a primeira após o florescimento na primavera, cortando-se as gemas laterais para propiciar o florescimento. A segunda poda é realizada no outono, antes da ocorrência de geadas, cortando-se as gemas laterais e também apicais (DAIS, 2009).

A colheita pode ser efetuada de forma mecanizada, semimecanizada ou manual. A colheita mecanizada é realizada em países com grande produção. As inflorescências devem ser colhidas em plena floração, ou seja, quando as flores do ápice estiverem abertas ou, quando as duas primeiras flores da espiga se abrirem, ou ainda, quando um quarto a um terço

das flores na espiga estiverem abertas, cortando-as logo acima do último par de folhas e início do pedúnculo floral. Nos países de origem, podem ser realizadas até 2 colheitas anuais de flores, quando ocorre novo florescimento ou rebrota (McNaughton, 2006).

A colheita deve ser realizada nas primeiras horas da manhã para obtenção de maior concentração de óleos essenciais. Um fator prejudicial à produção de óleo essencial é o atraso na colheita, pois à medida que ocorre a fecundação das flores, o teor de óleo diminui progressivamente, atingindo quantidades mínimas do esperado. Em cultivo de híbridos esse fato não ocorre, podendo-se tardar um pouco a colheita (Biasi; Deschamps, 2009). Após a colheita, as flores devem ser armazenadas para a secagem, sendo penduradas em local seco, arejado e fora de incidência solar direta. Devem ser mantidas longe de umidade e em ambientes com alta temperatura, para evitar a volatilização do óleo essencial e o escurecimento (Ribeiro; Diniz, 2008).

12. Efeitos de reguladores vegetais

De acordo com Chavagnat (1978), o gênero *Lavandula* agrupa espécies cuja germinação em laboratório é longa e difícil. O mesmo autor, portanto, tratou as sementes de lavanda com GA₃ e obteve resultados satisfatórios, quando estas foram tratadas com GA₃ à 200 ppm, sob temperatura de 20 a 30°C e luz branca contínua. Também tratou as sementes de lavanda com pré-refrigeração úmida a baixas temperaturas, e não obteve resultados significativos com tal tratamento.

Segundo Renard e Clerc (1978), o uso de luz contínua e GA₃ 200 mg/l são significativos para superar a dormência de sementes de lavanda (*Lavandula angustifolia* Miller). Brasil (1992) recomenda, para uma maior porcentagem de germinação de sementes de lavanda, tratamento com GA₃ 200 ppm a uma temperatura de 20 - 30°C. Persson (1993) obteve melhores resultados para germinação de sementes de lavanda quando essas foram tratadas com GA₃ via acetona, seguido de GA₃ combinado com ethrel e GA₃ + cinetina. A combinação entre cinetina e ethrel, acrescentando GA₃, induz um efeito de promoção em algumas espécies.

Para Idrees et al. (2010), o maior rendimento de óleo essencial pela aplicação de AS (ácido salicílico) exógeno, deve-se ao aumento do crescimento, absorção de nutrientes e um crescimento populacional de células glandulares oleíferas nas folhas e flores, a elicitação com AS promoveu aumento no rendimento de óleo essencial de *Lavandula dentata*, de forma geral. Além disso, o AS atua também como hormônio responsável pela ativação de genes de

defesa da planta, melhorando sua resistência sistêmica adquirida (Kumar, 2014; Khan et al., 2015).

13. Metabolismo secundário e óleos essenciais

Conhecer o que é produzido pelas plantas é o que as tornam possuidoras de efeito medicinal, e conforme o tipo de substância que as mesmas produzem, as condições do local e o modo de condução da cultura, podem influenciar na característica final do produto (Ribeiro; Diniz, 2008).

Os óleos essenciais são produtos aromáticos voláteis que podem ser encontrados concentrados em diversas partes da planta como: nas folhas, flores, células secretoras, tricomas e outras, e podem ser empregados nas indústrias de perfumaria, limpeza, cosmética, alimentícia e farmacêutica (Tsuero; Koda; Inoue, 2000).

O óleo essencial da lavanda (do latim "lavare", "lavar") já era utilizado pelos romanos para lavar roupa, tomar banho, aromatizar ambientes e como produto curativo para insônia, calmante, relaxante e contra dores. Dentre as espécies do gênero *Lavandula*, a *L. angustifolia* apresenta maior valor econômico, devido ao alto teor de linalol e acetato de linalila (Moon; Wilkinson; Cavanagh, 2006) (Tabela 2). Na composição química desse óleo essencial são encontrados compostos como: acetato de linalil, cariofileno, alcoóis geraniol, furfurool, cineol, borneol, e seus ésteres, bem como cumarinas, taninos, saponina ácida e princípio amargo (Lorenzi; Matos, 2002).

Tabela 2. Compostos majoritários e densidade do óleo essencial (o.e.) de *Lavandula angustifolia* (Adaptado de Silva, 2015).

Características	Lavanda (<i>L. angustifolia</i>)
Densidade o.e	0,876 - 0,892
Cânfora	0,5 - 1%
Cariofileno	3 - 12%
1,8 – Cineol	1 - 2%
Linalol	30 - 49%
Acetato de linalina	30 - 45%
Ocimeno	2,5 - 6%

De acordo com Lima et al. (2003), a natureza e a quantidade de metabólitos especiais produzidos durante o desenvolvimento do vegetal podem ser afetadas por radiação (alta ou

baixa), temperatura (excessivamente elevada ou baixa), precipitação (alta, deficiente e seca total), ventos fortes, solo, época, estação e horário de coleta, entre outros, que são fatores controlados no caso do cultivo *in vitro*.

Referências

- ADAMUCHIO, L.G.I.; DESCHAMPS, C.; MACHADO, M.P. Aspectos gerais sobre a cultura da Lavanda (*Lavandula* spp.). **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, v. 19, n. 4, p. 483-490, 2017.
- ANDRADE, L.B. et al. The effects of growth regulators on shoot propagation and rooting of common lavender (*Lavandula vera* DC). **Plant Cell, Tissue and Organ Culture**, v. 56, p. 79-83, 1999.
- AOYAMA, E.N.; ONO, E.O.; FURLAN, M.R. Estudo da germinação de sementes de Lavanda (*Lavandula angustifolia* Miller). **Scientia Agricola**, v. 53, n. 2/3, p. 267-272, 1996.
- APG - ANGIOSPERM PHYLOGENY GROUP. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 161, n. 2, p. 105-121, 2009.
- BARRETT, P. **Growing e using lavender**. 1949. 31 p. (Storey Country Wisdom Bulletin).
- BASTOS, L.P. et al. Cultivo *in vitro* de mangabeira (*Hancornia speciosa*). **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, n. 2, p. 1122-1124, 2007.
- BAYER, E. **Plantas del Mediterráneo**. Barcelona: Blume 1989. 360 p.
- BELTRAME, S.R. et al. Metaanalysis of Lamiaceae and Euphorbiaceae medicinal plants inoculated with arbuscular mycorrhizal fungi. **Australian Journal of Crop Science**, v. 13, n. 4, p.588-598, 2019.
- BIASI, L.A.; DESCHAMPS, C. **Plantas aromáticas do cultivo à produção de óleo essencial**. Curitiba: Layer Studio Gráfico e Editora, 2009. 160 p.
- BOREM, A. **Melhoramento de espécies cultivadas**. Viçosa: Ed. UFV, 2005. 969 p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Departamento Nacional de Defesa Vegetal. **Regras para análise de sementes**. Brasília, 1992. 365 p.
- BUSTAMANTE, F.M.L. **Plantas medicinales y aromaticas**. Madrid: Mundi Prensa, 1993. 365 p.
- CARDOSO, G. **Lavanda: como cultivar**, 5 principais tipos e benefícios. Disponível em: <<https://pergunteaoagronomo.com.br/como-cultivar-lavanda/>>. Acesso em: 10 mar. 2020.

CASTELLANE, P.D.; ARAÚJO, J.A.C. **Cultivo sem solo**: hidroponia. Jaboticabal: FUNEP, 1995. 43 p.

CAVALLI, J. **Influência do ácido indolbutírico e comprimento de estacas na propagação vegetativa de lavanda (*Lavandula dentata*)**. 2017. 32 f. (Trabalho de Conclusão de Curso de Agronomia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos, 2017.

CHAVAGNAT, A. Etude de la germination des semences de *Lavandula angustifolia* au laboratoire. **Seed Science and Technology**, v.6, p.775-784, 1978.

CHRYSGYRIS, A.; PANAYIOTOU, C.; TZORTZAKIS, N. Nitrogen and phosphorus levels affected plant growth, essential oil composition and antioxidant status of lavender plant (*Lavandula angustifolia* Mill.). **Industrial Crops and Products**, v.83, p.577-586, 2016.

CID, L.P.B. **Cultivo in vitro de plantas**. Brasília: EMBRAPA Informação e Tecnológica, 2010. 303 p.

COLL, J.B. et al. **Fisiologia vegetal**. Madrid: Ed. Pirâmide, 2001. 566 p.

DEPARTMENT AGRICULTURE, FORESTRY AND FISHERIES OF REPUBLIC OF SOUTH AFRICA. Directorate Agricultural Information Services. **Lavender production**. 2009. Disponível em: <<http://www.nda.agric.za/docs/brochures/lavender.pdf>>. Acesso em: 10. mar. 2016

DIRECTORATE AGRICULTURAL INFORMATION SERVICES. Department of Agriculture, Forestry and Fisheries South Africa. **Lavender production**. 2009. Disponível em: <<https://www.nda.agric.za/docs/brochures/essoilslavender>>. Acesso em: 11 ago. 2012.

FOLCHINI, J.; PETRY, C.; DUTRA, C. Propagação vegetativa de estacas florescidas de *Lavandula dentata* sob diferentes cortes fisiológicos. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE AGROECOLOGIA, 6., 2017, Brasília. **Anais...**

GLOBO RURAL. **Produtor de MG está feliz com o sucesso do cultivo da lavanda**. 2013. Disponível em: <<http://g1.globo.com/economia/agronegocios/noticia/2013/08/produtor-de-mg-esta-feliz-com-o-sucesso-do-cultivo-da-lavanda.html#:~:text=A%20lavanda%20n%C3%A3o%20gosta%20muito,cheia%20de%20folhas%20e%20flores.>>. Acesso em: 24 out. 2018.

GOBBO-NETO, L.; LOPES, N.P. Plantas medicinais: fatores de influência no conteúdo de metabólitos secundários. **Química Nova**, v. 30, n. 2, p. 374-381, 2007.

GONÇALVES, S.; ROMANO, A. *In vitro* culture of lavenders (*Lavandula* spp.) and the production of secondary metabolites. **Biotechnology Advances**, v. 31, p. 166-174, 2013.

IDREES, M. et al. Salicylic acid-induced physiological and biochemical changes in lemongrass varieties under water stress. **Journal of Plant Interactions**, v. 5, n. 4, p. 293-303, 2010.

KARAGIANNIDIS, N.; THOMIDIS, T.; PANOUFILOTHEOU, E. Effects of *Glomus lamellosum* on growth, essential oil production and nutrients uptake in selected medicinal plants. **Journal of Agricultural Science**, v. 4, p. 137-144, 2012.

KHAN, M.I.R. et al. Salicylic acid-induced abiotic stress tolerance and underlying mechanisms in plants. **Frontiers in Plant Science**, v. 6, p. 462, 2015.

KUMAR, D. Salicylic acid signaling in disease resistance. **Plant Science**, v. 228, p. 127-134, 2014.

LORENZI, H.E.; MATOS, F.J.A. **Plantas medicinais no Brasil: nativas e exóticas**. Nova Odessa: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2002. 512 p.

LORENZI, H.E.; MATOS, F.J.A. **Plantas medicinais no Brasil: nativas e exóticas**. 2. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2008. 576 p.

LORENZI, H.; SOUZA, H. M. **Plantas ornamentais do Brasil: arbustivas, herbáceas e trepadeiras**. 3. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2001. 1120 p.

MACHADO, M.P. Enraizamento de microestacas de *Lavandula angustifolia*. **Ciência Rural**, v.41, n.5, p.767-772, 2011.

MAMBRI, A.P.S. **Lavandula dentata L. sob o efeito da radiação solar e de diferentes épocas de colheita**. 2016. 77 f. Tese (Doutorado em Agrobiologia) - Centro de Ciências Naturais e Exatas, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2016.

McNAUGHTON, V. **Lavender: the grower's guide**. Portland: Timber Press, 2006. 192 p.

MOON, T.; WILKINSON, J.M.; CAVANAGH, H.M.A. Antibacterial activity of essential oils, hydrosols and plant extracts from Australian grown *Lavandula* spp. **International Journal of Aromatherapy**, La Martre, v.16, n.1, p.9 -14, 2006.

MUNDO LOGOUT. **Parque do Pico do Itapeva**: Campos do Jordão – SP. 2018. Disponível em: <<https://mundologout.com.br/guia/ponto-turistico/parque-pico-do-itapeva/>>. Acesso em: 10 mar. 2021.

PERSSON, B. Enhancement of seed germination in ornamental plants by growth regulators infused via acetone. **Seed Science e Technology**, v. 21, p. 281-290, 1993.

PLATT, E.S. **Lavender: how to grow and use the fragrant herb**. 2nd ed. Mechanicsburg: Stackpole Books, 2009. 157 p.

RENARD, H.A.; CLERC, P. Levée de dormance par les gibberellines chez quatre espèces: *Impatiens balsamina*, *Lavandula angustifolia*, *Brassica rapa* et *Viola odorata*. **Seed Science e Technology**, v. 6, p. 661-677, 1978.

RIBEIRO, P.G.F.; DINIZ, R.C. **Plantas aromáticas e medicinais: cultivo e utilização**. Londrina: IAPAR, 2008. 218 p.

SANTOS, O.S. **Cultivo sem solo: hidroponia**. Santa Maria: UFSM, CCR, 2000. 107 p.

SILVA, S.M. **Sistemas agrícolas e adubação na biomassa e óleo essencial de lavanda (*Lavandula dentada* L.)**. 2017. 96 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2017.

SISCOMEX. **Sistema Integrado de Comércio Exterior do Ministério de Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior**. Disponível em: <<http://alicesweb2.mdic.gov.br/>>. Acesso em: 01 abr. 2021.

SOARES, F. **Conheço o município gaúcho que é o maior produtor de lavanda do País**. Disponível em: <[TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 917 p.](https://gauchazh.clicrbs.com.br/economia/campo-e-lavoura/noticia/2020/11/conheca-o-municipio-gaucha-que-e-o-maior-produtor-de-lavanda-do-pais-ckhwbkc750027014176gk8shr.html#:~:text=A%20Emater%20estima%20que%2C%20atualmente,ser%20finalizado%20na%20pr%C3%B3xima%20semana.>>. Acesso em: 01 abr. 2021.</p>
</div>
<div data-bbox=)

THORPE, T. History of plant tissue culture. **Methods in Molecular Biology**, v. 877, p. 9-27, 2012.

TSURO, M.; KODA, M; INOUE, M. Efficient plant regeneration from multiple shoots formed in the leaf-derived callus of *Lavandula vera*, using the open culture system. **Scientia Horticulturae**, v. 86, n. 1, p. 81-88, 2000.

UPSON, T.; ANDREWS, S. **The genus *Lavandula***. Kew: Timber Press; Royal Botanic Gardens, 2004. 442 p.

USANO-ALEMANY, J. et al. Ecological production of lavenders in Cuenca province (Spain): a study of yield production and quality of the essential oils. **Botanica Complutensis**, v. 35, p. 147-152, 2011.

VERMA, R.S. et al. Essential oil composition of *Lavandula angustifolia* Mill. cultivated in the mid hills of Uttarakhand, India. **Journal of the Serbian Chemical Society**, v.75, n.3, p.343-348, 2010.

AMOREIRA PRETA



AMOREIRA PRETA (*Rubus* spp.)

Marcelo Almeida de Oliveira Junior

Wilson Pereira Neto

Renan Fernandes Alves

1. Origem e distribuição geográfica

A amoreira é uma frutífera de clima temperado, nativa da Ásia, Europa, América do Norte e América do Sul, a qual cresce bem em regiões com clima frio no inverno. Seu cultivo comercial deu início na Europa, no século XVII. Nos Estados Unidos, sua exportação comercial começou em 1850 e 1860. São plantas de fácil cultivo, sendo que várias delas produzem frutas consideradas de excelente sabor e ótimas para o consumo, existindo atualmente muitos cultivos comerciais em diversos países do mundo.

No Brasil, existem espécies nativas do gênero *Rubus*, mas a pesquisa com amoreira só teve início em 1972, no Centro de Pesquisa da EMBRAPA Clima Temperado, sendo que apenas em 1974 foi implantada a primeira coleção na cidade de Canguçu/RS (Raseira, 1984;

Attilio et al., 2009). Os primeiros cultivares foi trazido dos Estados Unidos, mais precisamente da Universidade do Arkansas, tais como ‘Brazos’, ‘Comanche’ e ‘Cherokee’ (Raseira; Santos; Madail, 1984; Raseira; Santos; Raseira, 1992).

Os maiores produtores mundiais de amoreira e framboesa são Rússia, Polônia, Sérvia, Estados Unidos, Ucrânia e México, respectivamente, com produções de 140.000, 117.995, 89.602, 48.948, 28.100 e 21.468 toneladas produzidas em 2011, no mesmo ano a área colhida variou de 1.325 a 28.400 ha.

No Rio Grande do Sul se encontram as maiores áreas de cultivo de amoreira do país, lá a amoreira tem tido grande aceitação pelos produtores, devido ao baixo custo de produção, facilidade de manejo, rusticidade e pouca utilização de defensivos agrícolas. A produtividade pode alcançar até 10.000 kg/ha/ano, sob condições adequadas (Antunes, 2002).

2. Classificação botânica

A amoreira faz parte do gênero *Rubus* e da família Rosaceae, onde se destacam outros gêneros de importância como *Malus*, *Prunus* ou *Pyrus* (Antunes, 2002). O gênero *Rubus*, forma um grupo diverso e bastante difundido, para o qual se estima existir entre 400 a 500 espécies de amoreiras e framboesiras. Segundo Bruzzese et al. (2000), mundialmente *R. fruticosus* inclui aproximadamente 2.000 espécies, subespécies e variedades (Tabela 1).

Tabela 1. Características fenotípicas e agrônômicas dos principais cultivares de amoreira cultivadas no Brasil (Adaptado de:* Raseira e Franzon (2012), ** Pio et al. (2012) e dados experimentais não publicados da EMBRAPA Clima Temperado. Produtividade média em uma densidade de plantio de 6.667 (0,5 x 3,0) plantas ha⁻¹).

Cultivares	Hábito de crescimento*	Presença de espinho *	Massa de Fruto (g)*	SS (°Brix)*	Horas de Frio *	Finalidade	Produtividade (t ha ⁻¹)**
Caingangue	Ereta	Sim	5-6	9-11	200	<i>in natura</i>	3,8
Ébano	Prostrada	Não	4-6	-	-	indústria	1,4
Guarani	Ereta	Sim	-	8-10	-	<i>in natura</i>	15,1
Negrita	Ereta	Sim	5-6	-	-	-	-
Tupy	Ereta	Sim	8-10	8-9	200-300	<i>in natura</i>	10,6 – 16,3
Xavante	Ereta	Não	6	8	200-300	indústria	1,3 - 12,7
Arapaho	Ereta	Não	3-4	7-8	400-500	<i>in natura</i>	5,5
Brazos	Semiereta	Sim	8	8-8,5	-	indústria	18,6
Cherokee	Ereta	Sim	5-8	8-9	-	<i>in natura</i>	3,0
Comanche	Ereta	Sim	4-7	-	-	<i>in natura</i>	9,4
Choctaw	Ereta	-	5	8,2-9,6	-	<i>in natura</i>	11,4

Um termo que vem sendo comumente utilizado para definir esse grupo de frutíferas é *berries*, onde qualquer fruta pequena, de sabor adocicado e formato arredondado (Jepson; Craig, 2005), incluindo framboesas e amoras cultivadas na América, Europa, África e Ásia (Lorenzi et al., 2006).

O gênero é considerado de difícil caracterização, pelo fato de possuírem uma diversidade no hábito de crescimento e distribuição das espécies. De modo geral as plantas são arbustivas, possuem hastes bianuais, necessitando de um período para frutificar. A exceção se encontra na espécie *R. procerus*, a qual possui hastes semi-perenes, podendo frutificar por anos antes de morrer. As hastes possuem hábito de crescimento variado de ereta a prostrada (Figura 1). Essas ainda podem conter ou não espinhos em suas estruturas, e necessitarem de um período de repouso antes da frutificação (Raseira et al., 2007).

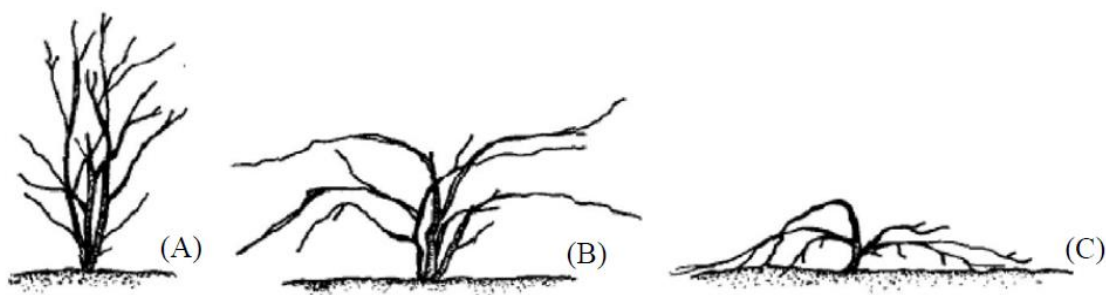


Figura 1. Hábito de crescimento ereto (A), semi-ereto (B) e prostrado ou rasteiro (C) de amoreiras (Adaptado de Fernandez e Ballington, 1999).

Apesar da semelhança entre a amoreira e a framboesa existem algumas características botânicas que permitem diferencia-las. A mais evidente é em relação ao fruto, no qual o da framboesa é oco, e o da amora é consistente. A amoreira pode variar muito em relação ao hábito de crescimento, podendo ser decumbente, semi-ereto ou ereto. Já a framboesa é apenas decumbente. Os frutos da framboesa são produzidos nas hastes primárias enquanto os da amoreira nas hastes secundárias.

3. Morfologia e anatomia

Planta arbustiva, de porte ereto, semi-ereto ou rasteiro. A produção da amoreira ocorre em ramos de ano, sendo podados após a colheita. Enquanto alguns ramos estão produzindo, outras hastes emergem e crescem, renovando o material para o próximo ciclo de produção. O hábito de crescimento das hastes varia de ereta à prostrada, podendo ter hastes com ou sem espinhos.

As flores, de maneira abrangente, possuem cinco pétalas e cinco sépalas, grande número de estames e carpelos dispostos ao redor do receptáculo, comum na forma cônica. Podemos encontrar flores brancas e rosadas. As variedades comerciais são autopolinizáveis e apresentam certo percentual de flores com fecundação cruzada, ou seja, necessitam de agentes polinizadores, como insetos (Pagot et al., 2007). O rendimento e a qualidade tendem a melhorar com a polinização cruzada (Figura 1).

O fruto verdadeiro da amoreira é denominado de mini drupa ou drupete, onde existe uma pequena semente, sendo que a sua junção forma o que é chamado de fruto agregado. Os frutos possuem pesos entre 4 a 7 gramas, com coloração inicial vermelha e posteriormente preta quando maduros (Kurozawa, 2012), podem ser suavemente alongados e arredondados, e comestíveis de sabor ácido a doce ácido.

A amoreira apresenta espinhos em seus principais cultivares comerciais, o que exige do produtor, na hora colheita, muito atenção com sua integridade física, e especialmente com a qualidade do fruto. São plantas que produzem em ramos do ano, os quais serão eliminados após a colheita. Enquanto alguns ramos estão produzindo, outras hastes emergem e crescem, renovando o material para a próxima produção (Fachinello et al., 1994).

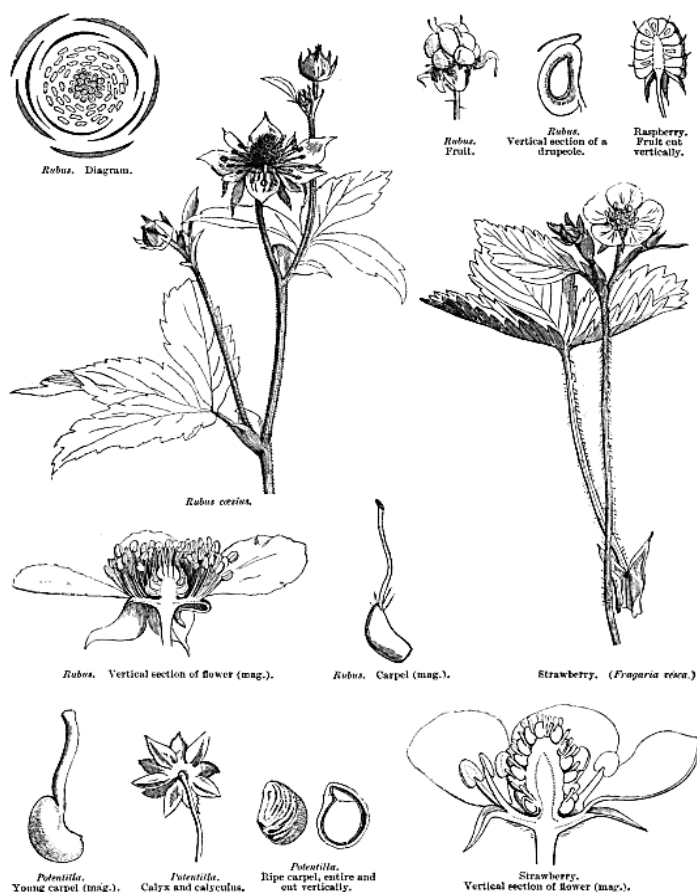


Figura 2. Folhas, flores e fruto de *Rubus* spp. (Adaptado de Le Maout, 1877).

4. Germinação e propagação

A amoreira exibe dormência de sementes, resultando em germinação lenta e irregular. Essa condição é prejudicial para a produção comercial de mudas, sendo importante conhecer suas causas para uniformizar a germinação.

A dormência é uma condição na qual as sementes maduras e viáveis não germinam, apesar de existirem as condições ideais de temperatura, luminosidade, umidade e presença de

gases - O_2 e CO_2 . A dormência pode ser de diferentes tipos, com algumas sementes exibindo mais de um tipo.

A dormência exógena consiste na restrição do crescimento do embrião devido à impermeabilidade do revestimento ou excessiva dureza, ou ainda, devido à presença de inibidores químicos. A dormência endógena é resultado de deficiências no eixo embrionário ou de limitações metabólicas nos cotilédones (Díaz et al., 2013).

Vários métodos, físicos e químicos, são utilizados para quebrar a dormência de sementes. Em amoreira, os mais comuns são: escarificação mecânica e química. A escarificação consiste em promover uma ruptura no tegumento da semente para facilitar a germinação. Isso pode ser feito utilizando materiais abrasivos, como lixas ou pedras, ou através de ácidos sulfúrico, giberélico e úrico, peróxido de hidrogênio, hipoclorito de sódio, entre outros (Franzon et al., 2010).

A propagação da amoreira é feita de forma vegetativa, a partir de uma matriz comercial. Dessa forma, todas as amoreiras são clones. A propagação via semente não é usual devido à segregação e variabilidade genética, resultando na perda de caracteres produtivos das plantas matrizes.

Os métodos de propagação variam de acordo com a espécie, sendo os principais o enraizamento de estacas e a propagação *in vitro*. Entretanto, outros métodos como propagação por estruturas especializadas, chamada de rebentos e divisão de coroa podem ser utilizados. Os rebentos são retirados da entrelinha das plantas por ocasião da capina (Figura 3).

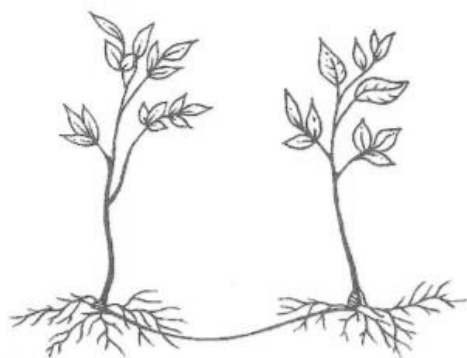


Figura 3. Rebentos utilizados na propagação da amoreira (Adaptado de Nachtgal et al., 2005).

A partir do enraizamento de estacas herbáceas são obtidas mudas durante todo o período de crescimento da planta matriz. Estacas contendo quatro ou cinco gemas são

acondicionadas em substrato de areia e mantidas sob nebulização. Também são utilizadas estacas lenhosas, obtidas após a poda e período de dormência (Antunes, 2002).

5. Desenvolvimento de raízes

A única parte perene da amoreira é o sistema radicular, que consiste de uma coroa lenhosa (até 20 cm de diâmetro), uma raiz principal que cresce verticalmente até uma profundidade máxima de 1,5 m, e numerosas raízes secundárias que crescem horizontalmente a partir da coroa, por cerca de 0-1,5 m, e depois verticalmente (Bruzese et al., 2000).

As raízes da amoreira são consideradas mais tolerantes aos solos pouco drenados, com déficit hídrico, quando comparados com as framboesas vermelhas ou pretas. Enquanto mais de 70% das raízes da framboesa se encontram a 30 cm de profundidade, e com crescimento radicular praticamente durante todo o ano, existem poucos relatos científicos na literatura a respeito da morfologia e o tempo de crescimento da raiz da amoreira. Por isso, um estudo foi desenvolvido no Oregon com o intuito de se obter um maior conhecimento a respeito da morfologia da raiz, sendo assim, algumas trincheiras foram abertas ao longo das amoreiras maduras. As raízes atingiram profundidades de até 2 metros. O profundo sistema radicular da amoreira significa que as plantas são capazes de captar água em grandes profundidades. Isso explica o motivo de Dixon et al. (2015) não terem encontrado nenhum impacto negativo nas produtividades dos anos seguintes, mesmo cessando a irrigação.

As raízes dos cultivares eretos de amoreira possuem gemas vegetativas, as quais podem produzir novas brotações, ou seja, as raízes desses cultivares podem ser utilizadas para a propagação vegetativa. À medida que as plantas envelhecem, muitas gemas das raízes permanecem adormecidas e o número de brotações que emergem das raízes diminui. Em contrapartida, os cultivares semi-erectos ou rasteiros contêm poucas ou nenhuma gema vegetativa.

6. Desenvolvimento dos caules

Os lançamentos de ramos são bienais, enquanto a toíça e o sistema radicular são as estruturas perenes da amoreira. Os lançamentos no primeiro ano de crescimento são chamados de lançamento do ano e não produzem flores, enquanto os lançamentos do segundo ano irão originar as flores e frutos.

As amoreiras são classificadas em três tipos, com base na arquitetura do caule e hábito de crescimento, podendo ser ereta (ex. cultivares Navaho e Ouachita), semi-ereta (ex. cultivares Chester Thornless e Loch Ness) ou rasteira (ex. cultivares Marion, Obsidian e

Columbia Star). Os diferentes tipos possuem épocas de amadurecimento diferentes e métodos de poda distintos.

As amoras eretas produzem lançamentos do ano a partir de gemas na coroa ou de brotações radiculares, enquanto os tipos rasteiros e semi-eretos geralmente apenas das gemas localizadas na coroa. Os cultivares de amoreira rasteira e semi-ereta são frutíferas bienais, enquanto as amoras eretas incluem cultivares bienais e anuais (Hall; Funt, 2017).

Cultivares ereta e semi-ereta podem atingir até 3 m de altura, enquanto cultivares rasteiros não se auto sustentam e se espalham pelo chão, atingindo apenas 1m de altura. Estas podem ser tutoradas através dos ramos reprodutivos. Os ramos dos cultivares rasteiro não possuem gema terminal, sendo seu comprimento função do cultivar, podendo variar entre 2 a 6 m.

O sistema de condução mais utilizado para a amoreira é em forma de T, onde são implantados palanques na linha de plantio a cada 8 m de distância, com dimensões de 0,15 m x 1,80 m que deverão ser enterrados em torno de 0,5 m. Nas cabeceiras das linhas, normalmente são utilizados palanques com 1,60 m de altura e 0,15 m de diâmetro, colocados em posição inclinada (Pagot et al., 2007).

O comprimento do entrenó depende do cultivar e pode ser afetado por fatores ambientais e pela nutrição da planta. Em cada nó há uma folha composta com 3 ou 5 folíolos e um grupo de 1-4 gemas: uma gema primária, uma gema secundária e uma ou mais gemas terciárias. A mais desenvolvida, a gema primária, normalmente se desenvolve no ano seguinte, produzindo ramo de frutificação lateral. No entanto, os botões secundários e terciários também podem ter dormência quebrada.

As gemas do final da haste que hibernaram (hastes de segundo ano) brotam na primavera e produzem hastes florais. Apenas as hastes de segundo ano são capazes de brotar e frutificar. Após a frutificação, essas hastes de segundo ano morrem, deixando uma planta filha independente e a planta matriz que irá rebrotar na primavera (Bruzzese et al., 2000).

7. Desenvolvimento das folhas

As folhas da amoreira são compostas, alternadas, divididas em 3 ou 5 folíolos ovais serrilhados, dispostos de forma palmatória, de cor verde-escuro no topo e verde mais claro na parte inferior. Algumas espécies possuem a parte abaxial coberta por pelos. As folhas nas hastes do ano geralmente possuem cinco folíolos, enquanto os lançamentos florais possuem três. Folhas simples podem ocorrer perto das flores (Bruzzese et al., 2000).

8. Efeitos de fatores ecológicos

A amoreira é uma rápida colonizadora em áreas com vegetação aberta. Os frutos e sementes são bem adaptados à dispersão por pássaros e alguns mamíferos, como as raposas. As sementes também são transportadas pela água ao longo de riachos e rios, além do movimento de solo contendo o banco de sementes. Cada baga da amoreira pode conter até 80 sementes (Bruzese et al., 2000).

Combinando o método de dispersão com o hábito de rápida colonização através de propagação vegetativa por rebentos, a amoreira avança agressivamente em áreas que foram abertas naturalmente, ou pela intervenção humana, dominando os primeiros estágios de sucessão, até que as árvores, em sequência, promovam o sombreamento excessivo. As amoreiras são comumente encontradas ao longo da borda da floresta, trilhos de trem e estradas. Em alguns países, como Nova Zelândia, EUA e Austrália, a amoreira está na lista de espécies invasoras, tendo sua dispersão controlada.

A amoreira pode ser cultivada em regiões com inverno ameno a extremo, entre 200 horas de frio e a mais de 1.000 horas frio, com temperaturas inferiores a 7,2°C. O frio é importante durante o período de dormência, sendo essencial para um bom índice de brotação. Entretanto, apesar de resistente às geadas, ela pode causar sérios danos às gemas, flores e frutos em desenvolvimento, principalmente em geadas tardias de primavera. No Brasil, o estado do Rio Grande do Sul, e algumas regiões com microclimas favoráveis em Santa Catarina, Paraná, São Paulo e Minas Gerais, são recomendadas para cultivo de amoreira (Silveira et al., 2007).

Devido ao porte pequeno e sistema radicular superficial, a amoreira necessita de disponibilidade regular de água, preferindo os solos com maior capacidade de retenção. Dessa forma, nas áreas mais secas ou onde o solo seja muito argiloso ou arenoso é necessário que seja feita irrigação. Entretanto, o excesso de chuva durante a frutificação e na fase da colheita pode prejudicar a qualidade dos frutos.

Tanto a temperatura quanto a precipitação influenciam na qualidade das gemas durante a fase vegetativa, fator determinante do potencial de produção para o ano seguinte. A altitude, e consequente modificação na temperatura média do ar, influenciam a floração da amoreira, podendo retardar entre oito a dez dias a cada 300 m de altitude.

O pomar deve ser instalado na orientação norte-sul, proporcionando maior incidência de radiação solar, fator importante para o controle de doenças e pragas (Pagot et al., 2007). Richard e Messier (1996), em estudo em floresta temperada em Quebec, encontraram amoreiras vermelhas crescendo apenas em locais parcialmente abertos com intensidade

luminosa maior do que 7%, e em todos os locais com intensidade entre 25 e 40% acima da irradiância do dossel.

Deve-se evitar a implementação do pomar em regiões com incidência de ventos fortes, pois pode ocorrer a quebra dos rebentos jovens e afetar a qualidade do fruto. Ainda, o uso de quebra-ventos pode prejudicar a ventilação e afetar a sanidade do pomar.

9. Relações hídricas

Apesar de a amoreira ser considerada uma cultura rústica e agressiva, a implementação de um sistema de irrigação em seu cultivo se faz necessário para obtenção de boas produções, principalmente nos primeiros anos de cultivo e em períodos críticos de déficit hídrico. A planta adulta tem um consumo semanal de água de aproximadamente 25 a 30 mm no ciclo vegetativo, sendo necessária a irrigação duas vezes na semana, complementando a necessidade hídrica da planta, ou todos os dias, no caso de solos arenosos e em períodos de seca. Deve se ter o cuidado para que não ocorra excesso de irrigação, causando prejuízos à produção e podridão no caule e raízes. A utilização de tensiômetros nas linhas de cultivo para manutenção da irrigação é recomendado, em uma profundidade de 25 cm, mantendo a tensão de 10 a 25 centibares.

O período de floração e frutificação são os mais suscetíveis ao estresse hídrico, a falta de água afeta diretamente a produtividade pela diminuição do tamanho e da qualidade dos frutos, nesse período, a necessidade de água varia de 50 e 70 mm semanalmente. Em épocas de temperaturas elevadas ou ventos excessivos, devem ser fornecidas as mesmas quantidades de água do período de frutificação. No período de dormência da cultura deve ser evitado, irrigação excessiva.

O sistema de irrigação mais utilizado para a cultura é o de gotejamento. Sistemas superficiais de irrigação também podem ser empregados no cultivo da amoreira, porém, deve se ter maior atenção quando os cultivares produzidos for mais suscetível a doenças foliares e apodrecimento das raízes.

10. Solos, nutrição e micorrizas

A amoreira é considerada uma frutífera tolerante a diversos tipos de solos que vão de arenosos a argilosos, porém, tem seu melhor desenvolvimento em solos mais arenosos. Contudo, suas raízes não toleram solos encharcados, os quais devem ser evitados ou utilizados plantio em camalhões elevados para melhor percolação da água, técnica utilizada em locais de inundação em determinados períodos do ano.

O pH do solo influencia diretamente no desenvolvimento da planta, por determinar a disponibilidade dos nutrientes essenciais ao seu crescimento. A amoreira é cultivada preferencialmente em pH levemente ácido, em um espectro que vai de 5,6 a 6,8. Outro fator a ser considerado como benéfico para o desenvolvimento da cultura é o teor de matéria orgânica do solo, sendo que teores de 2 a 4% de MOS (Matéria Orgânica do Solo) são suficientes para a cultura. A presença MOS auxilia na estruturação do solo, aeração, capacidade de retenção de água e nutrientes, além da manutenção da microbiota benéfica do solo (Funt; Ross, 2017).

Apesar de ser uma cultura de grande importância mundial e de exploração comercial crescente no Brasil, informações sobre uma prática adequada de adubação ainda são restritas no país, ocasionando a utilização de dados baseados em diferentes regiões do mundo, o que pode acarretar em um desenvolvimento lento ou excessivo da cultura, baixas produções, qualidade inferior dos frutos e suscetibilidade a pragas e doenças (Pereira et al., 2015a). Além disso, muitas vezes as doses de nutrientes recomendadas para a cultura não levam em consideração diferenças entre os cultivares e seus hábitos de crescimento. Pereira et al. (2013b), confirmam a necessidade de estudos sobre exigências nutricionais de grupos de cultivares distintos ao comparar a exportação de nutrientes da produção de frutos e do material retirado da poda de dois cultivares, onde, a ordem de exportação de nutrientes por tonelada para o cultivar Tupy segue $K > P > Ca > Mg > S > Mn > Fe > B > Cu$, nos frutos, e $K > Ca > Mg > P > S > Mn > Fe > Zn > B > Mo$, no material de poda, enquanto que para o cultivar Xavante, a ordem de exportação em frutos segue $K > Ca > Mg > S > Mn > Fe > B > Cu$, e $K > Ca > Mg > P > S > Mn > Fe > B > Cu > Mo$, para material vegetal da poda (Tabela 2).

Tabela 2. Exportação total de nutrientes da amoreira ‘Tupy’ (Adaptado de Pereira et al., 2015).

Exportação de nutrientes do cultivar Tupy			
P	6,14 (kg/ha ⁻¹)	Cu	20,45 (g/ha ⁻¹)
K	33,37 (kg/ha ⁻¹)	Fe	378,99 (g/ha ⁻¹)
Ca	29,88 (kg/ha ⁻¹)	Mn	811,73 (kg/ha ⁻¹)
Mg	9,93 (kg/ha ⁻¹)	B	128,09 (kg/ha ⁻¹)
S	4,93 (kg/ha ⁻¹)		

O nitrogênio é o nutriente de maior impacto para a cultura da amoreira, sendo necessitado em maiores quantidades, pois influencia todo o desenvolvimento da cultura e sua produção esperada. A adubação nitrogenada deve ser baseada em análise foliar de nutrientes, teor que varia de 2 a 5% da matéria seca da planta, na utilização ou não de irrigação e no vigor do crescimento de novas hastes, sendo o último item o mais usado como indicador visual. Alguns cultivares são mais vigorosos que outros e podem necessitar menores quantidades de nitrogênio para produção de novas hastes, é observado também que no ano de plantio, as quantidades de N exigidas são menores que nos anos seguintes (Strik, 2017; Pereira et al., 2013a).

Na literatura é possível encontrar uma grande variação no que se diz respeito à recomendação de nitrogênio para a cultura, os valores encontrados vão de 0 a 200 kg ha⁻¹, o que pode ser explicado por diferenças edafoclimáticas das regiões estudadas, idade da cultura e do cultivar. No Brasil, a recomendação existente leva em consideração o teor de MOS. A adubação de plantio não é recomendada, pois, segundo autores há risco de queima de gemas vegetativas (Tabela 3), segundo Freire (2004).

Tabela 3. Doses de adubação nitrogenada para espaçamento de 0,5 x 3,0 m (Adaptado de Freire, 2004).

Teor de MOS (%)	Doses de Nitrogênio (kg/ha ⁻¹)	
	Primavera	Pós-colheita
≤2,5	100	100
2,6-3,5	67	67
>3,6-4,5	34	34
>4,5	0	0

Em um experimento realizado com os cultivares Xavante e Tupy, os autores concluíram que a dose recomendada de nitrogênio é adequada para máxima produção do cultivar Xavante, porém, para o cultivar Tupy, é insuficiente; a máxima produção para os cultivares foram de 106 e 128 kg ha⁻¹ respectivamente. No mesmo trabalho, resultados mostraram um aumento da dose recomendada a partir do terceiro ano de safra, dado a maior produção da cultura em relação aos anos anteriores (Pereira et al., 2013a).

O fósforo é responsável por fazer parte de compostos importantes na célula vegetal, entretanto, sua adição em solos de baixos teores do nutriente raramente resulta em aumentos na produção da amoreira, porém, o P é responsável pelo crescimento radicular e interage com outros nutrientes de importância para a produção da cultura. Aplicações de manutenção são recomendadas anualmente no mês de agosto, antes da brotação e floração (Tabela 4) de acordo com Freire (2004).

A amoreira requer concentrações expressivas de potássio para que possa alcançar uma maior produção, além disso, o nutriente é responsável pela qualidade física e química dos frutos. A recomendação brasileira para aplicação do nutriente segue o mesmo padrão da adubação fosfatada, aplicado logo após o término do inverno (Tabela 5) conforme Freire, (2004). Apesar da importância de K e P para o desenvolvimento da cultura, no Brasil as recomendações ainda são baseadas nas de outros países e estudos brasileiros são incipientes (Tabela 6), de acordo com Pereira et al. (2015a). Em um estudo realizado pela EMBRAPA clima temperado com os cultivares Tupy e Xavante, autores ressaltam que a recomendação de adubação brasileira de K é um fator limitante para altas produções, uma vez que obtiveram aumentos lineares da produção com aplicação de K duas vezes maiores que a recomendada atualmente (Pereira et al., 2015b).

Tabela 4. Interpretação de análise de solo de P extraível para condições de Rio Grande do Sul e Santa Catarina (Adaptado de Freire, 2004).

Interpretação do teor de P (mg/dm ³) no solo	Classes de solos conforme teor de argila ¹				
	1	2	3	4	5
Muito baixo	≤ 2	≤ 3	≤ 4	≤ 6	≤ 8
Baixo	2,1 - 4	3,1 - 6	4,1 - 8	6,1 - 12	8,0 - 16
Médio	4,1 - 6	6,1 - 9	8,1 - 12	12,1 - 18	16,1 - 24
Alto	6,1 - 12	9,1 - 18	12,1 - 24	18,1 - 36	24,1 - 48
Muito alto	> 12	> 18	> 24	>36	> 48
¹ Classes de argila: 1= >55%, 2= 41 - 55%, 3= 26 - 40%, 4= 11 - 25%, 5= ≤ 10%					

Tabela 5. Interpretação de análise de solo de K extraível para condições de Rio Grande do Sul e Santa Catarina (Adaptado de Freire, 2004).

Interpretação do teor de K (mg/dm ³) no solo	CTC _{pH7} , cmol _c /dm ³		
	< 5	5-15	> 15
	mg K/dm ³		
Muito baixo	0 - 15	0 - 20	0 - 40
Baixo	16 - 30	21 - 40	41 - 60
Médio	31 - 45	41 - 60	61 - 80
Alto	46 - 90	60 - 120	81 - 160
Muito alto	> 90	> 120	> 160

Tabela 6. Recomendações de adubação de P e K no pré-plantio e na manutenção (Adaptado de Freire, 2004).

Interpretação do teor de K e P do solo	Pré-Plantio (kg/ha)		Manutenção (g/planta/ano)	
	P ₂ O ₅	K ₂ O	P ₂ O ₅	K ₂ O
Muito Baixo	150	90	15	10
Baixo	100	75	10	10
Médio	50	60	10	5
Alto	25	30	5	5
Muito alto	0	0	0	0

Micorrizas são fungos que estabelecem uma relação mutualística com as plantas promovendo benefícios, entre eles, uma maior capacidade de absorção de água, nutrientes e a expansão do sistema radicular, ocasionando em um melhor desenvolvimento da cultura. Estudos sobre os efeitos dessa associação com plantas cultivadas tem chamado atenção dos pesquisadores da área, em um trabalho realizado na Colômbia, utilizou-se a inoculação de micorrizas no desenvolvimento inicial de mudas de amora dos Andes (*Rubus glaucus* Benth.) em solos salinos, onde a associação do fungo resultou em uma tolerância das mudas às condições de baixa a média salinidade, permitindo uma maior absorção de nutrientes como o

fósforo, nitrogênio e potássio (Cardona et al., 2017). Trabalhos visando outros benefícios da associação com micorrizas ainda são escassos para o cultivo de amoreira.

11. Fotossíntese

Altas temperaturas e uma radiação elevada podem levar a danos nos tecidos da amoreira, acarretando prejuízos na qualidade da produção. Contudo, quando há um sombreamento em excesso, ocorre a redução da disponibilidade de luz e da taxa fotossintética da cultura, estimulando estiolamento dos ramos, que por sua vez enfraquecem e produzem frutos de baixa qualidade.

O máximo potencial produtivo alcançado pela cultura está diretamente relacionado com seu desenvolvimento fisiológico, mensurado pelas reservas de carboidratos produzidos pelo processo de fotossíntese. Restrições climáticas desfavoráveis e o manejo inadequado do cultivo afetam negativamente nesse quesito, o desenvolvimento adequado do fruto necessita dos fotoassimilados provenientes de altas taxas fotossintéticas realizadas pelas folhas da amoreira.

12. Florescimento e frutificação

O estudo da fenologia das plantas cultivadas é de extrema importância para que se tenham resultados positivos na produção, pois permite conhecer os estádios de desenvolvimento da cultura e assim organizar efetivamente os manejos realizados no cultivo. Apesar disso, informações sobre a fenologia da amoreira em regiões potenciais brasileiras são escassas. Os estádios fenológicos variam de cultivar para cultivar e a região em que está sendo cultivada.

Em sua maioria, os cultivares comerciais de amoreira possuem flores hermafroditas e são autopolinizáveis, porém, a polinização através de insetos, especialmente a *Apis mellifera* e a ação do vento, favorecem a produção pela uniformização da distribuição do pólen. As ausências de agentes polinizadores, favorecendo a autopolinização da cultura, resultam na formação de frutos pequenos e com anomalias.

As amoreiras necessitam da exposição a períodos de baixas temperaturas para a emissão de suas flores, dias curtos também são responsáveis para a indução de gemas floríferas no gênero *Rubus*, contudo o entendimento do processo por inteiro é muito variável entre os cultivares e os locais de produção, pois além das condições ambientais é também influenciado por fatores internos.

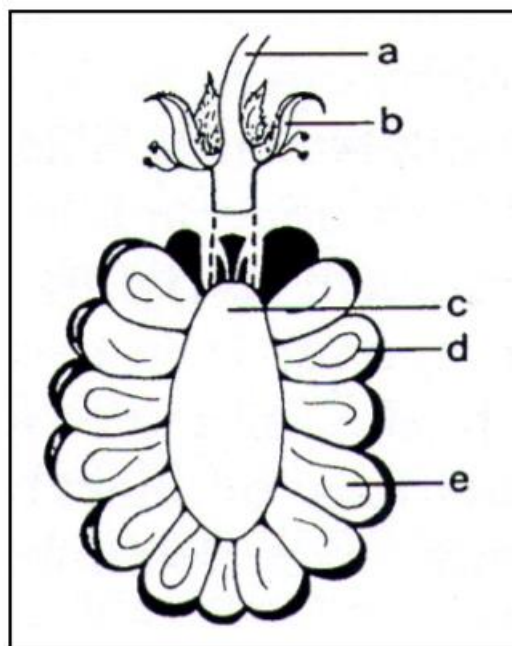


Figura 5. Representação de a- pedúnculo, b- cálice, c- receptáculo, d- drupete, e-semente (Adaptado de Moore et al., 1990).

Conforme o fruto vai amadurecendo, há o aumento do seu peso e tamanho e a coloração vai modificando do verde ao preto, passando pelo vermelho. Após a polinização, os frutos demoram entre 35 a 45 dias até completar a maturação. Os últimos dias do estágio de maturação do fruto são extremamente importantes, uma vez que 85% do seu tamanho final é adquirido nessa fase, dependendo de um bom fornecimento de água e fotoassimilados. Portanto, quaisquer limitações do fornecimento nesse período resultam em efeitos negativos à produção da amoreira.

Os estádios de maturação da amoreira são divididos em três, sendo eles: mosqueado, quando apresentam 50% da sua superfície preta; preto-brilhante, quando apresentam 100% da sua superfície preta e brilhante; e preto-opaco, quando apresenta coloração preta, porém não apresentam o brilho devido ao estágio avançado da maturação.

Os frutos possuem vida útil muito curta, e são classificados como não climatéricos, apesar de sofrer um grande aumento na produção de etileno na transição de preto-brilhante para opaco, o hormônio está relacionado com a abscisão do pedicelo do fruto.

13. Zoneamento agroclimático e adaptações ao meio ambiente

A amoreira é cultivada desde regiões com invernos amenos a regiões com períodos de frio extremo, a cultura exige horas de frio abaixo 7,2°C para produzir satisfatoriamente. Dependendo do cultivar, esse período pode variar de 100 a 1.000 horas de exposição ao frio.

Baixas temperaturas afetam a indução, diferenciação e a uniformidade da floração, e consequentemente, a produtividade.

A produção da amoreira se dá em ramos do ano que logo após a colheita são eliminados pela poda drástica. A cultura se adapta bem em regiões com temperaturas moderadas no verão, sem intensidade luminosa elevada, chuvas frequentes sem excessos durante o período de frutificação e temperaturas baixas no inverno, atendendo às exigências de horas de frio.

Durante a fase vegetativa, o frio é primordial para que sejam obtidos bons índices de brotação. No entanto, quando atinge a planta nas demais fases, pode causar sérios danos às gemas, flores e frutos em desenvolvimento, principalmente as geadas tardias. Na fase de dormência da planta, a temperatura e a precipitação influenciam na qualidade das gemas, fator determinante ao potencial de produção para o ano seguinte.

A altitude e modificações da temperatura média do ar alteram o ciclo da cultura, principalmente o florescimento. A cada aumento de 300 m de altitude o início do florescimento é retardado.

No Brasil, cultivares foram lançados pelo programa da EMBRAPA Clima Temperado, principalmente cultivares adaptadas as condições do Sul do país (Tabela 8), segundo Pereira et al. (2014) e Raseira e Franzon (2012).

Tabela 8. Cultivares importantes para o Brasil e suas exigências em horas de frio < 7,2°C. (Adaptado de Pereira et al., 2014).

Cultivar	Ano de lançamento	Exigência em horas de frio < 7,2°C	Produtividade média
Brazos	1959	200 h	10 - 20 t/ha
Comanche	1968	200 - 300 h	10 t/ha
Cherokee	1974	200 - 300 h	10 t/ha
Choctaw	1975	200 - 300 h	10 t/ha
Ébano	1981	400 - 600 h	10 t/ha
Arapaho	1985	400 - 500 h	10 t/ha
Tupy	1988	200 - 300 h	10 - 20 t/ha
Guarani	1988	200 - 300 h	10 - 20 t/ha
Caingangue	1992	< 300 h	10 t/ha
Xavante	2004	200 - 300 h	10 - 20 t/ha
BRS Xingu	2015	200 - 300 h	12 - 20 t/ha
BRS Caingua	2018	200 - 300 h	10 - 20 t/ha

O acúmulo de horas de frio em regiões tropicais e subtropicais pode se apresentar como um obstáculo para a produção de frutas temperadas nestas condições, contudo, no estado de São Paulo é possível a produção de diversas frutíferas temperadas, tais como, pêssogo, ameixa e figo, em regiões em que as horas de frio acumuladas variam de 40 a 80 h (< 7°C) e 400 a 600 h (< 13°C). Entretanto, técnicas e aplicações de biorreguladores podem ser utilizadas para a quebra de dormência da cultura, além da implantação de cultivares adaptados às condições de cultivo (Segantini et al., 2015).

Apesar de se encontrar informações na literatura sobre o número mínimo de exigência de horas de frio dos cultivares de amoreira, novos estudos devem ser realizados, principalmente em novas áreas potenciais para fruticultura. Oliveira et al. (2017) ressaltam essa necessidade, pois ao testar o desempenho dos cultivares Brazos, Guarani, Tupy e Xavante em região de altitude e temperaturas amenas, situada em Minas Gerais, obtiveram

como resultado desempenhos produtivos semelhantes às regiões produtoras, mesmo sem acumulação de horas de frio $< 7,2^{\circ}\text{C}$ indicada na literatura. O cultivar Brazos se destacou nessas condições, apresentando altas produtividades nos três anos de avaliação, sendo que no primeiro ano produziu $22,4 \text{ t/ha}^{-1}$.

14. Estratégias para altas produções

São vários os fatores que influenciam na produtividade de uma cultura agrícola, dentre eles, condições edafoclimáticas, genética do cultivar, tratos culturais e sistemas de produção. Para a cultura da amoreira alcançar o potencial produtivo, tem de se prestar atenção em alguns pontos cruciais:

- Escolha do cultivar baseado nas horas de frio necessárias conforme a região de implantação, sendo os cultivares Tupy e Brazos os mais utilizados pelo alto potencial produtivo comparado com os outros cultivares, e maiores adaptabilidades às condições de climas mais quentes (baixa necessidade de horas de frio).

- Escolha do local para implantação do pomar, com orientação norte-sul, baixa incidência de ventos fortes, disponibilidade de água para irrigação.

- Utilização de sistemas de condução, o uso de um sistema de tutoramento, auxilia no desenvolvimento, colheita, manutenção geral da cultura, como condução da planta e poda. O sistema permite melhor aeração e melhor aproveitamento da luminosidade, contribuindo para o crescimento e o desenvolvimento da planta e evitam o contato dos frutos e folhas com o solo. Os sistemas de condução utilizados no Brasil para a cultura da amoreira são espaldeira simples e espaldeira em T.

- Espaçamento adequado, podendo variar de 0,5 a 0,7 m entre plantas por 3 a 4 m entre linhas.
- Manejos fitossanitários e nutricionais das plantas.
- Aplicação de produtos para quebra da dormência e desfolha em locais que necessitam da operação.
- Realização de poda, onde é realizada no inverno, cortando os ramos a uma altura de 15 cm acima do arame de sustentação, e reduzindo os ramos laterais (20 a 30 cm). Após a colheita é realizada a poda de verão, removendo os ramos velhos da produção anterior e a redução e condução dos novos ramos a uma altura de 15 cm do arame. Em regiões subtropicais

pode ser realizada a poda drástica de verão, não ultrapassando a segunda quinzena de janeiro.

15. Efeitos de reguladores vegetais

Amoreira cultivada em regiões de clima tropical e subtropical não têm suas necessidades de baixas temperaturas totalmente satisfeitas, por serem oriundas de regiões de clima temperado. Em função disso, faz-se necessário o uso de técnicas e produtos específicos que compensem a falta de horas de frio, de modo a possibilitar brotação e florescimento uniformes, além de desenvolvimento equilibrado da planta e seus frutos segundo Pereira, Nachtigal e Roberto (2002).

Quando espécies de clima temperado são cultivadas em regiões com insuficiência de frio hibernal, apresentam sintomas, como atraso e maior duração do período de floração e menor percentual de floração e brotação, resultando em redução na produção, produção desuniforme de frutos e de baixa qualidade.

Existem diversos produtos que estimulam a quebra de dormência das espécies de clima temperado em regiões de baixa ocorrência de frio, no entanto, no Brasil o principal produto é a cianamida hidrogenada, que embora seja altamente eficaz, é também tóxica ao aplicador e ao meio ambiente (Botelho, 2007).

Na região de São Manuel (SP), é indicada a utilização da dose de 4,5% de cianamida hidrogenada para uma maior uniformidade e aumento de brotações, conseqüentemente, maior produtividade do cultivar Tupy (Segantini et al., 2011). Como alternativa do uso da cianamida hidrogenada (Dormex[®]), resultados semelhantes à aplicação deste produto foram obtidos com a utilização de fertilizantes nitrogenados (Erger[®]) para as condições de cultivo no município de São Manuel (SP), assim como a utilização de óleo mineral na dose de 8% (Segantini et al., 2015).

Em regiões de clima subtropical, a deiscência foliar da amoreira no período de dormência é lenta e desuniforme, sendo necessária a prática de desfolha da planta, no momento mais oportuno, para que não ocorram perdas de reservas nutricionais. Podem ser utilizados na cultura uma mistura de 20% de sulfato de amônio + 5% de sulfato de cobre, ou a utilização de Ethrel 720[®] a 6%, 15 dias antes da realização da poda hibernal.

No México, produtores utilizam reguladores vegetais na técnica chamada de produção forçada, possibilitando florescimento e frutificação fora de época. Aplicações de 100 a 250mg/L de thiadizuron (TDZ) associada ou não com 100mg/L de GA₃ promoveram

antecipação na brotação, floração e maturação dos frutos de amora ‘Comanche’, permitindo a colheita nos meses de outubro a novembro, fora da época de oferta de amoras no país.

O uso de reguladores vegetais quando combinados com a realização de podas, supressão da irrigação e utilização de desfolha, podem trazer benefícios aos produtores, como, por exemplo, ocasionar produção extemporânea da cultura, onde os preços pagos ao produtor chegam a alcançar 700% a mais que os da época normal de oferta do fruto.

16. Senescência e aproveitamento de resíduos

O pomar de amoreira tem um período de vida útil ao redor de 15 anos, porém os ramos que produziram entram em senescência logo após a colheita, necessitando da poda de verão, onde os ramos da safra anterior devem ser eliminados e retirados do local de cultivo.

O processamento agroindustrial para fabricação dos produtos de origem vegetal gera uma grande quantidade de resíduos, de 20 a 60% de todo material utilizado, podendo acarretar não só em impactos ambientais, mas também em perdas na receita final. Esses resíduos por muitas das vezes são ricos em compostos bioativos, podendo ser aproveitados pela indústria alimentícia e farmacêutica, gerando subprodutos potenciais, enriquecendo ainda mais a cadeia de produção. A amoreira vem chamando atenção dos pesquisadores, devido seu alto valor nutricional, sendo uma importante fonte de fibras, vitaminas e compostos fenólicos, como a antocianina, condicionada à prevenção de doenças degenerativas.

Os estudos do aproveitamento de resíduos da amoreira ainda são incipientes, pesquisadores vêm desenvolvendo pesquisas com o objetivo de encontrar métodos para a produção de farinha enriquecida e microencapsulação de antocianina, com resultados positivos no que se diz respeito à atividade antioxidante do subproduto.

Referências

ANTUNES, L.E.C. Amoreira: nova opção de cultivo no Brasil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, n. 1, p. 151-158, 2002.

ANTUNES, L.E.C. et al. A produção de amoreira no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 36, n. 1, p. 100-111, 2014.

ATTILIO, L.B.; BOLIANI, A.C.; TARSITANO, M.A.A. Custo de produção de amoreira em região tropical. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.31, n.4, p.1042-1047, 2009.

BOTELHO, R.V. Efeito do extrato de alho na quebra de dormência de macieiras. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 29, n. 2, p. 403-405, 2007.

BRUZZESE, E. et al. **Best practice management guide for environmental weeds: blackberry, *Rubus Fruticosus* Aggregate**. Frankston: Research Institute and Weeds CRC, 2000.

CARDONA, W.A. et al. Efecto de la salinidad sobre el crecimiento vegetativo de plantas de mora de Castilla (*Rubus glaucus* Benth.) micorrizadas y sin micorrizar. **Revista Colombiana de Ciências Hortícolas**, v. 11, n. 2, p. 253-266, 2017.

DÍAZ, C.A. et al.. Dormancy and germination of castilla blackberry seeds (*Rubus glaucus* Benth). **Revista de la Facultad de Agronomía**, Medellín, v. 66, n. 1, p. 6855-6864, 2013.

DIXON, E.K. et al. Weed management, training, and irrigation practices for organic production of trailing blackberry: mature plant growth and fruit production. **HortScience**, v. 50, n. 8, p. 1165-1177, 2015.

FRANZON, R.C. et al. **Produção de mudas: principais técnicas utilizadas na propagação de fruteiras**. Planaltina: EMBRAPA Cerrados, 2010.

FREIRE, C.J.S. Nutrição e adubação. In: ANTUNES, L.E.C.; RASEIRA, M.C.B. (Ed.). **Aspectos técnicos da cultura da amora-preta**. Pelotas: EMBRAPA Clima Temperado, 2004. p. 29-35. (Documentos, 122).

FUNT, R.C.; ROSS, D.S. Soil and water management. In: HALL, H.K.; FUNT, R.C. (Ed.). **Blackberries and their hybrids**. Boston: CABI, Boston, 2017. v. 1, p.131-145.

JEPSON, R.G.; CRAIG J.C. **The American heritage science dictionary**. New York: Houghton Mifflin, 2005. 704 p.

LORENZI, H. et al. **Frutas brasileiras e exóticas cultivadas (de consumo *in natura*)**. Nova Odessa: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2006. 640 p.

OLIVEIRA, J. et al. Productive performance of blackberry cultivars in altitude region. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 47, n. 12, 2017.

PEREIRA, F.M.; NACHTIGAL, J.C.; ROBERTO, S.R. **Tecnologia para a cultura do pessegueiro em regiões tropicais e subtropicais**. Jaboticabal: FUNEP, 2002. 62 p.

PEREIRA, I.S. et al. Adubação nitrogenada e características agronômicas em amoreira preta. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, n. 4, p. 373-380, 2013a.

PEREIRA, I.S. et al. **Revista Congrega URCAMP**, v. 9, p. 1-10, 2013b.

PEREIRA, I.S. et al. **Informações técnicas de cultivares de amoreira-preta**. Pelotas: EMBRAPA Clima Temperado, 2014. 2 p.

PEREIRA, I.S. et al. Exigência nutricional e adubação da amoreira. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 58, n. 1, p. 96-104, 2015a.

PEREIRA, I.S. et al. Potassium fertilization affects florican mineral nutrition content, growth, and yield of blackberry grown in Brazil. **HortScience**, v. 50, n. 8, p. 1234-1240, 2015b.

RASEIRA, A.; SANTOS, A.M.; RASEIRA, M.C.B. Caingangue, nova cultivar de amoreira para consumo *in natura*. **HortiSul**, v.2, n.3, p11-12, Pelotas,1992.

RASEIRA, A. et al. Influência da densidade de plantio na produtividade de cultivares de amoreira. **Revista Brasileira de Agrociências**, Pelotas, v. 13, n. 4, p. 551-554, 2007.

RASEIRA, M.C.B.; FRANZON, R.C. Melhoramento genético e cultivares de amoreira e mirtilo. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 33, n. 268, p. 11-20, 2012.

RASEIRA, M.C.B.; SANTOS, A.M.; MADAIL, J.C.M. **Amora preta**: cultivo e utilização. Pelotas: EMBRAPA, CNPFT, 1984. 20 p. (Circular Técnica, 11).

RICHARD, J.P.; MESSIER, C. Abundance, growth and allometry of red raspberry (*Rubus idaeus* L.) along a natural light gradient in a northern hardwood forest. **Forest Ecology and Management**, v. 81, p. 153-160, 1996.

SEGANTINI, D.N. et al. Uso de reguladores de crescimento para superação da dormência e sua influência na brotação, no florescimento e na produção da amoreira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, n. esp., p. 275-280, 2011.

SEGANTINI, D.M. et al. Breaking dormancy of ‘Tupy’ blackberry in subtropical conditions. **American Journal of Plant Science**, n. 6, p. 1760-1767, 2015.

STRIK, B.C. Plant nutrient management. In: HALL, H.K.; FUNT, R.C. (Ed.). **Blackberries and their hybrids**. Boston: CABI, 2017. v. 1, p. 146-168.

FIGUEIRA



FIGUEIRA (*Ficus carica* L.)

Artur Deperon Gallucci

1. Origem e distribuição geográfica

A figueira é uma planta nativa da Ásia Menor, região da qual hoje faz parte à Turquia, no qual se difundiu pela região mediterrânea da Europa, Ásia e África (Simão, 1998; Penteado, 1999). Dentre as espécies cultivadas, a figueira é uma das mais antigas, visto que sua evolução do estado silvestre para o de planta cultivada acompanhou os primórdios da civilização. Os primeiros povos que cultivaram a figueira foram os árabes e judeus, em regiões semiáridas do sudoeste da Ásia, à medida que posteriormente, a cultura foi sendo introduzida na Europa.

Na forma de estaca ou de rebentões, a figueira sempre acompanhou os roteiros dos primeiros colonizadores americanos, se espalhando pelas regiões tropicais, subtropicais e de clima temperado moderado das Américas, e chegando ao Brasil no ano de 1532, na época da primeira expedição colonizadora de Martim Afonso de Souza. O cultivo comercial da cultura

no Brasil data de 1910, quando imigrantes italianos, realizaram os primeiros plantios de figo roxo através de estacas no município de Valinhos, Estado de São Paulo (Pereira, 1981).

A Turquia se destaca na produção de figueira como maior produtor e exportador mundial, seguido do Brasil, que aproveita seu espaço no mercado internacional na entressafra do principal produtor. Atualmente, destacam-se pela área plantada os estados do Rio Grande do Sul, São Paulo e Minas Gerais, à medida que a fração mais expressiva do cultivo se encontra na primeira região produtora do país, em Valinhos/SP, produzindo frutas para consumo *in natura*, visando tanto o mercado interno quanto a exportação. A área total cultivada com figo no Brasil é de aproximadamente 2400 hectares (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, 2018).

2. Classificação botânica

A figueira cultivada (*Ficus carica* L.) pertence à ordem Urticales e família *Moraceae*, a qual pertence algumas outras espécies frutíferas, tais como as amoreiras (*Morus alba* e *Morus nigra*) e jaqueira (*Artocarpus heterophyllus*). O maior gênero dessa família é o *Ficus*, abrangendo aproximadamente 750 espécies, na maioria interessante para jardinagem (Pereira, 1981; Alvarenga et al., 2007). Nessa família predominam indivíduos com hábito de crescimento arbóreo ou arbustivo, quase todos apresentando látex.

A espécie *Ficus carica* L. é uma espécie caducifólia da classe das dicotiledônias, pertencente ao subgênero *Eusyce*, caracterizado por espécies que apresentam flores unissexuadas e ginoidiocismo. A figueira é diploide, com número de cromossomos igual a 26.

3. Morfologia e anatomia

Uma árvore caducifólia bastante ramificada, a figueira cultivada (*Ficus carica* L.) pode atingir até 10 metros de altura, porém, raramente observam-se plantas acima de 3 m devido ao sistema de sucessivas podas drásticas realizadas nas plantas, o que também diminui a vida útil dos pomares, visto que em média, no Estado de São Paulo, o período de exploração econômica da cultura é de aproximadamente 30 anos.

Possui folhas grandes e lobadas, e, características como tamanho, textura, cor e forma das folhas, são utilizadas para diferenciação varietal. As gemas frutíferas e vegetativas se localizam nas axilas das folhas dos ramos e no caule e em outras partes da planta, há células lactíferas, produzindo um látex rico em proteínas. As flores do figo são pequenas, pediceladas, hipóginas e unissexuais, com perianto simples pentapartido (Pereira, 1981).

Embora comercialmente conhecidos como frutos, os figos são infrutescências constituídas de tecido parenquimatoso. O fruto verdadeiro é o aquênio, resultante do desenvolvimento do ovário, com embrião envolto pelo endosperma e tegumento. Nas condições do Brasil, como não há fecundação, os aquênios são ocos.

4. Germinação e propagação

A propagação da figueira pode ser realizada de forma sexuada e assexuada, entretanto, a propagação através de sementes, sexuada, é utilizada exclusivamente em trabalhos de melhoramento genético. Outro fato é que no Brasil, as espécies cultivadas produzem frutos partenocárpicos, isto é, com sementes estéreis.

A multiplicação assexuada pode ser realizada por estaquia, mergulhia (de cepa e alporquia), enxertia e propagação através dos rebentões (Simão, 1998). Para Brum (2001), para se obter elevada produtividade e longevidade dos pomares, é muito importante o uso de mudas de alta qualidade.

Diferente do que se verifica com a grande maioria das plantas frutíferas, na propagação da figueira, o método da enxertia pode ser perfeitamente dispensado, visto a facilidade da planta de se multiplicar utilizando estacas, dando origem a plantas geneticamente idênticas à de origem. De acordo com Yokota et al. (2002), a espécie pode ser propagada por diversos processos vegetativos, sendo a estaquia o método mais empregado comercialmente.

4.1 Métodos de propagação

4.1.1 Sementes

Mesmo que não utilizada comercialmente, a propagação da figueira por meio de sementes tem o objetivo único de melhorar geneticamente a espécie, porém no Brasil esse processo é impossibilitado pela ausência da vespa *Blastophaga psenes* (L.), responsável pela polinização natural da cultura (Simão, 1998).

4.1.2 Estaquia

Método mais utilizado de multiplicação da cultura no Brasil (Silva, 1983). As estacas podem ser inicialmente plantadas em viveiros, passando para o local definitivo apenas no inverno do ano seguinte, já com sistema radicular desenvolvido, ou então plantada diretamente no campo. Esse processo consiste em colocar segmentos da planta matriz em ambiente favorável até emitirem raízes e originarem uma nova planta. A facilidade na

aquisição de material, devido à poda hiberna realizada no inverno, torna o método mais utilizado pelos produtores (Araújo et al., 2005).

As estacas caulinares são as mais recomendadas na propagação e podem ser divididas em três grupos: estacas lenhosas, as quais apresentam tecidos lignificados, com ausência de folhas e provenientes da poda hiberna; estacas herbáceas, com tecidos mais tenros, coletadas com folhas no período vegetativo; e estacas semi-lenhosas ou semi-herbáceas, que apresentam um estágio intermediário entre as duas anteriores, sendo coletadas no final do verão (Fachinello et al., 1995). Recomenda-se que as estacas possuam de 1,5 a 3,0 cm de diâmetro e 20 a 40 cm de comprimento para gerarem mudas vigorosas.

Estacas plantadas diretamente na cova apresentam algumas desvantagens, como a baixa taxa de enraizamento e o método de plantio, pois dessa forma as estacas são enterradas verticalmente e apenas duas gemas ou dois terços do comprimento ficam acima do nível do solo (Pio et al., 2006). Sendo assim, o enraizamento prévio em viveiros tem sido a melhor alternativa, diminuindo replantio e utilizando estacas de menor comprimento, facilitando o manejo no viveiro, propiciando mudas de qualidade para o plantio no período chuvoso (Chalfun; Hoffmann, 1997; Pio, 2002).

Importante ressaltar que estacas provenientes de porções diferentes do ramo apresentam potencial de enraizamento distinto, observando uma maior capacidade na porção basal, efeito justificado pelo maior acúmulo de carboidratos na região (Gonçalves, 2002). Pereira (1981), ao trabalhar com estacas, verificou que estas, quando provenientes da base e do meio dos ramos, com 20 a 30 cm de comprimento, apresentaram pegamento superior a 75%.

4.1.3 Mergulhia

No processo de mergulhia, as mudas apenas são retiradas da planta matriz quando o sistema radicular já se encontra formado, podendo este processo ser realizado de quatro métodos: simples, contínuo, cepa e alporquia (Simão, 1998). No caso da figueira, os métodos de cepa e alporquia são os mais utilizados. A cepa promove um melhor enraizamento da brotação, porém, devido o contato direto com o solo, as mudas podem servir de fonte de nematoides. No caso da alporquia, esta pode ser realizada diretamente na figueira, porém seu efeito prático não resulta em interesse econômico (Boliani; Corrêa, 1999).

4.1.4 Enxertia

Uma das formas mais utilizadas de propagação nas frutíferas, nesse processo de multiplicação, tanto o enxerto como o porta enxerto devem estar em boas condições fisiológicas. A dificuldade em encontrar porta-enxertos resistentes aos nematoides torna a enxertia pouco praticada. Entretanto, três espécies aceitam enxertos de *Ficus carica* (L. e são resistentes a nematoides: *Ficus racemosa*, *Ficus cocculifolia* e *Ficus gnapha*.

Processos como borbulhia e a garfagem podem ser utilizados na enxertia da figueira. A borbulhia pode ser executada durante todo o período de vegetação pelo sistema em forma de T à medida que a garfagem, empregando sistema de fenda cheia ou incrustação lateral, deve ser realizada no período de repouso vegetativo, durante o inverno (Simão, 1998).

4.1.5 Rebentões

Os rebentões, ou perfilhos (filhotes), se originam a partir de gemas presentes nas raízes e crescem junto ao tronco das figueiras adultas. Embora seja um bom material propagativo, porém seu uso é extremamente restrito por estarem em contato direto com o solo e funcionarem como veículo de nematoides (Boliani; Corrêa, 1999). A utilização de rebentões é proibida por lei na produção comercial de mudas, devido à disseminação de nematoides.

5. Desenvolvimento de raízes

O sistema radicular da figueira é fibroso e em geral pouco profundo, podendo em condições favoráveis se desenvolverem superficialmente a grandes distâncias do tronco (Rigitano, 1955). Esse sistema radicular é característico do sistema de propagação vegetativa, exigindo práticas de manejo adequadas para que não ocorra estresse causado por déficits hídricos ou compactação do solo (Maiorano et al., 1997).

A distribuição do sistema radicular pode ser influenciada por diversos motivos, tais como tipo e regime hídrico do solo, combinações utilizadas de copa/porta enxerto, idade da cultura e manejo de irrigação. De modo geral, nas condições de manejo adotadas no Sudeste brasileiro, o desenvolvimento de raízes ocorre nos primeiros 0,2 m a 0,45 m de profundidade e até 1,2 m a 2,0 m de distância lateral do caule (Dominguez, 1990).

6. Desenvolvimento do caule

Com caule bastante ramificado, a figueira pode chegar até 10 metros de altura, porém devido aos manejos utilizados, raramente ultrapassam os 3 metros. O caule apresenta ramos robustos e sem pelos, bastante frágeis e quebradiços. Além de ter uma grande utilização na

formação das estacas como estruturas de multiplicação, o caule possui células lactíferas, as quais produzem um látex rico em fissiona, uma enzima proteolítica que, em contato com a pele, causa irritação, devendo haver cuidado sempre na desbrota e colheita dos figos.

7. Desenvolvimento das folhas

Considerada uma planta de folhas caducas, a figueira possui um período de repouso fisiológico, perdendo todas suas folhas no período do inverno. As folhas geralmente são grandes e lobadas, possuindo de 5 a 7 lóbulos, geralmente com dois menores. As folhas são típicas e bastante recorrentes para identificação das variedades, sendo as características como tamanho, textura, cor e forma usadas na diferenciação varietal.

O cultivar Roxo de Valinhos, também conhecido como Brown Turkey, San Piero ou Negro Largo, é o mais plantado no Brasil, dominando quase a totalidade dos pomares comerciais e caracteriza-se por apresentar folhas grandes com cinco lóbulos maiores e dois menores, coloração verde escuro, textura compacta e rija, margem crenada, sino peciolar em forma de lira e pecíolo longo.

Além da presença de pelos sobre a superfície, na epiderme; outra característica importante é a presença de gemas frutíferas e vegetativas localizadas nas axilas das folhas dos ramos (Pereira, 1981).

8. Florescimento e frutificação

Com flores pequenas, pediceladas, hipóginas, unissexuais e com perianto simples e pentapartido, as flores do figo podem ser divididas em três tipos: as pistiladas (femininas) com estilo curto; as pistiladas (femininas) com estilo longo e as estaminadas (masculinas). As flores pistiladas de estilo curto apresentam um ovário globoso e um estilo, com cerca de 0,7 cm de comprimento, sendo apta à ovoposição da vespinha *Blastophaga psenes*. Já as flores de estilo longo, possuem um ovário elipsoide e o estilo com 1,75 mm de comprimento, não adaptado à ovoposição da vespinha. Ambas as flores pistiladas são férteis e, após a polinização, desenvolvem o fruto verdadeiro do figo.

De acordo com Pereira e Nachtigal (1999), a espécie *Ficus carica* é ginodioica, apresentando duas distintas formas de plantas: o caprifigo, também conhecido como figo selvagem ou baforeira, que é monóico; e o figo, que é dioico. A polinização da figueira é conhecida como caprificação e não ocorre no Brasil pela ausência do polinizador natural, a vespinha *Blatophaga psenes* L. (Família Agaonidae), porém nos cultivares de tipo comum,

não há necessidade de polinização para o desenvolvimento dos frutos, pois estes se desenvolvem por partenocarpia, apresentando sementes estéreis.

A caprificação, ou seja, fecundação das flores do figo pelo pólen transportado pela vespinha ocorre natural ou artificialmente. No segundo caso, há interferência do homem apenas na introdução de frutas com a vespa no pomar, realizando duas vezes em um intervalo de 8 a 10 dias. Em qualquer um dos casos, a vespa completa seu ciclo dentro do caprifigo e emerge a intervalos realizando a caprificação.

O figo, ao contrário do que aparenta, não é propriamente um fruto, mas uma infrutescência constituída de tecido parenquimoso. As flores encontram-se no interior do figo, o qual pomologicamente denominamos como sicônio. Para Pereira (1981), pode-se adotar a designação de fruta para as inflorescências da figueira. O figo pode ser definido como uma infrutescência em que as flores crescem justapostas, formando o interior de um receptáculo suculento, cuja única comunicação com o exterior é um pequeno orifício apical, denominado ostíolo. Em analogia aos frutos verdadeiros, a base alongada do receptáculo, que prende o figo ao ramo é chamada de pedúnculo.

Os aquênios são os verdadeiros frutos das figueiras, formados pelo desenvolvimento dos ovários e apresentam o embrião envolvido pelo endosperma e pelo tegumento. Os figos que não são polinizados, como no caso do Brasil, podem apresentar aquênios com ovário esclereificado, porém oco. A parte suculenta do figo consiste principalmente em tecido de parênquima dos órgãos florais, com células grandes que armazenam substâncias de reserva.

Geralmente os figos crescem de maneira solitária nas axilas das folhas, porém alguns cultivares podem apresentar dois figos em um mesmo nó. Dependendo do cultivar, do clima e de manejos da poda, a figueira pode produzir mais de uma colheita no ano. Os figos são de formato piriforme, com 5 a 8 cm de comprimento, esverdeados ou violáceo-amarronzados.

Existem quatro tipos pomológicos de figueira (*Ficus carica*) conforme características florais e hábitos de frutificação:

8.1 Caprifigo (*Ficus carica silvestres*)

São conhecidos como selvagens, não comestíveis, constituindo a única classe de figos que apresenta, quando maduros, estames fornecedores de pólen para as demais variedades. Apresentam flor com estilo curto, apropriadas à ovoposição e ao desenvolvimento da vespa *Blastophaga psenes*.

8.2 Smyrna (*Ficus carica smyrniaca*)

Apresentam flores de estilo longo, porém é indispensável à caprificação, pois sem este estímulo e sem a formação de sementes, as frutas da produção principal enrugam e caem ao atingirem cerca de 2 cm de diâmetro. Figos do tipo smyrna são mais doces, firmes e duráveis após a colheita do que os figos do tipo Comum, e são cultivados na Europa. Para seu cultivo é necessário o plantio de caprifigo também, para atuar como polinizador.

8.3 Comum (*Ficus carica violaceae* ou *Ficus carica hortensis*)

No Brasil, somente são cultivadas variedades do tipo comum, cujas flores são exclusivamente femininas. Os figos tipo comum se desenvolvem sem a polinização, de maneira partenocárpica e não há formação de sementes viáveis. O cultivar Roxo Valinhos predomina no Brasil.

8.4 (*Ficus carica intermedia*)

São figueiras intermediárias entre as do tipo smyrna e comum. Os figos têm apenas flores femininas, com estilo longo, mas enquanto as flores dos figos da primeira safra são partenocárpicas, as da segunda safra não se desenvolvem até a maturidade sem o estímulo da fecundação.

9. Efeitos de fatores ecológicos

A figueira, apesar de possuir uma origem em clima temperado, não é exigente em frio para a quebra da dormência de gemas, ou seja, para completar seu repouso hibernar (Pereira, 1981). Sua dormência é denominada ecodormência, visto que uma vez que cessadas as condições ambientais que induziram a paralisação do crescimento vegetativo, seja frio e/ou déficit hídrico, a planta volta a crescer e frutificar rapidamente.

De acordo com Simão (1971), a figueira tolera uma faixa de temperatura que vai de 25°C a 42°C, porém é possível observar que temperaturas maiores de 40°C, durante o período de amadurecimento, antecipam a maturação, alterando a consistência da casca dos frutos, que ficam duras e coriáceas. Temperaturas inferiores a 15°C retardam o crescimento vegetativo, sendo assim, é ideal que a planta esteja em seu repouso fisiológico durante épocas mais frias.

Em regiões de clima temperado, as geadas tardias, ocorridas no final do inverno e início da primavera, podem ser prejudiciais às plantas, sendo os ramos ainda herbáceos os mais afetados. Quando as geadas atingem os figueirais em estádios de repouso, as plantas resistem, porém em plantas novas podem causar sérias injúrias.

Para a quebra das gemas, a exigência em frio varia de 100 a 300 horas abaixo de 7,2°C, porém, apesar dessa necessidade de baixas temperaturas, há boa adaptação da figueira em regiões de clima quente, com vantagem de se produzir frutas durante o ano todo, através de manejos como irrigação e poda. Nas regiões mais quentes, as safras são maiores e os figos são geralmente mais doces.

A figueira é bastante sensível à falta de umidade no solo, principalmente no período de frutificação, o que está relacionado ao seu sistema radicular superficial. A cultura exige, no período vegetativo, chuvas frequentes e bem distribuídas, sendo adequadas precipitações em torno de 1200 mm anuais e um período de seca que coincida com o inverno, pois a planta ficará em repouso. Uma estiagem intensa durante a época de crescimento pode causar a queda total de folhas, devido à reação da figueira ao déficit hídrico ocasionar abscisão foliar, à medida que as folhas se encarquilham, amarelecem e caem, ocasionando perdas de produção e na qualidade dos frutos. Períodos de chuva prolongados durante o verão podem também ser prejudiciais na disseminação de doenças na cultura.

Ventos fortes geralmente causam danos mecânicos aos frutos devido às batidas das folhas, sendo recomendada a instalação de quebra ventos. A instalação de pomares em ambientes altamente iluminados, auxilia no crescimento das plantas e produção de frutas com maior qualidade quanto à coloração e forma dos frutos.

Referências

- ALVARENGA, A.A. et al. Figo (*Ficus carica* L.). In: PAULA JUNIOR, T.J.; VENZON, M. (Coord.). **101 culturas: manual de tecnologias agrícolas**. Belo Horizonte: EPAMIG, 2007. p. 375-381.
- ARAÚJO, J.P.C. et al. Propagação da figueira por estaquia tratada com AIB. **Bioscience Journal**, v. 21, n. 2, p. 59-63, 2005.
- BOLIANI, A.C.; CORRÊA, L.S. **Cultura da figueira do plantio à comercialização**. Ilha Solteira: FUNEP, 1999.
- BRUM, G.R. **Micropropagação da figueira (*Ficus carica* L.) “Roxo de Valinhos”**. Lavras, 2001. 41 p.
- CHALFUN, N.N.J.; HOFFMANN, A. Propagação da figueira. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 18, n. 188, p. 9-13, 1997.
- FACHINELLO, J.C. et al. **Propagação de plantas frutíferas de clima temperado**. Pelotas: UFPel, 1995. 178 p.

GONÇALVES, FC. **Formas de acondicionamento a frio de estacas e mudas de figueira (*Ficus carica* L.)**. Lavras, 2002. 84 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. SIDRA: **Sistema de Recuperação Automática**. 2018. Disponível em: <<http://www.ibge/sidra.org.br>>. Acesso em: 24 mar. 2020.

MAIORANO, J.A. et al. Botânica e caracterização de cultivares da figueira. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 18, n. 188, p. 22-24, 1997.

PENTEADO, S.R. O cultivo da figueira no Brasil e no mundo. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE A CULTURA DA FIGUEIRA, 1999, Ilha Solteira. **Anais...** Ilha Solteira: FUNEP, 1999. p. 1-16.

PEREIRA, F.M. **Cultura da figueira**. Piracicaba: Livro Ceres, 1981. 73 p.

PIO, R. et al. Propagação de estacas apicais de figueira: diferentes ambientes, ácido indolbutírico e tipo de estaca. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 30, p. 1021-1026, 2006.

RIGITANO, O. **A figueira cultivada no Estado de São Paulo**. 1955. 59 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1955.

SIMÃO, S. **Tratado de fruticultura**. Piracicaba: FEALQ, 1998. 760 p.

YOKOTA, D.H. et al. Enraizamento adventício de figueira (*Ficus carica* L.) com diferentes diâmetros e comprimentos, em recipientes com distintos substratos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 17., 2002. **Anais...**

FRAMBOESA



FRAMBOESA (*Rubus* spp.)

Marina Viana Queiroz

1. Origem e características

A framboesa é um arbusto pertencente à família das Rosaceae, gênero *Rubus* e suas espécies mais conhecidas são: *Rubus idaeus* (framboesa vermelha), *R. neglactus* (framboesa púrpura) e *R. occidentalis* (framboesa preta ou *black cap*, sendo que as duas últimas possuem maior valor econômico no mercado norte-americano. Possui dois centros de origem um no leste da Ásia com 195 espécies e outro na América do Norte, incluindo as seguintes espécies: framboesa europeia (*R. idaeus* L.) var. *vulgatus*, framboesa americana (*R. occidentalis* L.), framboesa vermelha americana (*R. idaeus* L.) var. *strigosus*.

As variedades não remontantes, não reflorescentes ou produtoras de verão, apresentam hábito bianual, crescendo apenas vegetativamente em um ano e frutificando uma única vez no ano seguinte entre a primavera e o verão. A haste frutífera produz e morre, enquanto outra

haste vegetativa está terminando o seu crescimento para produzir no próximo ano. São plantas com alta necessidade de frio, exigindo por volta de 600 a 800 horas de temperatura abaixo ou igual a 7,2°C, e por isso possui dificuldade de cultivo nas condições climáticas brasileiras.

As variedades remontantes, reflorescentes ou produtoras de outono possuem um comportamento diferente. As hastes novas que emergem da base da planta na primavera crescem durante o verão e as gemas da porção apical da haste já produzem uma colheita no outono. Ou seja, os brotos vegetativos frutificam e fornecem a primeira colheita na parte apical da planta, enquanto as gemas axilares subapicais recebem o frio do inverno do mesmo ano e brotam, chegando a produzir uma segunda colheita no verão do próximo ano. É o grupo mais cultivado no Brasil, pois possuem uma menor exigência em frio que é suprida por 250 horas de temperaturas abaixo de 7,2°C. É comum a aplicação de cianamida hidrogenada para quebra de dormência das gemas, caso não se atinja o número necessário de horas de frio.

No caso do Brasil, não se dispõe de muitas opções de cultivares devido à falta de testes nas condições climáticas do país. Os mais populares são ‘Heritage’ e ‘Autumn Bliss’, cultivares mais plantados no Rio Grande do Sul, com destaque para a primeira, que possui a maior área cultivada do país. No sul de Minas Gerais também se cultiva o ‘Batum’. Há ainda opções de framboesas no grupo dos frutos de cor amarela, como o cultivar Golden Bliss que é plantado nos arredores da Serra da Mantiqueira e possui alta aceitabilidade.

2. Propagação

Não se recomenda a propagação por sementes, uma vez que a germinação é desuniforme e demorada, além do vigor e desempenho produtivo das plantas irá variar de semente para semente. Pode ser propagada a partir de rebentos, estacas caulinares ou estacas radiculares, também vêm sendo utilizado o processo de micropropagação como alternativa. A produção a partir de mudas por rebentos não é a primeira opção recomendada, é utilizada somente quando as plantas estão adultas e os rebentos são emitidos afastados da linha de plantio. Os rebentos próximos à linha de plantio devem ser conservados para reformar a estrutura produtiva das plantas após a poda de inverno.

As estacas caulinares devem ser coletadas em ramos maiores do que 50 cm de comprimento e serem retiradas da porção mediana desses ramos, possuindo dez centímetros de comprimento e, pelo menos, sete milímetros de diâmetro. As estacas radiculares constituem a melhor opção de propagação, uma vez que as estacas caulinares não emitem raízes facilmente. As estacas radiculares devem ter, no mínimo, sete milímetros de diâmetro e

são retiradas de rebentos afastados da planta matriz, quando o solo está úmido. Não há necessidade de usar fitorreguladores.

A micropropagação é um método baseado na cultura de tecido vegetal *in vitro* para multiplicação da planta. Nele cópias idênticas de uma planta são produzidas tendo como ponto de origem uma célula vegetal somática ou um fragmento de tecido vegetal (explante). Algumas etapas são essenciais para a geração da muda: sanitização da planta mãe para remoção de doenças e pragas; coleta do explante; indexação; desinfecção dos explantes; remoção de meristemas; crescimento e estabilização *in vitro*; multiplicação; enraizamento; transplântio para ambiente protegido e aclimação. Essa técnica é empregada com sucesso em diversas espécies perenes, principalmente as frutíferas, uma vez que permite a produção de muitas mudas sadias a partir de pouco material genético, em reduzido espaço de dias e em ambientes menores.

3. Desenvolvimento das raízes

É uma planta perene, devido ao seu sistema radicular fasciculado, que se desenvolve nos primeiros 25-50 cm de solo, sendo que 70 a 90% das raízes se concentram na faixa de 25-30 cm de solo e somente até 10% podem se aprofundar, se encontrarem um substrato suficientemente solto, entre 75 cm e 180 cm (Figura 1).

4. Desenvolvimento do caule

É considerada uma fruteira de clima temperado e possui acúleos em seu caule, que variam em densidade, forma e tamanho, de acordo com o cultivar. Pode ser produtiva por 10 a 20 anos, a depender das condições climáticas de onde foi plantada. Possui hábito de crescimento decumbente e produz frutos em hastes primárias, em inflorescência terminal (Figura 1).

Em seu primeiro ano, as hastes crescem eretas sem ramificações até atingir 1,5 a 2 metros, a partir do segundo ano as hastes emitem ramos laterais arqueando e ramificando. Devem ser deixadas 24 a 36 hastes por metro quadrado, de modo a facilitar a colheita e permitir um bom controle fitossanitário. Além disso, hastes que sejam muito finas, com menos de 0,6 cm de diâmetro, devem ser removidas. As podas devem ser realizadas somente após a passagem das temperaturas mais baixas e possuem os seguintes propósitos: a) eliminação dos ramos que frutificaram; b) eliminação das hastes em excesso (desbaste de hastes); c) retirada de hastes doentes e d) diminuição da altura das hastes (desponte das hastes).

Em climas amenos, sob baixas temperaturas de inverno de -7 a -12 °C, as hastes que produziram podem ser removidas o mais próximo possível do solo no final do outono ou início da primavera. As plantas não devem ser podadas logo após a colheita, uma vez que é nesse período que os nutrientes e carboidratos irão ser direcionados das hastes senescentes para as raízes. Um atraso na remoção da haste, até o estabelecimento da dormência das plantas, resulta em um nível mais alto de sobrevivência no inverno e melhor crescimento das plantas. No entanto, se as hastes apresentarem algum dano ou doença, como a ferrugem amarela, elas devem ser removidas imediatamente após a colheita.

5. Desenvolvimento das folhas

As folhas são compostas e variam de acordo com o cultivar, mas normalmente as jovens são trifoliadas e as adultas são pentafofoliadas, além disso, são hipoestomáticas e não possuem tricomas. A sua cor é verde intenso na face adaxial e verde-acinzentado na abaxial; o limbo apresenta nervuras muito conspícuas, que tornam a sua superfície mais ou menos enrugada, sendo este outro caráter varietal distintivo (Figura 1).

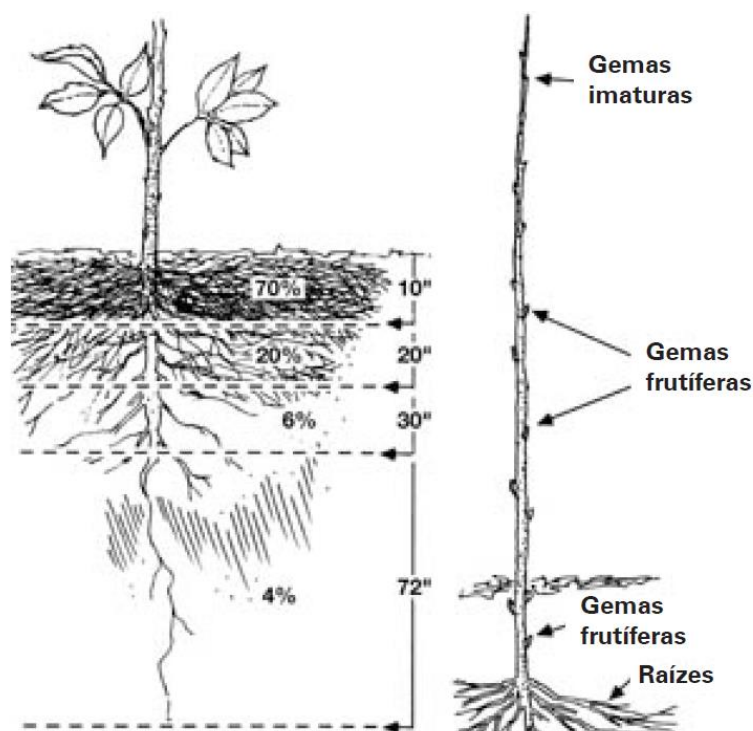


Figura 1. Distribuição das estruturas vegetativas e reprodutivas da planta de framboesa (Adaptado de Gao, 1996).

6. Condução

De acordo com o avanço do desenvolvimento das hastes há o crescimento das hastes com posterior formação da copa, justificando o uso de um sistema de condução. O mais utilizado e com melhor custo/benefício é o de espaldeira, pois facilita a colheita, a aplicação de agroquímicos, aumenta a luminosidade dentro do dossel e evita que as frutas entrem em contato com o solo. Esse sistema possui três tipos de arranjos diferentes: a espaldeira simples, espaldeira em “V” e espaldeira em “T”. A condução em forma latada não é ideal, uma vez que a framboeseira tem hábito de crescimento próximo às plantas rasteiras, com constante renovação da copa e só frutifica nos ápices dos ramos.

No espaldeira simples as plantas são presas em um arame na altura de 0,90 a 1,20 m do solo (Figura 2). Os mourões devem ser colocados distanciados a cada 6 a 9 m. As hastes devem ser presas no fim do inverno ou início da primavera. É fácil de construir e não requer grandes investimentos, no entanto, a entrada de luz na linha é pequena, o que leva ao aparecimento de brotações na entrelinha.

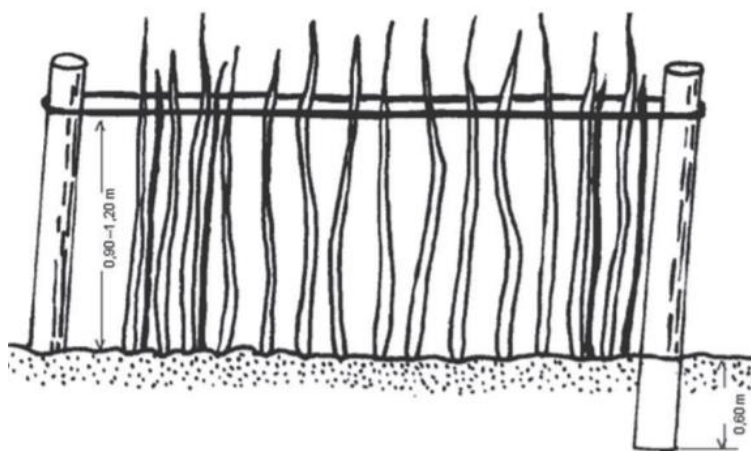


Figura 2. Sistema de condução espaldeira simples (Adaptado de Tezzoto-Uliana, 2013).

No espaldeira em “V” o arame é amarrado em três mourões, sendo dois alinhados à frente do terceiro e colocados em ângulos de 20 a 30° da margem do solo, o que forma um “V” (Figura 3). As vantagens são: minimiza a competição por luz, facilita os tratos culturais e aumenta a produtividade. A única desvantagem é seu preço mais elevado.

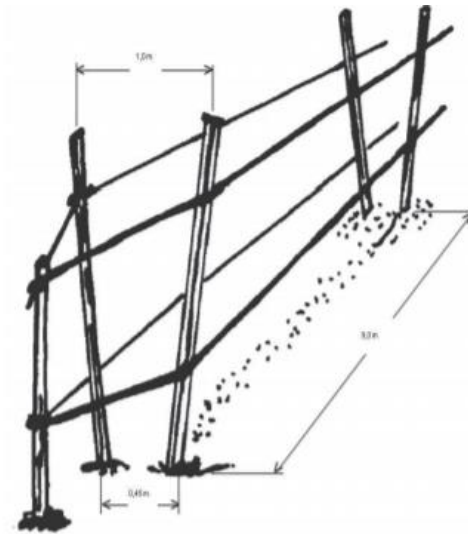


Figura 3. Sistema de condução espaldeira em “V” (Adaptado de Tezzoto-Uliana, 2013).

A espaldeira em T é o sistema mais utilizado. Nele, estacas de 0,75 a 1 m de comprimento são colocadas nos mourões e o arame é passado ao seu redor (Figura 4). Os mourões também devem estar distanciados a cada 6 a 9 m. As hastes podem ser presas ao arame ou simplesmente ficarem apoiadas.

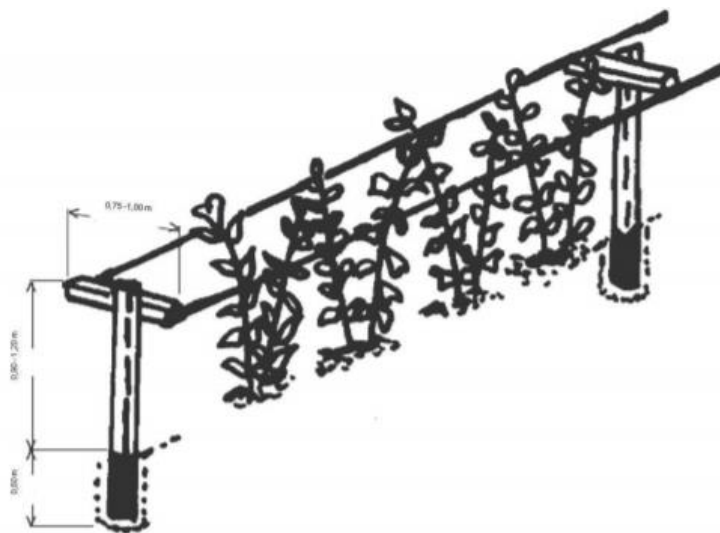


Figura 4. Sistema de condução espaldeira em “T” (Adaptado de Tezzoto-Uliana, 2013).

7. Relações hídricas

A transpiração pode ser um fator importante da perda de qualidade em ambientes com alta temperatura e baixa umidade relativa do ar. Por isso, as framboesas devem ser colhidas nas horas mais frescas do dia e colocadas diretamente na sua embalagem de transporte. Após

a colheita, o calor de campo deve ser removido, forçando a circulação de ar frio entre as embalagens, caso os frutos não sejam comercializados no mesmo dia, devem ser armazenados por no máximo 5 dias, a 0 a 5°C com 90-95 % de umidade relativa. Sendo as framboesas produtos muito perecíveis, a logística de distribuição tem um papel muito importante no adequado fluxograma dos frutos, desde os locais de produção até a mesa do consumidor ou na indústria de processamento.

Normalmente, na irrigação por gotejamento aplica-se água em uma superfície limitada e concentrada na zona absorviva da raiz, para que a quantidade de água aplicada seja muito menor do que na irrigação por aspersão. Portanto, o custo é menor para água, fertilizantes, mão-de-obra e equipamentos agrícolas (trator e espalhador de fertilizantes) em comparação com os sistemas convencionais. Por ser uma fruta de alto valor agregado e muito sensível, a maioria dos cultivos de framboesa possuem um alto nível tecnológico e dificilmente as plantas são conduzidas sem um sistema de irrigação e possuem, no mínimo, uma cobertura em túnel alto, uma vez que elas são extremamente susceptíveis à ferrugem e não se desenvolvem bem sem a cobertura de plástico. Em países do hemisfério norte, que possuem maior tradição nesse cultivo, é rotina a utilização de estufas e ambientes protegidos devido à ocorrência de nevascas.

A fertirrigação por um sistema de gotejamento tem se mostrado uma alternativa para aplicação da adubação recomendada para framboesas, desde que sejam cultivadas em vasos preenchidos com substratos inertes quimicamente. Muitos estudos indicam que a irrigação por gotejamento, especialmente quando a água é aplicada apenas na zona da raiz e não nos intermediários da linha, pode reduzir a quantidade de água necessária por hectare em 50%. A quantidade de N também pode ser reduzida até 50% quando aplicado diretamente a 50% da zona raiz, principalmente quando a aplicação de N é parcelada ao longo do tempo, de modo que pouco é lixiviado em comparação com a aplicação seca do fertilizante.

8. Nutrição mineral

Como praticado em toda implantação de pomar, o preparo do solo deve ser feito pelo menos 6 meses antes do transplante, o pH ideal é entre 5,5 a 6,0. Na maioria dos casos, a análise básica do solo, com valores de fósforo, potássio, cálcio e magnésio, além de um teste para o conteúdo de matéria orgânica, fornecerá informações suficientes para prosseguir com o plantio. É importante saber o teor de argila, silte e areia do solo, e consequentemente sua textura, uma vez que isso influenciará na maior ou menor disponibilidade do fósforo impactando diretamente na adubação (Tabelas 1 e 2). Além disso, a proporção desses

componentes também afeta a capacidade de drenagem e armazenamento de água, uma vez que a framboesa não tolera locais alagados e tampouco secas intensas. Conhecer o conteúdo de matéria orgânica é fundamental para determinar a quantidade de nitrogênio a se aplicar (Tabela 3).

O fornecimento de nutrientes influencia a produtividade, a qualidade e maturação dos frutos, além de contribuir para o vigor das plantas. A aplicação de fertilizantes deve ser feita de acordo com as necessidades da cultura, baseada em análises de solo e análises foliares rotineiras. Os registros dos anos anteriores, como o crescimento da haste e carga agrícola do ano em curso, são úteis para ajudar a definir a quantidade a ser aplicada, além disso, deve-se levar em conta a porcentagem que é naturalmente perdida por lixiviação. Em culturas perenes, as análises foliares são mais úteis na gestão da fertilização do ano seguinte uma vez que os fertilizantes aplicados poderão ter um efeito mínimo em curto prazo na produtividade do ano.

A eficiência de absorção de um nutriente é afetada pela idade da planta (profundidade e espessura da zona radicular), pela presença de cobertura na superfície, pela posição da planta na linha, pelo método de aplicação (adubos granulares, líquidos ou foliares), a quantidade e a data de aplicação. O gerenciamento de nutrientes em framboesas é desafiador, pois nos cultivares remontantes é possível encontrar pelo menos dois períodos fenológicos diferentes, vegetativo e reprodutivo, acontecendo ao mesmo tempo em uma única planta. Temos um acúmulo de nutrientes nas hastes maduras e raízes, necessidade de nutrientes para o desenvolvimento de flores e frutos, além das folhas senescentes e aquelas em pleno funcionamento fotossintético.

A adubação tratada aqui foi baseada no Manual de Adubação e Calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina (Comissão de Química e Fertilidade do Solo), seguindo as recomendações para a amoreira-preta, também pertencente à família *Rosaceae* e gênero *Rubus*. A amoreira-preta foi inserida no Brasil há mais tempo e por isso dispõe de um maior número de estudos uma vez que há uma carência de recomendações de adubação para a planta de framboesa nas condições de solo e clima brasileiro, principalmente para os estados de São Paulo e Minas Gerais.

A adubação de pré-plantio deve ser feita com antecedência, pois calcário, fósforo e potássio tendem a descer no perfil do solo muito lentamente. Portanto, aguardar para efetuar a aplicação de corretivos após o estabelecimento das plantas não é eficaz, uma vez que a incorporação não será mais uma opção. O calcário deve ser incorporado em área total. Após o plantio, é recomendável testar o solo regularmente, a cada dois anos, para monitoramento do pH.

A adubação de manutenção deve ser realizada antes da brotação e da floração com nitrogênio e potássio, uma vez que a frutífera não é tão exigente em fósforo, sendo que o nitrogênio é o elemento que provavelmente precisará ser aplicado todos os anos. A quantidade total de N pode ser fracionada em 2 a 4 vezes, dependendo da dose e do tipo de solo. Os fertilizantes potássicos e, quando necessários, fosfatados, podem ser aplicados em uma única vez em solos argilosos ou de textura média. Em solos arenosos, os adubos potássicos podem ser fracionados e aplicados juntamente com o adubo nitrogenado, nas mesmas épocas. Aplicar, anualmente, a lanço, 10 t/ha de cama de aves ou 30 t/ha de esterco bovino, o qual deve ser aplicado e incorporado superficialmente ao solo no final do inverno.

Tabela 1. Interpretação da concentração de fósforo no solo, extraído pelo método Mehlich-1, em função da porcentagem de argila e sua respectiva Classe (Adaptado de CQFS - RS/SC, 2016).

Classe de disponibilidade	Classe de teor de argila ^{1,2}			
	1	2	3	4
	mg dm ⁻³ de P			
Muito baixo	≤ 3,0	≤ 4,0	≤ 6,0	≤ 10,0
Baixo	3,1 - 6,0	4,1 - 8,0	6,1 - 12,0	10,1 - 20,0
Médio	6,1 - 9,0	8,1 - 12,0	12,1 - 18,0	20,1 - 30,0
Alto	9,1 - 12,0	12,1 - 24,0	18,1 - 36,0	30,1 - 60,0
Muito alto	>12,0	> 24,0	> 36,0	> 60,0

¹ Teores de argila: Classe 1 = > 60 %; classe 2 = 60 % a 41 %; classe 3 = 40 % a 21 %; classe 4 = ≤ 20 %.

² Caso a análise tenha sido feita pelo método Mehlich-3 transformar os valores da análise utilizando a equação $KM1 = KM3 \times 0,83$.

Tabela 2. Quantidade de fósforo (P₂O₅) e potássio (K₂O), em kg/ha, recomendadas em pré-plantio e manutenção, em g/planta/ano, em função das concentrações de P e K disponíveis no solo (Adaptado de CQFS - RS/SC, 2016).

Interpretação do teor de P e K no solo	Pré-plantio		Manutenção	
	Fósforo	Potássio	Fósforo	Potássio
Muito baixo	150	90	15	150
Baixo	100	75	10	90
Médio	50	60	10	60
Alto	25	30	5	30
Muito alto	0	0	0	0

Tabela 3. Quantidade de nitrogênio, em g/planta, a ser utilizado, para adubação de manutenção, em função do teor de matéria orgânica no solo (Adaptado de CQFS - RS/SC, 2016).

Teor de matéria orgânica no solo	Nitrogênio	
	Primavera	Pós-colheita
≤ 2,5	15	15
2,6-3,5	10	10
3,6-4,5	5	5
> 4,5	0	0

Na adubação de produção, deve-se aplicar na linha de plantio, no intervalo que vai desde a saída do período de dormência até o florescimento, de 50 a 100 kg/ha de nitrogênio (N), de 30 a 90 kg/ha de P₂O₅, de 75 a 125 kg/ha de K₂O e de 50 a 100 kg/ha de magnésio (Mg), divididos em três parcelas, entre os meses de setembro, outubro e novembro. Quanto aos micronutrientes, deve ser dada atenção ao fornecimento de boro, aplicado na pré-dormência, na dosagem de 15 g de bórax por metro linear.

9. Fotossíntese e respiração

Os efeitos da luz no crescimento da framboesa e nos processos fisiológicos da planta são profundos. A duração do fotoperíodo estimula mudanças fenológicas, atuando como o gatilho ambiental primário para a diferenciação de gemas. A luz é essencial para a fotossíntese, mas a intensidade da luz necessária para fotossíntese máxima em framboesas é baixa. Luz mais intensa em uma folha individual não aumenta fotossíntese, mas pode aumentar a temperatura da folha, permitindo assim a realização da fotossíntese em baixas temperaturas do ar. Essa é uma medida fotoprotetiva, pois um dos destinos para dissipar o excesso de luz absorvido pela folha é a produção de calor, de forma a evitar o dano nos fotossistemas II e I. A produção de calor é conveniente, uma vez que o cultivo de framboesiras é realizado em regiões com frio hibernal e a fotossíntese necessita de uma temperatura mínima para ser realizada com sucesso.

A redução da incidência de luz, de forma a evitar o *quenching* não fotoquímico, pode aumentar o crescimento quando as temperaturas estão mais altas, além disso, o uso de filme plástico branco ou ultravioleta (UV) como cobertura, absorvendo ou refletindo a luz, em regiões subtropicais ou tropicais, tem um potencial considerável para melhorar o rendimento de framboesas. Aparentemente, diminuir a temperatura da folha para atingir a condição ideal para realização da fotossíntese, possibilita alcançar aumentos significativos no crescimento,

floração e frutificação. Em framboesas, a fotossíntese é mais ativa em temperaturas entre 17-21°C; abaixo de 12°C há uma restrição de crescimento e acima de 25°C temos também a sua redução significativa, com limitação do crescimento. A temperatura ótima gira em torno de 18°C.

A luz também endurece e engrossa a superfície da folha e a epiderme do caule, além de ser necessária para o amadurecimento das gemas axilares. Sob condição de pouca luz e, mesmo em baixas temperaturas, os brotos axilares podem crescer ativamente e produzir rebentos estiolados isentos de clorofila. O excesso de calor pode levar a queimaduras de frutos em contato direto com a luz solar e escaldadura em frutos mais internos do dossel, além disso, a firmeza e a adesão entre drupeletes é reduzida com o aumento de temperatura. A colheita sob altas temperaturas também diminui a vida de prateleira das framboesas frescas.

O crescimento da haste é vertical ou ascendente na presença de luz circundante. No entanto, quando uma fileira de framboesas está sombreada de um lado, o crescimento é frequentemente inclinado em direção à luz e todas as plantas se inclinam nessa direção. A luz também afeta o crescimento de gemas em hastes agrupadas em feixes e frequentemente essas gemas não são capazes de quebrar a dormência e crescer. Os botões que crescem, necessitam de luz e espaço longe dos brotos concorrentes. Esse fator precisa ser levado em consideração quando as framboesas são conduzidas em uma treliça em V.

As framboesas são conhecidas por sua elevada taxa respiratória, que acelera o consumo de suas reservas para manutenção do metabolismo primário, e também pelo alto conteúdo de água, que torna o fruto resistente a mudanças de temperaturas atmosféricas atribuindo-lhe estabilidade, porém fica susceptível à desidratação e consequente perda de firmeza (murchamento), a danos mecânicos e ao ataque de microrganismos patogênicos. Esses dois fatores característicos das framboesas são agravantes para a vida útil pós-colheita do fruto e consequente comercialização *in natura*.

A perda de firmeza é muito importante e condiciona a resistência ao transporte e também a opção de compra pelo consumidor. Essa variável é determinada pela estrutura dos polissacarídeos (substâncias pécticas), que variam de teor durante o amadurecimento da fruta. Os danos mecânicos, como golpes, batidas e feridas, em geral, aumentam a taxa respiratória e devem ser evitados.

A aplicação de baixas temperaturas para a conservação de framboesas é de fundamental importância para o prolongamento da vida útil pós-colheita dos pequenos frutos. Sua principal função é retardar alterações na textura e cor, mudanças metabólicas indesejáveis como transpiração, respiração e produção de etileno, perda de umidade (murchamento) e

deterioração causada por bactérias e fungos. O armazenamento é limitado pelo ataque de fungos, sendo os mais comuns o mofo-cinza (*Botrytis cinerea* Pers) e a podridão mole (*Rhizopus stolonifer* Ehrenb). A contaminação ocorre devido à abertura na cavidade do receptáculo floral da fruta após a colheita, o que facilita a contaminação por esses agentes.

10. Florescimento e frutificação

A inflorescência é do tipo cimeira, com crescimento limitado e, por definição, possui um eixo principal que termina em uma flor que floresce antes das outras. As outras flores aparecem sucessivamente em direção à base, em ráquis secundárias. O número de flores por inflorescência é muito variável. As gemas subapicais possuem baixa capacidade de brotação e florescimento após o término do período de dormência, e como alternativa a essa limitação, a poda drástica de inverno rente ao solo seria capaz de proporcionar incrementos produtivos.

As flores possuem pétalas pequenas e brancas, multipistiladas com carpelos individualizados. Por possuir carpelos individuais, ao amadurecer originam um conjunto de frutículos isolados, chamados de minidrupas ou drupelets, que são arranjados em torno de uma cavidade central. Essa cavidade contribui para a alta sensibilidade do fruto a danos mecânicos e quanto menor a coesão entre esses drupelets maior a fragilidade do fruto. As abelhas são responsáveis pela maior parte da polinização e as sementes são pequenas, com massa média de um miligrama, e representam 4 a 5 % da massa total de uma baga.

O fruto é resultado do desenvolvimento de mais de um ovário de uma única flor aderente a um receptáculo comum e possui uma média de 51 a 80 drupelets, que varia de acordo com o cultivar e também com as características nutricionais da planta e ambientais (térmicas) que influenciam na capacidade de germinação do pólen. Possui padrão de crescimento sigmoidal simples, com 3 períodos distintos: o primeiro com um acúmulo lento de massa (até o 14º dia), o segundo é composto por um crescimento mais rápido (15º ao 30º dia) e o terceiro com uma desaceleração do crescimento (30º dia até o final do seu desenvolvimento). A divisão e expansão celular ocorrem simultaneamente, uma vez que o período de desenvolvimento da framboesa é curto.

No Brasil, a safra da framboesa ocorre entre os meses de novembro a março, recomenda-se que no momento da colheita mais de 50 % da superfície da baga esteja colorida, além de possuir no mínimo 7 % do teor de sólidos solúveis e/ou um máximo de 0,8 % de acidez titulável. Os cultivares possuem diferentes colorações do fruto, que vão do amarelo ao negro, e hábito de frutificação, o que permite classificar as framboesas como não remontantes ou não reflorescentes e remontantes ou reflorescentes.

A primeira produção ocorre um ano e meio após o transplante e somente após atingir o número mínimo de horas de frio adequada para cada cultivar. Há três fases no processo de formação das flores: indução floral, diferenciação floral e floração. A indução floral varia para cada cultivar e acontece quando o meristema atinge um determinado estado de maturidade fisiológica. As outras duas fases se iniciam com o alargamento e achatamento do meristema e se encerram com a formação de primórdios de peças florais que irão direcionar, finalmente, para a formação final do botão floral. A regulação hormonal envolvida na indução floral ainda não é bem conhecida, mas especula-se que a resposta das plantas aos fatores ambientais se devam a produção endógena de hormônios vegetais, assim como a idade da planta também influencia no grau de resposta às condições ambientais.

O fruto é considerado não climatérico e somente deve ser colhido ao atingir a maturidade fisiológica, uma vez que não possui a capacidade de continuar o seu desenvolvimento após ser destacado da planta mãe. O índice de maturação fisiológica mais utilizada em framboesas é a mudança da cor superficial da fruta. Também pode ser incluído o teor de sólidos solúveis e a acidez titulável. Os índices de qualidade são as características do fruto exigidas na comercialização e valorizadas pelo consumidor e os principais são aparência (cor, tamanho, forma e ausência de defeitos), firmeza, sabor (sólidos solúveis, acidez titulável e compostos voláteis) e valor nutricional (vitaminas A e C).

Dentre os pequenos frutos, chamados de berries, as framboesas lideram o ranking de propriedades nutraceuticas, possuindo um alto poder antioxidante, devido às antocianinas e fitoquímicos como o β -caroteno e ácidos elágicos, cumárico e ferúlico. É rica em vitamina C e compostos fenólicos, dentre esses os flavonoides se destacam e são capazes de trazer inúmeros benefícios para a saúde humana retardando o envelhecimento e suas doenças relacionadas.

Referências

CHITARRA, M.F.I.; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed. Lavras: ESAL, FAEPE, 2005. 785 p.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO. **Manual de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo; UFRGS, 2016. 375 p.

FERNANDEZ, G.; PRITTS, M. Growth, carbon acquisition, and source-sink relationships in 'Titan Red' raspberry. **HortScience**, v. 4, n. 29, p. 248, 1994.

FERNANDEZ, G.E. et al. **Growing raspberries in North Carolina**. Raleigh: North Carolina State University, 2006. 12 p.

FLORES CANTILLANO, R.F. et al. **Avaliação de qualidade pós-colheita e armazenamento refrigerado em cultivares de framboesa**. Pelotas: EMBRAPA Clima Temperado, 2018. 24 p. (Documentos, 294).

FUNT, R.C.; HALL, H.K. **Raspberries**. Wallingford: CABI, 2013. v. 23, p. 55-72.

GAO, G. **Brambles**: production, management, and marketing. Columbus: Ohio State University Extension, 1999. 92 p.

MARO, L.A.C. **Fenologia das plantas, qualidade pós-colheita e conservação de framboesas**. 2011. 137 p. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Universidade Federal de Lavras, 2011.

PIO, R. Cultivo da framboeseira. In: PIO, R. **Cultivo de fruteiras de clima temperado em regiões subtropicais e tropicais**. Lavras: Ed. UFLA, 2014. p. 222-248.

RASEIRA, M.C.B. et al. **Aspectos técnicos da cultura do framboeseira**. Pelotas: EMBRAPA Clima Temperado, 2004. 22 p. (Documentos, 120).

ROZANE, D.E.; BRUNETTO, G.; NATALE, W. **Manejo da fertilidade do solo em pomares de frutíferas**. Piracicaba: POTAFOS, 2017. 14 p. (Informações Agronômicas, 160).

RUFATO, A.D.R.; ANTUNES, L.E.C. **Técnicas de produção de framboesa e mirtilo**. Pelotas: EMBRAPA Clima Temperado, 2016.

STRIK, B.C.; BRYLA, D.R. Uptake and partitioning of nutrients in blackberry and raspberry and evaluating plant nutrient status for accurate assessment of fertilizer requirements. **HortTechnology**, v. 25, n. 4, p. 452-459, 2015.

TEZOTTO-ULIANA, J.V.; KLUGE, R.A. **Framboesa**: cultura alternativa para pequenas propriedades rurais em regiões subtropicais. Piracicaba: ESALQ, Divisão de Biblioteca, 2013. 33 p. (Série Produtor Rural, 55).

JABUTICABEIRA



JABUTICABEIRA (*Plinia* sp.)

Ricardo Bordignon Medina

1. Origem e distribuição geográfica

A jabuticabeira é originária do Brasil, sendo mais comum em Minas Gerais, São Paulo, Espírito Santo, Rio de Janeiro e Paraná, mas também é encontrada na Bahia, Pernambuco, Paraíba, Pará, Ceará, Santa Catarina, Rio Grande do Sul, Goiás e Mato Grosso. Também surge no Paraguai, Uruguai e Argentina (Borges; Mello, s/d).

2. Classificação botânica

As jabuticabeiras formam um conjunto de nove espécies pertencentes à família Myrtaceae, sendo sua classificação taxonômica confusa em relação ao gênero e espécies (Landrum; Kawasaki, 1997). Anteriormente classificada como pertencente ao gênero *Myrciaria* (Berg, 1857), uma alteração de nomenclatura proposta por Sobral (1985), e utilizada por Mattos (1998), para reclassificar as espécies de jabuticabeira passou-se a denominar o gênero como sendo *Plinia* (Mattos, 1983; Sobral, 1985), muito embora o gênero *Myrciaria* ainda seja grandemente empregado no meio científico, na classificação botânica de jabuticabeiras e pode ser considerado como sinonímia. As espécies mais conhecidas de jabuticabeiras são: *Plinia cauliflora* (D.C.) O. Berg. e *Plinia jaboticaba* (Vell.) O. Berg.

3. Morfologia e anatomia

Plinia cauliflora é a espécie conhecida no Estado de São Paulo como jabuticaba ‘Paulista’ ou ‘Açu’ apresentando grande porte, alta capacidade de produção, frutos graúdos contendo de uma a quatro sementes e maturação tardia. A *Plinia jaboticaba*, conhecida como jabuticaba ‘Sabará’, é a mais apreciada e cultivada em todo o país, cuja distribuição concentra-se no centro sul do Brasil. É uma árvore semidecídua de 3 a 15 metros de altura com tronco nodoso, reto, cilíndrico, de cor pardo-escuro uniforme, tendo 40 cm de diâmetro e altura do peito (D.A.P.) e casca lisa, com renovação do ritidoma a cada estação de crescimento e florescimento (Borges; Mello, s/d; Joly, 2002). Seus ramos são finos e cilíndricos, sendo os ramos terminais e novos, achatados. As folhas são opostas, inteiras e lanceoladas com ápice agudo acuminado e base obtusa. Seu limbo é membranáceo, de 2,4 a 4,3 cm e com nervura principal pubescente na face inferior. O pecíolo é curto, de 1,5 a 2,0 mm de comprimento. Possui epiderme glabra, hipostomática, com glândulas, presença de parênquima paliádico e lacunoso (esponjoso) e é descrita como tendo transpiração cuticular baixa (Borges; Mello, s/d; Lorenzi et al., 2006). As flores são reunidas em fascículos sobre o caule e ramos desfolhados mais velhos, com pedicelos com cerca de 1 mm de comprimento, protegidos por quatro séries de brácteas ciliadas. Cálice com lobos ovado-oblongos, agudos ou obtusos, ciliolados, separados entre si, com 1,5 mm de comprimento. Pétalas brancas largamente oblongas de 2,5 - 3 mm de comprimento. Ovário bicarpelar, ínfero e glabro; estilete com cerca de 6 mm de comprimento; estigma peltado (Borges; Mello, s/d; Mattos, 1983; Pereira, 2003). O florescimento, normalmente ocorre na primavera-verão e a flor dura 48 horas (Gentil; Minami, 2005).

4. Biologia reprodutiva, florescimento e frutificação

A jabuticaba ‘Sabará’ é autocompatível, muito embora sua frutificação seja aumentada por agentes polinizadores (Danner et al., 2011). A porcentagem de frutificação é de 15 a 18% (Malerbo et al., 1991). O período entre o florescimento e a colheita é de aproximadamente 30 dias, sendo variável de acordo com a temperatura no período. O tempo entre o final do florescimento e a colheita no Equador foi relatado por Donadio (2000) como sendo entre 26 a 30 dias, enquanto Balerdi, Rafie e Crane (2006) encontraram um período de 20 a 30 dias na Flórida. No Brasil, Manica (2000) relata um período de 25 a 35 dias, em média, sendo que Magalhães (1991) obteve o desenvolvimento pleno do fruto, 60 dias após a antese nos meses mais frios, de junho e julho.

O desenvolvimento dos frutos inicia-se de forma lenta até o décimo segundo dia, quando passam de 2 para 4 gramas em apenas 8 dias. Posteriormente, continuam seu desenvolvimento até atingir cerca de 5 gramas, aos 30 dias após o florescimento (Donadio, 2000). Os frutos de 1,6 a 2,2 cm de diâmetro são bagas globosas, negras e lisas, com polpa succulenta e esbranquiçada possuindo de 1 a 4 sementes (Lorenzi et al., 2006; Donadio, 2000). Os frutos da jabuticaba ‘Sabará’ apresentam casca fina, são mais doces e de tamanho menor quando comparados aos frutos de jabuticaba ‘Paulista’ (Lorenzi et al., 2006). Estes possuem uma taxa de crescimento de 0,403 - 0,417 mm por dia, independentemente da posição (quadrante) em que se encontram na planta, como relatado por Coletti (2012).

O fruto da jabuticabeira é classificado como não climatérico, devendo ser colhido maduro (Daiuto et al., 2009), sendo a mudança de cor na casca um indicativo do ponto de colheita (Magalhães, 1991). As plantas são normalmente muito produtivas e, não havendo deficiência hídrica, podem proporcionar de duas a quatro colheitas por ano (Mattos, 1983). Segundo Donadio (2000), ramos mais grossos possuem maior ocorrência de flores e frutos.

5. Consumo e propriedades nutracêuticas

O consumo deste fruto é associado a suas características organolépticas, por ser nutritivo, succulento e sua polpa apresentar sabor adocicado e com baixa acidez (Magalhães, 1991), sendo muito apreciado *in natura* além de ser empregado, principalmente de forma artesanal, na confecção de licores, geleias, compotas e caldas (Kanesiro, 2002). A polpa da jabuticaba é rica em zinco, manganês, magnésio e potássio, de acordo com a Tabela 1 (EMBRAPA Florestas, 2015). O zinco é de suma importância para o funcionamento de células cerebrais, bem como, rins, fígado, próstata, retina, músculo, ossos e cabelo, além de auxiliar a defesa imunológica e cicatrização. O manganês está associado ao metabolismo de

açúcares e gorduras, formação de ossos e cartilagens, crescimento e reprodução dos animais. O magnésio tem ação no metabolismo de proteínas e carboidratos, produção de hormônios, crescimento de ossos e contração muscular. Já o potássio tem função no relaxamento muscular, além de ser o responsável pela regulação osmótica (balanço e distribuição de água) do organismo (EMBRAPA Florestas, 2015). Além disso, sua casca é rica em compostos fenólicos como antocianinas (Cavalcanti et al., 2011; Danner et al., 2011; São José et al., 2012; Santos et al., 2013), o que contribui com sua capacidade antioxidante, sendo capaz de combater radicais livres associados a doenças como câncer, mal de Alzheimer, Parkinson, catarata (Moraes; Colla, 2006; Severo et al., 2008; EMBRAPA Florestas, 2015). Outro componente benéfico presente na casca é a pectina, fibra solúvel que auxilia no controle do colesterol, reduz a absorção de gorduras pelo intestino, além de auxiliar na desintoxicação de metais pesados do organismo.

Tabela 1. Composição de jabuticaba por 100 gramas de parte comestível (Adaptado de TACO-Tabela Brasileira de Composição de Alimentos).

		% VD*
Valor energético	58.1kcal = 244kj	3%
Carboidratos	15,3g	5%
Proteínas	0,6g	1%
Fibra alimentar	2,3g	9%
Cálcio	8,4mg	1%
Vitamina C	16,2mg	36%
Fósforo	14,6mg	2%
Manganês	0,3mg	13%
Magnésio	17,8mg	7%
Lipídios	0,1g	-
Ferro	0,1mg	1%
Potássio	129,7mg	-
Cobre	0,1ug	0%
Zinco	0,3mg	4%
Tiamina B1	0,1mg	7%

* % Valores diários com base em uma dieta de 2.000 Kcal ou 8.400kj. Seus valores diários podem ser maiores ou menores, dependendo de suas necessidades.

6. Comercialização

Apesar de muito popular em todo o país, a jabuticaba tem valor comercial muito baixo. Um dos maiores problemas na comercialização destas frutas é que as jabuticabas são muito perecíveis, com vida útil pós-colheita de no máximo três dias (Boari Lima et al., 2008) limitando e muito sua comercialização para consumo *in natura*. Outros gargalos na comercialização desta fruta são a falta de matéria prima uniforme, baixo volume de comercialização, além da falta de informações sobre o processamento industrial (Kanesiro, 2002).

A comercialização da fruta *in natura* ocorre principalmente de agosto a novembro, podendo se estender até fevereiro e se iniciar precocemente em julho (Figura 1).



Figura 1. Sazonalidade de comercialização de jabuticabeiras no CEAGESP. Verde = forte; amarelo = médio; vermelho = fraco (Adaptado de Hortiescolha, CEAGESP, 2016).

7. Germinação e produção de mudas

Ainda hoje, o método mais utilizado de produção de mudas de jabuticabeiras é via semente obtendo-se, desse modo, mudas de pé franco, resultando em plantas que podem demorar de oito a quinze anos para entrar em produção (Mattos, 1983). Isto ocorre devido ao baixo sucesso com outros métodos de propagação, como estaquia e alporquia, onde ocorre pouca formação de raízes, mesmo com o uso de reguladores vegetais.

Classificadas como recalcitrantes, as sementes de jabuticabeira são sensíveis à dessecação e devem ser rapidamente semeadas, pois perdem poder germinativo em poucas semanas após sua remoção do fruto (Gentil; Minami, 2005). Se a umidade da semente ficar abaixo de 30%, ocorre perda do poder germinativo, sendo que em teores abaixo de 7,5% de umidade não ocorre germinação. A conservação das sementes de jabuticaba é viável por até seis meses, com 40% de poder germinativo, se forem mantidas no fruto e armazenadas a 12°C (Farrant; Pammenter; Berjak, 1988). Danner et al. (2011) prolongaram a viabilidade de sementes de jabuticaba com armazenamento a vácuo, obtendo 41% de germinação até 65 dias após sua remoção do fruto. Caso não seja possível o armazenamento a vácuo, as sementes de jabuticaba devem ser revestidas com biofilme à base de quitosana ou fécula de mandioca (Hössel et al., 2013).

A semeadura pode ser feita individualmente em saquinhos plásticos para mudas, ou alocando diversas sementes em uma bandeja contendo substrato e posteriormente realizar o transplante. Uma vez semeada, a germinação ocorre após 10 a 40 dias, dependendo das condições em que se encontram (Donadio, 2000) com poder germinativo de 80%, (Andersen, 1983). As sementes de maior tamanho (> 8 mm) proporcionam melhores índices de germinação e melhor desenvolvimento pós-germinativo do que sementes de menor tamanho (< 6 mm), de acordo com Wagner Júnior et al. (2011).

8. Propagação vegetativa

8.1 Estaquia

Os métodos de propagação em jabuticabeira ainda possuem baixo sucesso devido à dificuldade em se obter enraizamento de estacas, alporques, ou brotações em enxertos. Andersen e Gomes (1976), não obtiveram enraizamento de jabuticabeiras ‘Sabará’ utilizando as técnicas de alporquia e estaquia de ramos lenhosos, com aplicação de 2000 mg L⁻¹ de três diferentes auxinas (ácido indolilacetético (IAA), ácido indolbutírico (IBA) e ácido naftalenacético (NAA)). Em um experimento com estacas semilenhosas de *Plinia cauliflora*, tratadas com auxina e ácido bórico, Leonel et al. (1991) não obtiveram sucesso no enraizamento. Casagrande Junior et al. (2000) conseguiram apenas 2,6% de enraizamento de estacas herbáceas de *P. cauliflora*. Scarpore Filho et al. (1999) obtiveram enraizamento de 38% de estacas herbáceas de *P. jaboticaba* utilizando IBA na base da estaca. Duarte, Huete e Lüdders (1997) alcançaram 60% de enraizamento de estacas apicais herbáceas de *P. cauliflora*, tratadas com 1000 mg L⁻¹ de IBA. Scarpore et al. (2002) observaram até 35% de enraizamento de estacas herbáceas de *P. jaboticaba* utilizando 6000 mg L⁻¹ de IBA, sendo que este valor foi quase zero quando utilizaram estacas semilenhosas. Pereira et al. (2005) obtiveram 39,6% de enraizamento de estacas apicais herbáceas de *P. jaboticaba* em areia grossa.

Para a obtenção das estacadas herbáceas, pode-se realizar uma poda superficial na copa da matriz, de forma a quebrar a dominância apical, sendo que, esta copa pode ser também coberta de modo a se conseguir estacas com algum estiolamento, e obter, depois de certo tempo, um número significativo de estacas herbáceas. Essas estacas podem ser tratadas com uma auxina de enraizamento aplicada na base das mesmas anteriormente ao plantio no substrato.

Muitos são os fatores que podem influenciar no sucesso do enraizamento de estacas de uma determinada espécie, tais como o potencial genético, condições fisiológicas e nutricionais da planta-matriz, balanço entre os promotores de crescimento (auxinas, citocininas e giberelinas), presença de inibidores de enraizamento, tipo de estaca (herbáceas, semi-lenhosas e lenhosas), juventude das brotações, presença de gemas e/ou folhas, época de coleta e ambiente de enraizamento (substrato, nebulização, sombreamento, temperatura) (Smalley et al., 1991; Mesén; Newton; Leakey, 1997; Rieckermann et al., 1999; Hartmann et al., 2002).

A composição celular dos ramos pode ser um dos fatores anatômicos que influenciam o enraizamento das estacas. Espécies que possuem maior proporção de células do parênquima em relação a células do esclerênquima atingem maior percentual de enraizamento quando

comparadas a espécies que possuem maior proporção de esclerênquima, como observado por Amissah, Paolillo Jr. e Bassuk (2008) nas espécies *Quercus bicolor* e *Q. macrocarpa*, respectivamente.

Dentre os fitohormônios presentes nas plantas, as auxinas são associadas à rizogênese, e são produzidas predominantemente no meristema apical (Wightman; Schneider; Thimann, 1980). Já as citocininas são produzidas principalmente nas raízes, estimulando a iniciação de gemas caulinares (Pillary; Railton, 1983; Itai; Birnbaum, 1996). As diferenças na capacidade de biossíntese hormonal entre os sistemas caulinar e radicular da espécie, associadas ao transporte do ápice para a raiz das auxinas e o caminho inverso das citocininas, podem interferir no processo de enraizamento de estacas (Goldsmith, 1977; Van Staden; Davey, 1979). A disponibilidade da auxina endógena também é outro fator importante no enraizamento de estacas, sendo que, em sua forma conjugada, a auxina se torna inativa, não contribuindo para os processos fisiológicos e metabólicos de enraizamento, necessitando sofrer hidrólise para se tornar ativa (Normanly; Bartel, 1999). Em casos da hidrólise não acontecer ou ocorrer com dificuldade, a disponibilidade de auxina livre endógena pode diminuir, dificultando o enraizamento de estacas (Epstein et al., 1993). Normalmente, se utiliza a aplicação de auxina exógena visando reduzir a relação citocinina/auxina, para aumentar a porcentagem e a velocidade de enraizamento (Norberto, 1999; Wendling et al., 2000a). O ácido indolbutírico (IBA) é a auxina mais utilizada no enraizamento de estacas, podendo-se utilizar também o ácido indolilacético (IAA) e ácido naftalenacético (NAA). A concentração ótima para enraizamento, contudo, é variável entre espécies, ou mesmo entre cultivares de uma mesma espécie, e entre tipos de material a ser enraizado, podendo ter efeito inibitório no enraizamento quando em concentrações excessivas (Carpenter; Cornell, 1992). Desta forma, a fonte, concentração e tempo de exposição à auxina exógena devem ser específicos para cada espécie e tipo de estaca a ser enraizada, e a falta de estudos na literatura com jabuticabeiras dificulta a criação de um protocolo, o que leva ao baixo sucesso no enraizamento de estacas destas espécies.

Outro fitorregulador que pode interferir no enraizamento de estacas são as giberelinas que, em concentrações relativamente altas, inibem a formação de raiz, especialmente em combinação com aplicação de auxinas em concentrações também altas. (Kochba et al., 1974; Ribeiro et al., 2006). Dessa forma, para ocorrer o enraizamento é necessário que tenha um equilíbrio adequado entre auxinas, giberelinas e citocininas na estaca.

Outras substâncias também são importantes no sucesso do enraizamento. Os carboidratos são considerados cofatores no processo de enraizamento por fornecerem energia

e carbono para a iniciação da formação de raízes adventícias (Haissig, 1974; Torres, 2003). Diversos autores relacionaram um maior enraizamento das estacas que têm maiores concentrações de carboidratos não estruturais, embora a concentração ótima de carboidratos nos ramos a serem coletados para formação das estacas ainda não tenha sido definido (Veierskov; Andersen, 1976; Strömquist; Eliasson, 1979; Reuveni; Raviv, 1980; Champagnol, 1981).

A oxidação de compostos fenólicos que ocorre logo após o corte do ramo, no momento da coleta ou preparo das estacas, evidenciada pelo escurecimento dos tecidos no local do corte, pode ser outro fator que influencia negativamente o enraizamento das estacas de jabuticabeira. Quando oxidados, os compostos fenólicos produzem substâncias inibidoras de enraizamento, como relatado por Sato et al. (2001) em explantes *in vitro*.

8.2 Alporquia

A alporquia, também conhecida como mergulhia aérea, é outro método de multiplicação de plantas, onde o enraizamento ocorre com a estaca ainda ligada à planta-matriz. O desenvolvimento das raízes é auxiliado por biorreguladores e pelo anelamento do ramo, que faz com que carboidratos, hormônios e outras substâncias produzidas pelas folhas e gemas e que são translocadas pelo floema, se acumulem na região anelada. O xilema, por se localizar na região mais interna do ramo, não é removido no anelamento e continua fornecendo água e sais minerais para os processos metabólicos do ramo (Siqueira, 1998). Este método tem como vantagens em relação à estaquia, pelo alto percentual de enraizamento e a não utilização de infraestrutura onerosa, como câmara de nebulização (Castro; Silveira, 2003). Entretanto, o método não permite a multiplicação em larga escala devido à severidade do esgotamento que causa à planta-matriz. A alporquia é normalmente utilizada em plantas em que se torna fácil a retirada do anel (com a remoção do floema e exposição do câmbio vascular), além de plantas que apresentam dificuldades de multiplicação por outros métodos, como é o caso da jabuticabeira. Em experimento com alporques em *P. cauliflora*, Danner et al. (2006) obtiveram 100% de enraizamento dos alporques utilizando aplicação exógena da auxina IBA nas concentrações de 4000 e 6000 mg L⁻¹. Os mesmos autores obtiveram sucesso semelhante sem aplicação de auxinas exógenas em alporques realizados em dezembro, período de alto metabolismo e crescimento vegetativo, sugerindo que neste período, torna-se desnecessária a aplicação deste regulador vegetal para enraizamento dos alporques de jabuticabeira. Sasso, Citadin e Danner (2010) trabalharam com diferentes diâmetros de ramos e constataram que ramos entre 2 e 2,5 cm de diâmetro foram os que apresentaram maior

porcentagem de enraizamento (87,5%), além de maior número e comprimento de raízes quando comparados a ramos de menor diâmetro.

8.3 Enxertia

Outro método de propagação que reduz o período juvenil da planta e que pode associar características de diferentes plantas em uma só muda é a enxertia. Um ramo de uma planta adulta da variedade de copa de interesse é retirado e enxertado no porta-enxerto, que por sua vez é produzido por sementes. As sementes de jaboticabeira são poliembriônicas, ou seja, produzem mais de um embrião por semente, sendo um zigótico e os demais não resultantes da fecundação de gametas sendo, portanto, clones da planta matriz, o que assegura a manutenção das características da planta que forneceu a semente (Donadio, 2000). Sampaio (1984), obteve 85% de brotação de enxertos de *P. jaboticaba* ‘Sabará’, enxertados sobre a mesma espécie, utilizando método de enxertia por encostia. Sasso, Citadim e Danner (2010) obtiveram 72,9% de brotação de enxertos de três espécies de *Plinia* sobre *P. cauliflora*, e indicam que os garfos coletados para realizar o enxerto não devem ser retirados de plantas-matrizes em frutificação, pois reduzem a taxa de brotação, significativamente. Em trabalhos com uvaieiras, frutífera da família das jaboticabeiras (Myrtaceae), foi obtido 57% de sucesso na enxertia (Sampaio, 1983). Em experimentos com pitangueiras, também frutífera da família Myrtaceae, os autores obtiveram mais de 81% de sucesso na brotação dos enxertos (Bezerra et al., 1999). Apesar de satisfatória, a técnica da enxertia ainda é pouco recomendada, por carecer de trabalhos mais aprofundados que esclareçam as melhores técnicas, materiais e condições para o sucesso da enxertia.

8.4 Micropropagação

Além dos métodos tradicionais de propagação já apresentados, existe ainda a micropropagação ou propagação *in vitro*, em que o desenvolvimento de novas plantas ocorre em meio artificial, a partir de propágulos (explantes), oriundos de qualquer parte do vegetal. As etapas da micropropagação podem ser divididas em cinco estádios, descritos por Deberg e Maene (1981) e Grattapaglia e Machado (1998): Estágio zero, com o preparo de plantas-matrizes em condições fitossanitárias adequadas, mantendo o máximo de assepsia possível. Normalmente, as plantas-matrizes são cultivadas em casa-de-vegetação e sob cuidados fitossanitários e nutricionais semanais;

Estágio 1: Estabelecimento - nesta fase deve ser dada especial atenção para as condições do explante, objetivando a sobrevivência do mesmo. Efetua-se a desinfestação dos

explantes, normalmente realizada com produtos à base de cloro, podendo-se adicionar antibióticos e fungicidas no meio de cultura. Para evitar a oxidação dos tecidos do explante, pode-se adicionar também substâncias antioxidantes no meio de cultura, tais como ácido cítrico e ascorbico e carvão ativado;

Estágio 2: multiplicação - nesta fase cultivam-se as brotações do explante com a finalidade de aumentar o seu número, utilizando a citocinina (principalmente a benzilaminopurina) como fitorregulador;

Estágio 3: alongamento de brotações e enraizamento – utilizando giberelinas, como o ácido giberélico (GA₃) para o alongamento e auxina na fase de indução de raízes, sendo os mais utilizados o IBA (ácido indolbutírico), NAA (ácido naftalenacético) e IAA (ácido indolilacético), seguindo-se o desenvolvimento da raiz;

Estágio 4: Aclimatização – As plantas desenvolvidas *in vitro* são então transplantadas para as condições naturais, primeiramente sob condições de casa-de-vegetação e posteriormente para o campo. Cada espécie possui seu protocolo específico de multiplicação *in vitro* que pode conter alteração em um ou todos os itens acima listados. Poucos estudos específicos para estabelecimento de micropropagação de jabuticabeira são relatados na literatura.

9. Exigências edafoclimáticas e adaptações ao meio ambiente

A jabuticabeira se desenvolve bem em quase todas as regiões do Brasil, sendo nativa de clima subtropical, mas com boa adaptação também a climas tropicais. Tolerar temperaturas de até -3°C, mas é sensível à falta de água (Donadio, 2000). O mesmo autor descreve a ocorrência destas espécies desde o nível do mar até 1400 m. Na região sudoeste do Paraná, existem remanescentes florestais do Ecossistema Floresta com Araucária em que há a ocorrência natural da jabuticabeira, da espécie *Plinia cauliflora*. Em estudo ecogeográfico da ocorrência de jabuticabeiras nativas no sudoeste do Paraná, os autores constataram que as jabuticabeiras foram encontradas em altitudes entre 577 e 989 m de altitude, sendo a maior ocorrência entre 650 e 850 m (Danner et al., 2010). Os mesmos autores observaram que as plantas de *P. cauliflora* não apresentavam distribuição generalizada nas áreas de estudo, mas sempre nas áreas mais altas do relevo, e nunca em áreas de baixada. As plantas que se desenvolvem em áreas de menor altitude e temperaturas médias anuais mais elevadas, possuem maior altura do que aquelas que se desenvolvem em maiores altitudes e temperaturas mais baixas. Os solos dos sítios de ocorrência de jabuticabeira no sudoeste do Paraná são argilosos, fortemente ácidos (pH próximo a 4,0), com alto teor de matéria orgânica e ferro,

alta saturação de alumínio, baixo teor de fósforo e muito baixo índice de saturação de bases (Danner et al., 2010). Já Donadio (2000), descreve a preferência das jabuticabeiras para solos sílico-argilosos ou argilo-silicosos, profundos, férteis e bem drenados.

10. Colheita e pós-colheita

A jabuticaba é classificada como não-climatérica, devendo ser colhida em ponto de consumo, ou seja, quando há mudança na coloração do fruto e quando este se encontrar macio à compressão. A colheita é manual, onde colhedores utilizam uma sacola no campo e posteriormente depositam os frutos em cestas sem forro (para melhorar a circulação de ar) ou em caixas pequenas. Os frutos são muito perecíveis, ficando inviáveis ao consumo em cerca de 3 dias após sua colheita. Desta forma, alguns trabalhos têm sido desenvolvidos no intuito de aumentar o tempo de prateleira da jabuticaba. O carbonato de cálcio foi testado com a hipótese de reduzir a taxa respiratória do fruto, o que realmente ocorreu, muito embora a diminuição da taxa respiratória não tenha acarretado numa grande contribuição na ampliação do período de comercialização desta fruta (Mota et al., 2002). Outros autores testaram diferentes embalagens, muitas vezes combinadas com temperatura de armazenamento para ampliar a vida pós-colheita destes frutos. Brunini et al. (2004) ampliaram de 2 para 6 dias o período de comercialização de jabuticabas quando submetidas à refrigeração e embalagens plásticas. Períodos ainda maiores foram encontrados por Agostini et al. (2009), também armazenando as frutas em ambiente refrigerado e utilizando embalagens de polietileno com filme de PVC por 12 dias. Corrêa (2002), trabalhando com filmes de PVC, ambiente refrigerado e aplicações de giberelina, auxina, citocinina e uniconazole (inibidor de ácido abscísico), encontrou que a aplicação de 100 mg L^{-1} de citocinina, combinada com refrigeração e embalagem com filmes plásticos permitiu realizar observações positivas dos frutos até o 20º dia.

11. Paisagismo e turismo rural

As árvores de jabuticabeira têm sido bastante utilizadas no paisagismo de casas e chácaras. Sua madeira é forte, o que possibilita instalações de balanços, ou mesmo permite que crianças subam em seu tronco e ramos. Sua florada abundante também é um atrativo, recobrendo todo o tronco de cor marrom com inúmeras flores de pétalas brancas. Seus frutos são comestíveis, de sabor bastante agradável e atóxico para humanos e animais domésticos como cães. Devido ao seu porte, são comumente utilizadas para aproveitamento de sua sombra em áreas de lazer.

Viveiros comercializam mudas de jabuticabeiras de todas as idades, sendo a produção de mudas para paisagismo uma atividade muito interessante devido aos altos preços pagos pelas mudas, principalmente as de plantas adultas, já em produção.

O turismo rural é outro atrativo de complementação de renda de áreas com plantas de jabuticabeiras. Produtores que possuem jabuticabeiras em suas propriedades, fazem eventos quando estão no pico da safra, de forma que o visitante paga uma quantia para entrar e pode comer jabuticabas à vontade. Caso o visitante queira levar as frutas para casa, pode colher o quanto quiser e, por fim, paga-se um preço por quilo da fruta que vai levar. Desta forma, o visitante tem acesso à fruta fresca, pagando preços mais acessíveis por frutas de melhor qualidade, e o produtor evita desperdício por excesso de frutas que poderiam não ser colhidas, economiza com funcionários extras que teria que contratar no auge da colheita e atrai visitantes e entusiastas, difundindo a cultura. A maior fazenda de jabuticabeiras do mundo, localizada no município de Hidrolândia, GO abre suas portas para visitantes entre os meses de setembro a novembro. Outro produtor de Ariquemes, RO investiu em plantio comercial de jabuticabeiras e também realiza a prática do turismo rural como complementação da renda.

12. Considerações finais

A jabuticaba é um fruto muito apreciado para o consumo *in natura* por seu sabor doce, além de poder ser utilizada pela indústria para fabricação de geleias, compotas, licores, vinhos, caldas e sorvetes. A jabuticabeira, nativa do Brasil, encontra-se difundida em quase todo o país, encontrando clima e solo favorável ao seu desenvolvimento. Apesar disso, seus exemplares estão apenas dispersos na natureza, ou em quintais e pomares domésticos. O plantio comercial desta frutífera é insignificante perto do potencial de comercialização que ela possui. Produtores não investem em plantios comerciais, pois não existem variedades recomendadas para altas produções e frutos de qualidade. Ainda não existem protocolos de sucesso para propagação em alta escala, os preços das mudas são muito elevados, há carência de informações técnicas de manejo, as recomendações normalmente são adaptadas de outras culturas, de fontes pouco confiáveis, há carência de informações sobre processos industriais, pouco desenvolvimento de mercado, pouca pesquisa sobre beneficiamento e pós-colheita, entre diversos outros fatores que desestimulam a produção comercial de jabuticabas. Estes aspectos poderiam ser resolvidos, caso houvesse um incentivo às pesquisas de base, que pouco a pouco pudessem tornar a jabuticabeira um cultivo competitivo, interessante e alternativo às demais culturas agrícolas. É válido lembrar que o cultivo de inúmeros produtos agrícolas que conhecemos hoje, como milho, arroz, trigo, pêssego, entre outros, nem sempre

atenderam as características agronômicas desejáveis. O sucesso das culturas com interesse agrônomo é resultado de muitos anos (em alguns casos, milhares de anos) de pesquisas com seleção e melhoramento genético, estudos de propagação, melhorias no manejo, estudos fisiológicos e fitotécnicos que possibilitaram a difusão e a magnitude de tais culturas.

Referências

AGOSTINI, J.S. et al. Atmosfera modificada e condições de armazenamento nas características físico-químicas de jaboticabas da cultivar Paulista. **Ciência Rural**, v. 39, n. 9, p. 2601- 2608, 2009.

ANDERSEN, O.; GOMES, F.R. Propagação vegetativa da jaboticabeira (*Myrciaria* sp.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 3., 1975, Campinas. **Anais...** Campinas: Sociedade Brasileira de Fruticultura, Campinas, 1976. v. 2, p. 423-427.

BALERDI, C.F.; RAFIE, R.; CRANE, J. Jaboticaba (*Myrciaria cauliflora* Berg.) a delicious fruit with an excellent market potential. **Proceedings of the Florida State Horticultural Society**, Tallahassee, v. 119, p. 66-68, 2006.

BEZERRA, J.E.F. et al. Método de enxertia e idade de porta-enxerto na propagação da pitangueira (*Eugenia uniflora* L.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 21, n. 3, p. 262-265, 1999.

BORGES, M.H.C.B.; MELO, B. **Cultura da jaboticabeira**. Uberlândia: Núcleo de Estudo em Fruticultura no Cerrado. Disponível em: <<http://www.fruticultura.iciag.ufu.br/jaboticaba.html>> Acesso em: 05 set. 2016.

BREEN, P.J.; MURAOKA, T. Effect of indolbutyric acid on distribution of C photosynthesis in softwood cuttings on Mاتيanna 2624 Plum. **Journal of the American Society Horticulture**, Alexandria, v. 42, p. 153-155, 1985.

BRUNINI, M.A. et al. Influência de embalagens e temperatura no armazenamento de jaboticabas [*Myrciaria jaboticaba* (Vell) Berg] cv. 'Sabará'. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 24, n. 3, p. 378-383, 2004.

CARPENTER, W.J.; CORNELL, J.A. Auxin application duration and concentration govern rooting of hibiscus stem cuttings. **Journal of American Society for Horticultural Science**, v. 117, n. 1, p. 68-74, 1992.

CASAGRANDE JÚNIOR, J.G. et al. Efeito do estiolamento de ramos e do AIB no enraizamento de estacas herbáceas de jaboticabeira. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 6, n. 1, p. 24-26, 2000.

CAVALCANTI, R.N.; VEGGI, P.C.; MEIRELES, M.A.A. Supercritical fluid extraction with a modifier of antioxidant compounds from jaboticaba (*Myrciaria cauliflora*) byproducts: economic viability. **Procedia Food Science**, London, v. 1, p. 1672-1678, 2011.

CHAMPAGNOL, F. Relation entre la formation de pousse et de racines par une bouture de vigne et la quantité d'amidon initialement présente. **Comptus Rendus Académie des Sciences**, v. 67, p. 1398-1405, 1981.

COLETTI, L.Y. **Curva de maturação de frutos e potencial germinativo de sementes de jaboticaba 'Sabará' (*Myrciaria jaboticaba* Berg)**. 2012. 59 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012.

CORRÊA, M.O.G. **Conservação pós-colheita de frutos de jaboticabeira (*Myrciaria jaboticaba* Berg) com a utilização de reguladores de crescimento, embalagem e armazenamento sob refrigeração**. 2002. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2002.

DANNER, M.A. et al. Enraizamento de jaboticabeira (*Plinia trunciflora*) por mergulhia aérea. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 28, n. 3, p. 530-532, 2006.

DANNER, M.A. et al. Diagnóstico ecogeográfico da ocorrência de jaboticabeiras nativas no sudoeste do Paraná. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 32, n. 3, p. 746-753, 2010.

DANNER, M.A. et al. Armazenamento a vácuo prolonga a viabilidade de sementes de jaboticabeira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, n. 1, p. 246-252, 2011a.

DANNER, M.A. et al. Proposta de protocolo para extração de DNA de jaboticabeira. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 21, n. 2, p. 363-367, 2011b.

DEBERG, P.C.; MAENE, L.V. A scheme for commercial propagation of ornamental plants by tissue culture. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 14, p. 335-345, 1981.

DONADIO, L.C. **Jaboticaba (*Plinia jaboticaba* (Vell.) Berg)**. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 55 p.

DUARTE, O.; HUETE, M.; LÜDDERS, S.P. Propagation of jaboticaba (*Myrciaria cauliflora* (Mart.) Berg.) by terminal leafy cuttings. **Acta Horticulturae**, Wageningen, n. 452, p. 123-128, 1997.

EMBRAPA FLORESTAS. **Valor nutricional da jaboticaba**. Colombo, 2015.

EPSTEIN, E. et al. Transport and metabolism of indole-3-butyric acid in easy and difficult to root cuttings of sweet cherry (*Prunus avium* L.). **Acta Horticulturae**, Wageningen, v. 329, 1993.

FARRANT, J.M.; PAMMENTER, N.W.; BERJAK, P. Recalcitrance: a current assessment. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 16, p. 155-166, 1988.

GENTIL, D.F.O.; MINAMI, K. **Uvaieira, pitangueira e jaboticabeiras: cultivo e utilização**. Piracicaba: FEALQ, 2005. 77 p.

GOLDSMITH, M.H.M. The polar transport of auxin. **Annual Review of Plant Physiology**, v. 28, p. 439-478, 1977.

GRATTAPAGLIA, D.; MACHADO, M.A. Micropropagação. In: TORRES, A.C. et al. (Ed.). **Cultura de tecidos e transformação genética de plantas**. Brasília: EMBRAPA, SPI; EMBRAPA, CNPH, 1998. p. 183-260.

HAISSIG, B.E. Metabolism during adventitious root primordium initiation and development. **New Zealand Journal of Forest Science**, v. 4, p. 324-337, 1974.

HARTMANN, H.T. et al. **Plant propagation: principles and practices**. 7th ed. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 2002. 880 p.

HORTIESCOLHA – CEAGESP. **Jabuticaba**. Disponível em: <<http://www.hortiescolha.com.br/hortipedia/produto/jabuticaba>>. Acesso em: 20 set. 2016.

HOSSEL, C. et al. Conservação e teste de tetrazólio em sementes de jabuticabeira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, p. 255-261, 2013.

ITAI, C.; BIRNBAUM, H. Synthesis of plant growth regulators by roots. In: WAISEL, Y.; ESHEL, A.; KAFKAFI, V. (Ed.). **Plant roots: the hidden half**. New York: Marcel Dekker, 1996. p. 273-284.

JOLY, A. B. **Botânica: introdução à taxonomia vegetal**. 13. ed. São Paulo: Ed. Nacional, 2002.

KOCHBA, J. et al. Stimulation of rooting of citrus embryoids by gibberellic acids and adenine sulphate. **Annals of Botany**, Oxford, v. 38, p. 795-802, 1974.

LANDRUM, L.R.; KAWASAKI, M.L. The genera of *Myrtaceae* in Brazil: an illustrated synoptic treatment and identification keys. **Brittonia**, v. 49, p. 508-536, 1997.

LEE, T.T.; STARRATT, A.N. Inhibition of conjugation of indole-3-acetic acid with amino acids by 2,6-dihydroxyacetophenone in *Teucrium canadense*. **Phytochemistry**, Oxford, v. 25, n. 11, p. 2457-2461, 1986.

LEONEL, S.; VARASQUIM, L.T.; RODRIGUES, J.D. Efeito da aplicação de fitoreguladores e ácido bórico em estacas de jabuticabeira (*Myrciaria cauliflora* Berg.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 13, n. 3, p. 219-222, 1991.

LORENZI, H. et al. **Frutas brasileiras e exóticas cultivadas: de consumo in natura**. Nova Odessa: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2006. 640 p.

MAGALHÃES, M.M. **Desenvolvimento e carboidratos constituintes do fruto de jabuticaba (*Myrciaria jaboticaba* Berg cv. ‘Sabará’)**. 1991. 77 p. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1991, 77 p.

MALERBO, D.T.S.; TOLEDO, V.A.A.; COUTO, R.H.N. Polinização entomófila em jabuticabeira (*Myrciaria cauliflora* Berg). **Ciência Zootécnica**, Jaboticabal, v. 6, n. 1, p. 3-5, 1991.

MANICA, I. Jabuticaba. In: MANICA, I. **Frutas nativas, silvestres e exóticas 1: técnicas de produção e mercado: abiu, amora-preta, araçá, bacuri, biriba, carambola, cereja-do-rio-grande, jabuticaba**. Porto Alegre: Cinco Continentes, 2000. p. 279-327.

MATTOS, J.L.R. **Fruteiras nativas do Brasil: jabuticabeiras**. Porto Alegre: Nobel, 1983. 92 p.

MENDONÇA, R.M.N. **Maturação, secagem e armazenamento de sementes e propagação vegetativa de jabuticabeiras (*Myrciaria spp.*)**. 1999. 136 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1999.

MESÉN, F.; NEWTON, A.C.; LEAKEY, R.R.B. Vegetative propagation of *Cordia Alliodora* (Ruiz & Pavon) Oken: the effects of IBA concentration, propagation medium and cutting origin. **Forest Ecology and Management**, v. 92, p. 45-54, 1997.

MORAES, F.P.; COLLA, L.M. Alimentos funcionais e nutracêuticos: definições, legislação e benefícios à saúde. **Revista Eletrônica de Farmácia**, Goiânia, v. 3, n. 2, p. 109-122, 2006.

MOTA, W.F. et al. Influência do tratamento pós-colheita com cálcio na conservação de jabuticabas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 24, n. 1, p. 49-52, 2002.

NEWELL, E.A.; MULKEY, S.S.; WRIGHT, S.J. Seasonal patterns of carbohydrates storage in four tropical trees species. **Oecologia**, v.131, p. 333-342, 2002.

NORMANLY, J.; BARTEL, B. Redundancy as a way of life: IAA metabolism. **Current Opinion in Plant Biology**, v. 2, n. 3, p. 207-218, 1999.

PEREIRA, M. **Propagação via estacas apicais, caracterização morfológica e molecular de jabuticabeiras (*Myrciaria spp.*)**. 2003. 86 f. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2003.

PEREIRA, M. et al. Efeitos de substratos, valores de pH, concentrações de AIB no enraizamento de estacas apicais de jabuticabeira [*Myrciaria jabuticaba* (Vell) O. Berg.]. **Scientia Florestalis**, Piracicaba, n. 69, p. 84-92, 2005.

PILLARY, I.; RAILTON, I.D. Complete release of axillary buds from apical dominance in intact, light-grown seedlings of *Pisum sativum* L. following a single application of cytokinin. **Plant Physiology**, v. 71, p. 972-974, 1983.

PICOLOTTO, L. et al. Efeito do hipoclorito, fotoperíodo e temperatura no estabelecimento *in vitro* de jabuticabeira. **Scientia Agraria**, Curitiba, v.8, n.1, p.1-5, 2007.

REUVENI, O.; RAVIV, M. Importance of leaf retention to rooting of avocado cuttings. **Journal of American Society for Horticultural Science**, v.106, p.127-130, 1980.

RIBEIRO, M.N.O. et al. Efeitos do AIB e GA3 na micropropagação de *Zantedeschia aethiopica*. **Ceres**, Viçosa, v. 53, n. 309, p. 568-573, 2006.

RIECKERMANN, H. et al. Influence of nitrogen, photoperiod, cutting type, and clone on root and shoot development of rooted stem cuttings of sweetgum. **New Forests**, v. 18, p. 231-244, 1999.

SAMPAIO, V.R. Propagação da uvaieira (*Eugenia uvalha* CAMB.) através da enxertia por garfagem. **Anais da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**, Piracicaba, v. 40, n. 1, p. 95-99, 1983.

SAMPAIO, V.R. Propagação por enxertia do Sabarazeiro. **Anais da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**, Piracicaba, v. 41, n. 1, p. 135-140, 1984.

SÃO JOSÉ, A.R. et al. Fruteiras tropicais não tradicionais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 22., 2012, Bento Gonçalves, 2012.

SASSO, S.A.Z.; CITADIN, I.; DANNER, M.A. Propagação de jaboticabeira por enxertia e alporquia. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 32, n. 2, p. 571-576, 2010.

SATO, A.Y. et al. Micropropagação de *Celtis* sp.: controle da contaminação e oxidação. **Cerne**, Lavras, v. 7, n. 2, p. 117-123, 2001.

SCARPARE, F.V. et al. Propagação da jaboticabeira ‘Sabará’ (*Plinia jaboticaba* (Vell.) Berg.) através de estacas caulinares. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 17., 2002, Belém. **Anais...** Belém: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 2002. 1 CD-ROM.

SCARPARE FILHO, J.A. et al. Efeito do ácido indolbutírico no enraizamento de estacas herbáceas de jaboticabeira Sabará (*Myrciaria jaboticaba*), em condições de nebulização. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 21, n. 2, p. 146-149, 1999.

SCHABERG, P.G. et al. Seasonal patterns carbohydrates reserves in red spruce seedlings. **Tree Physiology**, v. 20, p. 549-555, 2000.

SEVERO, J. et al. Avaliação de compostos fenólicos, antocianinas e capacidade antioxidante de morango e mirtilo. In: SIMPÓSIO DO MORANGO, 4.; ENCONTRO SOBRE PEQUENAS FRUTAS E FRUTAS NATIVAS DO MERCOSUL, 3., 2008, Pelotas. **Anais...** Pelotas: EMBRAPA Clima Temperado, 2008. p. 103.

SMALLEY, T.J. et al. Photosynthesis and leaf water, carbohydrate and hormone status during rooting of stem cuttings of *Acer rubrum*. **Journal of American Society for Horticultural Science**, v. 116, n. 6, p. 1052-1057, 1991.

SOBRAL, M. Alterações nomeclaturais em *Plinia* (Myrtaceae). **Boletim do Museu Botânico de Curitiba**, Curitiba, n. 63, p. 1-4, 1985.

SOUZA, J.A.; SCHUCH, M.W.; SILVA, L.C. Efeito do tipo de ramo e do regime de luz fornecido à planta-matriz no estabelecimento *in vitro* do araçazeiro cv. Irapuã. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 6, p. 1920-1922, 2006.

SOUZA, J.A. et al. Desinfestação e estabelecimento *in vitro* de feijoa (*Acca sellowiana* (Berg) Burret) e pitangueira (*Eugenia uniflora* L.). **Revista Científica Rural**, Bagé, v. 11, n. 1, p. 39-44, 2006.

STRÖMQUIST, L.H.; ELIASSON, L. Light inhibition of rooting in Norway spruce (*Picea abies*) cuttings. **Canadian Journal of Botany**, v. 57, p. 1314-1316, 1979.

TAM, Y.Y.; EPSTEIN, E.; NORMANLY, J. Characterization of auxin conjugates in *Arabidopsis*. Low steady-state levels of indole-3-acetyl-aspartate, indole-3-acetylglutamate, and indole-3-acetylglucose. **Plant Physiology**, Rockville, v. 123, n. 2, p. 589-595, 2000.

TORRES, A.G.M. **Relação entre sazonalidade desrama e carboidratos no crescimento do eucalipto na propagação vegetativa por miniestaquia**. 2003. 65 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS. Núcleo de Estudos e Pesquisas em Alimentação. **TACO: tabela brasileira de composição de alimentos**. 4. ed. Campinas, 2011. 161 p.

VAN STADEN, J.; DAVEY, E. The synthesis, transport and metabolism of endogenous cytokinins. **Plant, Cell and Environment**, v. 2, p. 93-106, 1979.

VEIERSKOV, B.; ANDERSEN, A.S. Influence of cotyledon excision and sucrose on root formation in pea cuttings. **Physiologia Plantarum**, v. 36, p. 105-109, 1976.

WAGNER JUNIOR, A. et al. Germinação e desenvolvimento inicial de duas espécies de jabuticabeira em função do tamanho de sementes. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 33, n. 1, p. 105-109, 2011.

WENDLING, I. et al. Efeito do regulador de crescimento AIB na propagação de clones de *Eucalyptus* spp. por miniestaquia. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 24, n. 2, p. 187-192, 2000.

WIGHTMAN, F.; SCHNEIDER, E.A.; THIMANN, K.V. Hormonal factors controlling the initiation and development of lateral roots. II. Effects of exogenous growth factors on lateral root formation in pea roots. **Physiologia Plantarum**, v. 49, p. 304-314, 1980.

ABOBOREIRA



ABOBOREIRA (*Cucurbita* sp.)

Rachel Tonhati

1. Origem e distribuição geográfica

As abóboras têm como centro de origem o continente americano, regiões tropicais (Robinson; Decker-Walters, 1997), principalmente nas áreas onde os povos Maias, Incas e Astecas habitaram, fazendo parte da base alimentar das comunidades dessa região (Nick; Borém, 2017). a família das Cucurbitáceas faz parte das mais antigas famílias cultivadas no mundo com centro de origem no México, Guatemala, Peru, Bolívia e Argentina (Filgueira, 2008; Sediya; Vidigal, 2009).

No mundo foi distribuída a partir da chegada de europeus na região de seu centro de origem (Filgueira, 2008). No Brasil, foi introduzida na época da colonização portuguesa, pela entrada de povos africanos que imigraram, introduzindo espécies da família das cucurbitáceas,

incluindo as abóboras (Nick; Borém, 2017). Atualmente no Brasil, possui grande importância econômica nas regiões norte e nordeste, sendo relevante base da alimentação e também da geração de renda para produtores (Nick; Borém, 2017).

2. Classificação botânica

A família Cucurbitaceae apresenta 118 gêneros e 825 espécies, sendo que 9 gêneros e 30 espécies são cultivadas, sendo principalmente abóboras (*Cucurbita*), chuchus (*Sechium edule*), melancias (*Citrullus lanatus*), melões (*Cucumis melo*), pepinos (*Cucumis sativus*), bucha-vegetal (*Luffa cylindrica*), porongos e cabaças (*Lagenaria siceraria*), e outras culturas menos expressivas, como kino ou kiwano (*Cucumis metuliferus*), maxixe (*Cucumis anguria*), melão-de-cheiro (*Sicana odorifera*) e melão-de-sãocaetano (*Momordica charantia*) (Helden; Barbieri; Neitzke, 2007).

Tabela 1. Classificação botânica da aboboreira, segundo Engler, Cronquist e APG II. (Adaptado de Capellari Jr. et al., 2022)

	Engler (1964)	Cronquist (1981)	APG. II (2003)
Divisão	Angiospermae	Magnoliophyta	Angiospermae
Classe	Dicotyledoneae	Magnoliopsida	
Subclasse	Archichlamydeae	Dilleniidae	
Ordem	Cucurbitales	Violales	Cucurbitales
Família	Cucurbitaceae	Cucurbitaceae	Cucurbitaceae

As abóboras e morangas são plantas da família Cucurbitaceae e do gênero *Cucurbita* (Nick; Borém, 2017). No Brasil, as mais cultivadas são *Cucurbita argyrosperma*, *C. ficifolia*, *C. maxima*, *C. moschata* e *C. pepo*, possuindo grande variedade de nomes em diferentes regiões do país e também demonstram uma enorme variabilidade de tamanhos, formatos e cores de frutos, dificultando a classificação taxonômica e correta identificação (Heiden et al., 2007).

Para a correta classificação de cada espécie, foram consideradas as características marcantes para identificação (Tabelas de 1 a 4)

Tabela 2. Caracteres vegetativos de cada espécie para identificação e classificação botânica das espécies de *Cucurbita* (Adaptado de Heiden et al., 2007).

Espécie	Caule	Folhas	Mancha nas Folhas	Ápice foliar	Presença de acúleos
<i>C. pepo</i>	Marcadamente anguloso				
<i>C. maxima</i>	Caule arredondado macio sem manchas	Sem recortes ou superficial	Com ou sem manchas	Arredondado	
<i>C. moschata</i>	Caule arredondado macio com manchas	Recorte superficial	Com ou sem manchas	Agudo	
<i>C. argyrosperma</i>	Caule superficialmente anguloso		Sem manchas		Não
<i>C. ficifolia</i>	Caule superficialmente anguloso		Sem manchas		Sim

Tabela 3. Características do fruto para identificação e classificação botânica das espécies de *Cucurbita* (Adaptado de Heiden et al., 2007).

Espécie	Pedúnculo	Porção mediana do pedúnculo	Porção final do pedúnculo	Acúleos
<i>C. maxima</i>	Arredondado macio	Expandido	Estreito	
<i>C. moschata</i>	Arredondado duro ou anguloso com 5 estrias superficiais	Estreito	Expandido	
<i>C. ficifolia</i>	Anguloso com > 5 estrias superficiais	Estreito	Levemente expandido	
<i>C. argyrosperma</i>	Anguloso com estrias profundas no fruto maduro			Não
<i>C. pepo</i>	Anguloso com estrias profundas sem alteração com a maturação			Sim ou não

Tabela 4. Características das sementes para classificação e identificação botânica das espécies de *Cucurbita* (Adaptado de Heiden et al., 2007).

Espécie	Cor	Superfície	Película	Porção mediana	Cicatriz
<i>C. ficifolia</i>	Preta				
<i>C. argyrosperma</i>	Variável (branca a alaranjada)	Fissurada			
<i>C. máxima</i>	Variável (branca a alaranjada)	Lisa	Descamante	Dilatada	
<i>C. pepo</i>	Variável (branca a alaranjada)		Descamante ou não	Achatada	Reta ou arredondada
<i>C. moschata</i>	Variável (branca a alaranjada)		Não descamante		Oblíqua

As plantas desse gênero, de maneira geral, possuem ciclo anual, hábito de crescimento indeterminado, com caule herbáceo rastejante, coloração verde escura, com ocorrência de gavinhas e raízes adventícias. As flores são monoicas com maior ocorrência de flores masculinas, as flores são amarelas e grandes para atração de polinizadores. Folhas grandes e palmadas. Os frutos apresentam diversidade de formato e tamanho e grande variabilidade genética, e variam também no seu ponto de colheita, podendo ser colhidos e consumidos imaturos ou maduros (Filgueira, 2008; Nick; Borém, 2017).

3. Morfologia e anatomia

A anatomia e morfologia das espécies cultivadas de abóboras e morangas são semelhantes em alguns aspectos e particulares em outros, como exemplificado no tópico de classificação botânica, portanto, para descrição adequada será realizada a divisão entre as espécies.

***C. argyrosperma* Huber:** são variedades crioulas conhecidas popularmente como abóbora de pescoço, possuem coloração externa branca ou amarela com listras verde escuras, com casca dura quando maduras.



Figura 12. *Cucurbita argyrosperma* Huber

***C. ficifolia* Bouché:** são variedades conhecidas popularmente como Gila, cultivada esporadicamente no sul do Brasil. Possuem a casca dura com polpa branca e fibrosa utilizada em receitas doces. Os frutos possuem formato oblongo com desenho rendilhado na casca, em

contraste de cores brancas com verde escuro. Na casca ainda se nota a presença de estrias brancas próximas ao vestígio do botão floral.



Figura 13. *Cucurbita ficifolia* Bouché.

***C. maxima* Duch. ex Lam.:** compreende diversas variedades amplamente usadas para alimentação humana, cultivada comercialmente em todo país. Possuem enorme variabilidade genética que determinam as características externas como cor, formato, textura e firmeza. Essa enorme variabilidade é responsável pela variação de nomes encontrados dentro dessa espécie, sendo a mais conhecida a moranga. Possuem caules longos, folhas grandes com lóbulos arredondados e com pelos recobrindo todas as partes da planta.

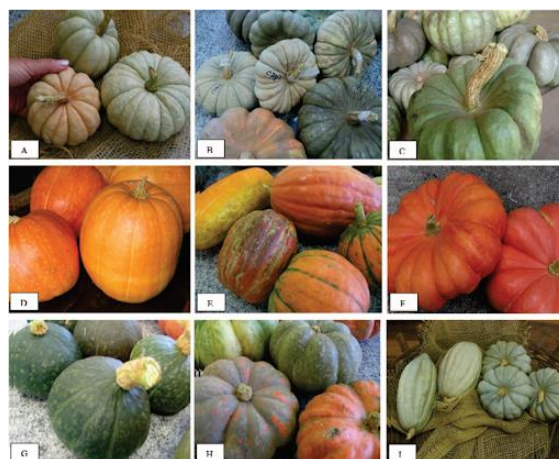


Figura 14. *Cucurbita maxima* Duch. Ex Lam.

***C. moschata* (Duch. ex Lam.) Duch. ex Poir.:** são abóboras muito comuns no Brasil, produzidas de maneira comercial e compreende diversas variedades. São popularmente conhecidas como abóbora de pescoço, abóbora gigante, abóbora menina. São plantas raseiras com entrenós curtos, folhas palmadas não recortadas, simples, alternadas, com ângulos marcados. Possuem pelos que recobrem as folhas e pecíolos.



Figura 15. *Cucurbita moschata* (Duch. ex Lam.) Duch. ex Poir.

***C. pepo* L.:** variedades com ampla variabilidade genética, sendo as utilizadas na alimentação humana, colhidas e consumidas imaturas e chamadas popularmente de abobrinha italiana. As folhas são recortadas, palmadas, com lóbulos angulosos e espinhos presentes.



Figura 16. *Cucurbita pepo* L.

Abóbora híbrida Tetsukabuto (*C. moschata* x *C. maxima*): essa abóbora é obtida do cruzamento entre duas variedades de abóboras e se tornou o cultivar mais importante para o Brasil no comércio de frutos maduros. Comercialmente é chamada de Kabotiá e possui variações de denominação de acordo com a região de produção e consumo. Como característica botânica apresentam flores macho estéreis, sendo então necessária atenção especial à polinização. Os frutos possuem casca verde-escuro brilhante e rugosa de formato globular e a polpa possui cor alaranjada. O hábito de crescimento é rasteiro, indeterminado e de crescimento vigoroso.



Figura 17. Abóbora híbrida Tetsukabuto (*C. moschata* x *C. maxima*)

4. Germinação e propagação

A qualidade das sementes a serem utilizadas pelos produtores no plantio é peça essencial para o sucesso final dos cultivos, afetando o rendimento e a qualidade do produto final. Na cultura da abóbora, saber sobre a qualidade de sementes é muito importante, tendo em vista que a maioria das sementes usadas são provenientes de frutos colhidos na própria lavoura e mantidos pelos próprios produtores (Boligon; Garcia, 2010).

As sementes de abóboras germinam de forma epígea e os cotilédones são fotossinteticamente ativos, garantindo parcialmente os fotoassimilados para desenvolvimento inicial das mudas (Robinson; Decker-Walters, 1997). A maturação da semente ocorre durante a transição do fruto de maduro até senescente, sendo que o armazenamento de abóboras maduras é uma técnica usada para produtores obterem sementes viáveis para novos plantios (Robinson; Decker-Walters, 1997).

A dormência de sementes geralmente não ocorre e quando existe está ligada com a colheita do fruto jovem, que nesse caso, deverá ser armazenado até a maturação. Para a ocorrência da germinação a temperatura ótima é de 25 a 30°C e sem luminosidade, sendo que entre 10 e 35°C ocorre a germinação não da forma ótima (Nick; Borém, 2017). Em condições

ideais a germinação ocorre entre dois dias e duas semanas (Robinson; Decker-Walters, 1997). Segundo Nick e Borém (2017), a germinação das sementes a 27°C ocorre em 3 a 4 dias. A propagação por sementes é o método mais utilizado, podendo também ser usada a propagação com o uso de mudas provenientes das sementes.

Segundo Boligon e Garcia (2010), o teste de temperatura sub ótima, realizado a 18°C, em sementes é o teste que possui maior correlação com a qualidade e sanidade das plântulas emergidas. Em estudo visando a produção de sementes de qualidade e quantidade para abóboras, Nascimento, Lima e Carmona (2011), verificaram que a quantidade de pólen fornecida à flor feminina influencia, de maneira positiva, a quantidade de sementes produzidas, ou seja, quanto mais pólen fornecido, maior será a quantidade de sementes por fruto. Já o parâmetro de qualidade fisiológica, não mostrou diferença relacionada à quantidade de pólen.

5. Fenologia

A fenologia da aboboreira pode variar em relação às condições climáticas a que estão submetidas, porém Nick e Borém (2017) propõem a seguinte escala fenológica, dividida em quatro fases:

Fase 1 – Germinação e emergência: de 0 a 12 dias após a semeadura (DAS), até a primeira folha verdadeira.

Fase 2 – Crescimento vegetativo: de 12 a 40-50 DAS, até a antese das primeiras flores (geralmente masculinas).

Fase 3 – Reprodutiva: de 40-50 a 80-90 DAS, da antese até a maturação dos primeiros frutos, sendo alcançado o auge do florescimento aos 55-65 DAS, com três a quatro frutos comerciais por planta.

Fase 4 – Maturação: de 80-90 a 95-105 DAS, da maturação dos primeiros frutos até a maturação total de todos os frutos. Ocorrência da senescência da parte vegetativa devido à intensa translocação de solutos para os frutos.

6. Desenvolvimento de raízes

Sistema radicular é forte e agressivo, penetrando no solo até 2 m de profundidade. As raízes secundárias são abundantes e ocorrem na parte mais rasa do solo, sendo que a maior parte do sistema radicular se encontra nos primeiros 60 cm de solo (Robinson; Decker-Walters, 1997). No desenvolvimento das plantas, a raiz alcança seu pico de acúmulo de matéria seca aos 80 dias após semeadura, porém do total da planta, apresenta 1% da matéria

seca total acumulada (Nick; Borém, 2017). Altas temperaturas no solo, ou sistema radicular, prejudicam o desenvolvimento das raízes e consequentemente o rendimento final da cultura.

7. Desenvolvimento do caule e folhas

O caule da aboboreira na maioria das variedades é longo, tenro, com presença de gavinhas e com possibilidade de enraizamento em alguns locais do solo, possuindo hábito rastejante. Anatomicamente encontra-se o floema na porção mais interna do caule e o xilema mais externamente (Robinson; Decker-Walters, 1997). O crescimento vegetativo das abóboras é lento até os 50 a 60 DAS, acumulando matéria seca praticamente de forma exclusiva no caule durante essa fase. A partir dessa fase, o acúmulo de matéria seca é intensificado e atinge o pico aos 90 DAS (Sediyama; Vidigal, 2009), sendo nessa etapa o fruto o maior acumulador de matéria seca. O caule possui a característica de acumular matéria seca e se desenvolver até o final do ciclo. Ao final do ciclo é possível resumir que, na colheita encontra-se 19% da matéria seca nas folhas e 8% no caule (Vidigal; Pacheco; Facion, 2007). O pleno desenvolvimento das folhas e caules é dependente das condições ótimas do ambiente, apresentando crescimento máximo em temperaturas de 20 a 30°C (Robinson; Decker-Walters, 1997).

8. Efeitos dos fatores ecológicos

8.1 Fotoperíodo

O fotoperíodo tem interferência direta no florescimento das plantas de abóbora, sendo que dias longos aumentam a produção de flores masculinas (Nick; Borém, 2017) e dias curtos aumentam a produção de flores femininas (Filgueira, 2008; Nick; Borém, 2017), elevando-se assim a produtividade.

8.2 Temperatura

Por serem originários da América tropical, climas quentes e amenos são favoráveis para o desenvolvimento das aboboreiras, sendo que baixas temperaturas causam injúrias e perdas de produtividade (Nick; Borém, 2017; Robinson; Decker-Walters, 1997), sendo que temperaturas abaixo de 10°C inibem a germinação das sementes e afetam drasticamente o desenvolvimento das plantas. As temperaturas ótimas de desenvolvimento variam de 18 a 30°C para morangas e 15 a 25°C para abóboras, sendo que se desenvolvem satisfatoriamente entre 15 e 30°C (Nick; Borém, 2017). Para a abóbora híbrida Tetsukabuto a temperatura ideal

de desenvolvimento se encontra entre 15 e 35°C sendo a ótima de 20 a 27°C, com alta luminosidade (Sediyama; Vidigal, 2009).

A temperatura do solo também é um fator importante no desenvolvimento das plantas, onde temperaturas baixas na região das raízes favorecem a ocorrência de doenças e também ocorre a inibição na absorção de água (Robinson; Decker-Walters, 1997). Em um estudo foi notado que em temperaturas do solo entre 10 e 15°C as plantas absorviam de 20 a 50% a mais de água em comparação com a absorvida em 25°C, devido ao menor desenvolvimento radicular e diminuição na permeabilidade das membranas.

8.3 Radiação solar

A falta de radiação solar ou sombreamento, afeta diretamente a produção de flores femininas, sendo que em condições de 50 a 80% de sombreamento inibiram completamente a formação de flores femininas em comparação com o desenvolvimento em pleno sol de plantas de *C. pepo* L. (Bernardes et al., 2011). Altas intensidades luminosas favorecem o desenvolvimento das plantas (Robinson; Decker-Walters, 1997).

8.4 Umidade

A abobrinha é uma hortaliça moderadamente suscetível ao estresse hídrico, sendo que a fixação e o crescimento do fruto são altamente dependentes da disponibilidade de água. Em ordem decrescente de necessidade hídrica, encontramos desenvolvimento dos frutos, florescimento e fixação dos frutos (Nick; Borém, 2017).

9. Solos e nutrição

As aboboreiras preferem solos bem drenados, com altos níveis de matéria orgânica, de textura arenosa ou areno-argilosas. Não toleram solos ácidos, sendo o pH ideal entre 5,6 e 6,8 e quando necessário, deve-se realizar a calagem para elevar a saturação de bases até 70% e o pH até 6,0 (Filgueira, 2008; Robinson; Decker-Walters, 1997).

A marcha de absorção de nutrientes mostra a absorção de cada nutriente ao longo do tempo de desenvolvimento das plantas, e o estudo dessa marcha auxilia na detecção do momento de maior necessidade de cada nutriente e também do montante dessa necessidade, sendo então, uma ferramenta muito importante no manejo nutricional das espécies. Na aboboreira os macronutrientes mais exigidos são, em ordem decrescente, potássio, nitrogênio, cálcio, fósforo, magnésio e enxofre. Os micronutrientes são ferro, manganês, zinco e cobre (Nick; Borém, 2017).

As exigências nutricionais não são elevadas, sendo muitas vezes menores do que na maioria das hortaliças. De maneira geral, é recomendada a aplicação no sulco de plantio 30 a 40 kg ha⁻¹ de nitrogênio, 200 a 300 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 80 a 100 kg ha⁻¹ de K₂O. Como adubação de cobertura recomenda-se fracionar em três aplicações (aos 30 dias após a semeadura, no florescimento e no desenvolvimento dos frutos) 150 kg ha⁻¹ de nitrogênio e 60 kg ha⁻¹ de K₂O (Filgueira, 2008). A adubação de cobertura é importante, pois 78% do N e 87% do K são absorvidos entre os 49 e 77 dias após a semeadura, justamente na fase de adubação de cobertura (Nick; Borém, 2017).

De todos os nutrientes absorvidos pela abóboreira o N, K, S e Cu se acumulam em maiores proporções nos frutos e os demais na parte vegetativa das plantas. Sendo então acumulado nos frutos 64% do N, 45% do P, 60% do K, 16% do Ca, 22% do Mg, 61% do S, 59% do Cu, 45% do Zn, 8% do Fe e 6% do Mn (Nick; Borém, 2017).

10. Fotossíntese e translocação

Lopes e Cassia (2007), estudaram o efeito da elevação de CO₂ no desenvolvimento das abóboras e notaram que o aumento na concentração de CO₂ não interfere no desenvolvimento das plântulas de abóbora. A eficiência de conversão da radiação solar em fitomassa (ou rendimento energético) é obtida pela relação entre o total de matéria seca produzida pela cultura (g/m²) e o total de radiação solar acumulado durante o ciclo da cultura (MJ/m²). Essa eficiência de conversão é relacionada a diversas condições em que as plantas são submetidas, como por exemplo, níveis de fertilizantes. No caso da abobrinha italiana, quanto maior a disponibilidade de fertilizante, maior foi a eficiência de conversão das plantas (Ribeiro et al., 2007).

A elevação da temperatura (35°C) na zona radicular afeta diretamente os parâmetros fotossintéticos das abóboreiras, reduzindo a taxa fotossintética líquida, a condutância estomática, a taxa de respiração, o conteúdo intracelular de CO₂, o transporta aparente de elétrons e a eficiência do sistema II (Qin; Li, 2006).

Na produção de mudas com uso de telas de sombreamento com 60% de transmissão de luz e 20% de transmissão de luz, verificou-se que os parâmetros de taxa fotossintética, condutância estomática e eficiência no uso da água foram maiores com o uso da tela de 60%, porém a concentração intracelular de CO₂ foi menor. Dessa forma, notou-se que mudas de abóbora com menor intensidade de luz podem suportar menor concentração de CO₂, enquanto aquelas sob maior intensidade de luz podem suportar maior concentração de CO₂ (Qin; Li, 2006).

11. Florescimento e frutificação

As flores das abóboreiras são monoicas e permanecem abertas por 24 horas, sendo a polinização principal a entomofílica, realizada por abelhas (Nick; Borém, 2017; Sediya; Vidigal, 2009). As flores masculinas estão localizadas acima das folhagens ao final do caule e as femininas possuem em sua base o ovário com forma definida (que dará origem ao fruto).

São plantas alógamas que se reproduzem por fecundação cruzada, podendo ocorrer autofecundação. A ocorrência da polinização fornece os estímulos hormonais por meio da auxina, que faz com que se desencadeiem as reações bioquímicas e quebra de cadeia de açúcares presentes no pedúnculo do fruto a ser desenvolvido, induzindo o fruto para que inicie a absorção de água e nutrientes para seu desenvolvimento adequado (Sediya; Vidigal, 2009).

A abóbora híbrida Tetsukabuto (*C. moschata* x *C. maxima*) possui flores masculinas estéreis, ou seja, o pólen é incapaz de fecundar a flor feminina. Dessa maneira, para a produção comercial dessa abóbora faz-se o plantio intercalado com um cultivar polinizador (15 a 20% da área) intercalando-se 1 linha polinizadora para 4 linhas da híbrida comercial. Além da correta proporção no plantio, é necessária a antecipação do plantio do cultivar que fornecerá o pólen em 7 a 14 dias, para obter uma floração sincronizada (Sediya; Vidigal, 2009).

12. Efeitos de reguladores vegetais

Em abóboras híbridas Tetsukabuto faz-se uso de reguladores vegetais para indução de partenocarpia, aplicando-os nas flores abertas, dessa forma, os frutos se desenvolvem sem a necessidade de polinização, otimizando a área produzida com a abóbora híbrida (Nick; Borém, 2017).

O uso de biorreguladores também está relacionado à estratégias para aumento de produtividade, sendo que a aplicação exógena de hormônios sintéticos nas plantas para indução da partenocarpia pode ser realizado com o uso de ácido indolilacético e alfa-naftaleno acetato de sódio (Nick; Borém, 2017; Sediya; Vidigal, 2009).

O uso da auxina ácido 2,4-D na dosagem de 200 a 250 ppm aplicado nas plantas, proporcionou elevação da produção, por sua similaridade com o IAA, sendo amplamente recomendada a aplicação diária de 2 ml em cada flor aberta das 06:00 às 11:00 horas (Nick; Borém, 2017; Sediya; Vidigal, 2009).

Amado et al. (2012), em estudo com abóboras e doses de 2,4-D como regulador vegetal aplicado internamente nas flores durante 7 dias, obtiveram a maior produtividade com

a dose de 19,2 mL ha⁻¹. Pereira et al. (2012), encontrou maiores produtividades utilizando o 2,4-D na dose de 212,8 mg L⁻¹. Já Ferreira et al. (2017), notaram aumento no peso médio dos frutos utilizando a dose de 225,0 mg L⁻¹, evidenciando assim que o uso desse regulador vegetal no desenvolvimento da abóbora é muito positivo para elevação na produção.

Matos et al. (2017), estudaram o uso de dois reguladores vegetais à base de auxina, giberelina e nutrientes em abóboras e obtiveram como resultado a elevação da produtividade em relação à plantas onde não foram usados os biorreguladores.

O uso de NAA-Na, estudado por Amarante e Macedo (2000), mostrou-se eficiente na dosagem de 150 mg L⁻¹, podendo ser usado de forma complementar à baixa ocorrência de polinizadores ou a não sincronização no florescimento, para produção da abóbora híbrida Tetsukabuto.

Na germinação de sementes o uso de tiametoxam na dose de 4 a 6 ml kg⁻¹ de sementes mostrou efeito bioativador, garantindo às sementes maior qualidade fisiológica na germinação, teste de frio e teste de envelhecimento acelerado (Lemes et al., 2015).

13. Senescência e pós-colheita

De maneira geral, as abóboras colhidas maduras apresentam uma vida pós-colheita longa, podendo ser estocadas por até um ano ou mais, em ambiente seco e fresco. No armazenamento da colheita, até os quatro meses, ocorre aumento da concentração de açúcares e betacaroteno, além da diminuição nos teores de amido dos frutos (Robinson; Decker-Walters, 1997).

Teores de sólidos solúveis e açúcares variam de maneira parabólica, e se elevam a partir dos 30 dias após a colheita em proporções variáveis para cada cultivar. O betacaroteno também apresenta elevação após a colheita, evidenciando assim que o fruto possui atividade fisiológica após colhido. O inverso é observado com o teor de amido, que diminui com o armazenamento, e atinge seu máximo de acúmulo no ponto final de fixação de CO₂ e após a colheita, não tendo mais atividade fotossintética, cessa o acúmulo de amido (Pedrosa et al., 1983).

A colheita da abóbora híbrida Tetsukabuto ocorre entre 90 e 120 dias após a semeadura, sendo colhidos frutos completamente maduros. Os frutos podem ser armazenados por até 3 meses em local adequado.

Após dois ciclos da cultura, é recomendada a rotação com leguminosas, cereais ou hortaliças folhosas durante dois anos. Os restos culturais devem ser retirados da área para evitar a propagação de microrganismos.

Referências

- AMADO, M.V.L. et al. Efeito da produtividade de abóbora japonesa (*Tetsukabuto*) em diferentes doses de fitormônio. **Revista Integralização Universitária**, v. 5, n. 7, p. 52–56, 2012.
- AMARANTE, C.V.T.; MACEDO, A.F. Frutificação e crescimento de frutos em abóbora híbrida ‘Tetsukabuto’ tratada com alfa-naftalenoacetato de sódio. **Horticultura Brasileira**, v. 18, n. 3, p. 212–2014, 2000.
- BERNARDES, L.O. et al. Fenologia de *Cucurbita pepo* L. em diferentes condições de luminosidade. In: ENCONTRO LATINO AMERICANO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 15.; ENCONTRO LATINO AMERICANO DE PÓS-GRADUAÇÃO, 11.; ENCONTRO LATINO AMERICANO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA JÚNIOR, 5., 2011, São José dos Campos, 2011. **Anais...**
- BOLIGON, A.A.; GARCIA, D.C. Emergência de plântulas de abóbora a partir da avaliação da qualidade das sementes. **Ciência Rural**, v. 40, n. 11, p. 2274–2281, 2010.
- FERREIRA, T.A. et al. Indução da frutificação paternocarpica de frutos em híbrido de abóbora japonesa com 2,4-D sob condições de temperatura elevada. **Nucleus**, v. 14, n. 1, p. 145–152, 2017.
- FILGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2008. 421 p.
- HEIDEN, G.; BARBIERI, R.L.; NEITZKE, R.S. **Chave para a identificação das espécies de abóboras (*Cucurbita*, *Cucurbitaceae*) cultivadas no Brasil**. EMBRAPA Clima Temperado, 2007.
- LEMES, E.S. et al. Germinação e vigor de sementes de abóbora tratadas com tiametoxam. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 45, n. 1, p. 122–127, 2015.
- LOPES, A.P. et al. Aumento de CO₂, emergência e desenvolvimento inicial de plântulas de diferentes variedades de abóbora. In: SIMPÓSIO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS DE DESERTIFICAÇÃO NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO, 2011, Juazeiro. **Experiências para mitigação e adaptação: anais...** Petrolina: EMBRAPA Semiárido, 2011.
- MATOS, J.P. et al. Floração e rendimento de frutos da abobrinha italiana ‘Daiane’ sob aplicação de regulador vegetal e fertilizante foliar. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering**, v. 11, n. 1, p. 107–115, 2017.
- NASCIMENTO, W.; LIMA, G.; CARMONA, R. Influência da quantidade de pólen na produção e qualidade de sementes híbridas de abóbora. **Horticultura Brasileira**, v. 29, n. 1, p. 21–25, 2011.
- NICK, C.; BORÉM, A. (Ed.). **Abóboras e morangas: do plantio à colheita**. Viçosa: UFV, 2017. 203 p.

PEDROSA, J.F. et al. Variação na composição química durante o armazenamento de morangas e abóboras. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 18, n. 1, p. 29–32, 1983.

PEREIRA, A.M. et al. Frutificação de abóbora Tetsukabuto sob aplicação de doses de 2,4-D na época seca em Pombal, PB. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 7, n. 4, p. 38-43, 2012.

QIN, S.; LI, L. Effects of shading on squash seedlings morphological and photosynthetic physiological characteristics. **The Journal of Applied Ecology**, v. 17, n. 4, p. 653-656, 2006.

RIBEIRO, D.S. et al. Eficiência de conversão da radiação fotossinteticamente ativa para a produção de fitomassa da cultura da abóbora italiana em ambiente protegido. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 15., 2007. **Anais...**

ROBINSON, R.W.; DECKER-WALTERS, D.S. **Cucurbits**. New York: CAB International, 1997. 226 p.

RODRIGUES, R.R.; SOUZA, V.C. **Botânica sistemática**: aplicada aos cursos de engenharia agrônômica e engenharia florestal. Piracicaba: ESALQ, 2007. 103 p.

SEDIYAMA, M.A.N.; VIDIGAL, S.M. **Cultura da moranga híbrida ou abóbora ‘Tetsukabuto’**. Belo Horizonte: EPAMIG, 2009. 58 p. (Boletim Técnico, 92).

VIDIGAL, S. M.; PACHECO, D. D.; FACION, C. E. Crescimento e acúmulo de nutrientes pela abóbora híbrida tipo Tetsukabuto. **Horticultura Brasileira**, v. 25, n. 3, p. 375–380, 2007.

ALCACHOFRA



ALCACHOFRA (*Cynara cardunculus*)

Ellen Rayssa Oliveira

1. Introdução

A alcachofra é uma planta herbácea pertencente à família Asteraceae e originária da Bacia do Mediterrâneo, muito apreciada devido ao seu valor nutricional e propriedades medicinais e farmacêuticas.

Nos últimos anos, a crescente demanda por alimentos funcionais ocasionou uma grande procura por compostos naturais com propriedades antioxidantes. Assim, o cultivo de alcachofra destaca-se nesse contexto, uma vez que a alcachofra é um alimento rico em compostos fenólicos, fibras, vitamina C, flavonoides e sais minerais, uma excelente opção para uma alimentação balanceada e saudável. Essa hortaliça pode ser consumida *in natura* utilizando as brácteas do receptáculo floral ou industrializada, pelos capítulos imaturos em conserva.

O cultivo de alcachofra apresenta grande importância econômica, pois essa hortaliça é cultivada em diversos países contribuindo com o fomento da economia local, especialmente da região mediterrânea, onde é considerada uma das culturas hortícolas mais importantes. A alcachofra geralmente é comercializada como um produto agrícola de alto valor agregado, uma vez que é extremamente apreciado por suas características nutricionais, organolépticas e funcionais.

Ademais, o gerenciamento dos resíduos do cultivo da alcachofra é fundamental para assegurar a sustentabilidade da produção. Os subprodutos da alcachofra demonstram potencial na produção de celulose e contribuição com a indústria na produção de biocombustíveis, promovendo redução da emissão de gases de efeito estufa e assegurando o fornecimento de energia sustentável.

Para o desenvolvimento de técnicas de cultivo adequadas, métodos de irrigação, exploração de propriedades farmacêuticas, determinação da época ideal de plantio, manejo de adubação e fenologia da alcachofra é fundamental compreender os processos fisiológicos da planta, de modo a obter sistemas de produção sustentáveis e maiores índices produtivos.

Portanto, o estudo da fisiologia do cultivo de alcachofra é fundamental para compreender o crescimento e o desenvolvimento da planta de modo a otimizar a rentabilidade do cultivo e a qualidade do produto final. Dessa forma, este trabalho objetiva elencar as informações mais atualizadas sobre o cultivo da alcachofra, com enfoque nos aspectos fisiológicos.

2. Origem e distribuição geográfica

A alcachofra é uma planta nativa da região mediterrânea e amplamente cultivada no sul da Europa e no norte da África e contribui significativamente com a economia agrícola desse território (Mauro et al., 2009). De acordo com a Food and Agriculture Organization (FAO) da Organização das Nações Unidas, a produção mundial de alcachofra foi de 1.470.332 toneladas. A Itália destaca-se como maior produtor mundial de alcachofra, com uma produção estimada em 376. 280 toneladas e uma área plantada de 38. 450 hectares, aproximadamente 33% da área cultivada com essa hortaliça no mundo (FAO, 2023).

A origem do cultivo de alcachofra é muitas vezes atribuída aos árabes durante o domínio do sul do Mediterrâneo no decorrer da Idade Média. Eles provavelmente exerceram um papel significativo na disseminação desta cultura, bem como de outras hortaliças, como berinjela e espinafre (Sonnante et al., 2007). Em função do processo de domesticação e potencial uso como alimento medicinal, o cultivo expandiu-se para outros países da Europa e

posteriormente para América Latina (Mauro et al., 2009). Atualmente, o cultivo de alcachofra também é realizado no Egito, Espanha, Argélia, China, França, Estados Unidos e em países da América do Sul, principalmente Peru, Argentina e Chile.

No Brasil, embora a alcachofra seja cultivada nas regiões Sul e Sudeste, a produção é pouco expressiva em termos mundiais. No estado de São Paulo, a produção ocorre em locais com clima ameno, com destaque para as cidades de Piedade, Ibiúna, São Roque e Capão Bonito (Camargo Filho et al., 2009).

3. Classificação botânica

A alcachofra [*Cynara cardunculus* L. var. *scolymus* (L.) Fiori], é uma planta pertencente ao gênero *Cynara* e à família Asteraceae. O gênero *Cynara* engloba o complexo de espécies *C. cardunculus*, composto pela alcachofra [var. *scolymus* (L.) Fiori], cardo cultivado (var. *altilis* DC.) e o cardo selvagem [var. *sylvestris* (Lamk) Fiori], além de outras espécies silvestres mediterrâneas (Mauro et al., 2009).

Dessa forma, o complexo *C. cardunculus* inclui tanto táxons silvestres quanto duas culturas tradicionalmente propagadas por métodos diferentes dentro de uma única espécie biológica. Classificações botânicas anteriores consideravam a alcachofra uma espécie separada, *C. scolymus* L. Entretanto, Wiklund (1992) descreveu a alcachofra cultivada, cardo folhoso e cardo selvagem, como uma única espécie. Por isso, essa nomenclatura ainda é usada em muitos artigos científicos (Se, Kara et al., 2016).

4. Morfologia e anatomia

A alcachofra é uma planta herbácea e perene, com um ciclo produtivo em torno de cinco anos. Essa hortaliça possui folhas grandes que podem atingir 50-200 cm de comprimento, são rubescentes e apresentam pilosidade na superfície abaxial. O caule principal é ereto, de formato cilíndrico, verde-acinzentado, podendo atingir mais de 2 m de altura. A planta pode desenvolver um sistema radicular profundo (90-120 cm), de acordo com Se, Kara et al. (2016).

O tipo básico de inflorescência da alcachofra é o capítulo (cabeça), que consiste em um pedúnculo muito longo (até 180 cm) e um receptáculo onde se inserem as flores púrpuras e brácteas membranáceas externas (Figura 1). No interior do capítulo e em torno das flores, existem muitas cerdas (brácteas interflorais) semelhantes a pelos brancos rígidos. Uma cabeça principal e 4–20 cabeças secundárias e terciárias são produzidas por planta (Basay, 2022).

As flores são hermafroditas, tubulares, caracterizadas pela maturação centrípeta e simetria radial. A corola da flor é gamopétala com cinco lóbulos iguais. O cálice é constituído por sépalas modificadas, denominadas pápus, que facilita o processo de dispersão dos frutos pelo vento (anemocoria). O androceu possui 5 estames, com filetes livres e anteras fundidas, que envolvem o estilete. O ovário é inferior e unilocular, envolto por anteras em uma estrutura denominado colar de antera (Baggio et al., 2011).

Os botões são colhidos em um estágio imaturo antes de abrirem e exporem a flor. A base de cada bráctea e a grande base carnuda ou receptáculo (“coração”) em que a flor e as brácteas são suportadas são carnudas e comestíveis e consistem em uma fonte rica de compostos bioativos, fibras e minerais. Caso os botões amadureçam, irão desenvolver flores vistosas e atraentes. As flores são grandes, de um tom azul brilhante, muito perfumadas, atrativas e duradouras. As flores no receptáculo floral estão dispostas em forma de disco (Baggio et al., 2011).

O fruto é uma cipsela (isto é, um aquênio originário de um ovário inferior), monospérmico, indeiscente e seco. A única semente dentro do fruto unilocular não é aderida ao pericarpo. Normalmente, as sementes maduras possuem um leve e pequeno endosperma onde ocorre o acúmulo de óleo (Mazzeo et al., 2020).

O formato, presença de espinhos, tamanho e cor dos capítulos são caracteres varietais. No Brasil, existem dois tipos comercializados, o verde e o roxo (Figura 2). A alcachofra verde apresenta brácteas com a extremidade pontiaguda e a roxa apresenta brácteas com a extremidade arredondada e bifurcada, com coloração roxa e base esverdeada.

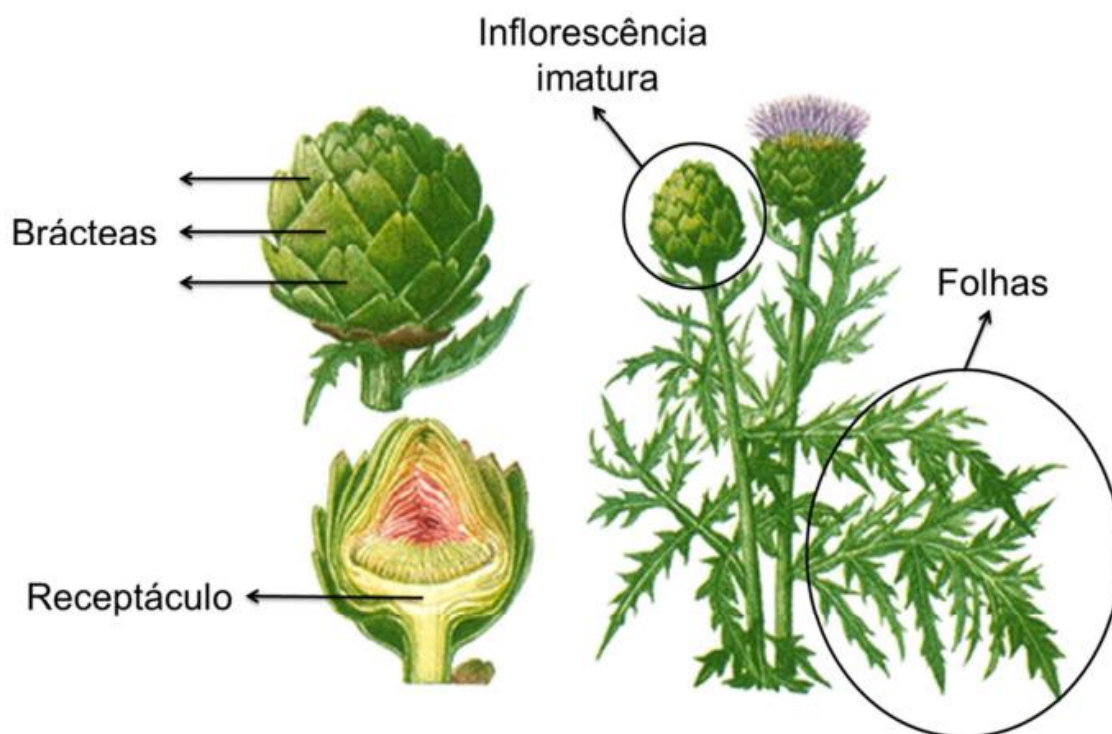


Figura 1. Morfologia da alcachofra (Adaptado de Saucier, 2013).

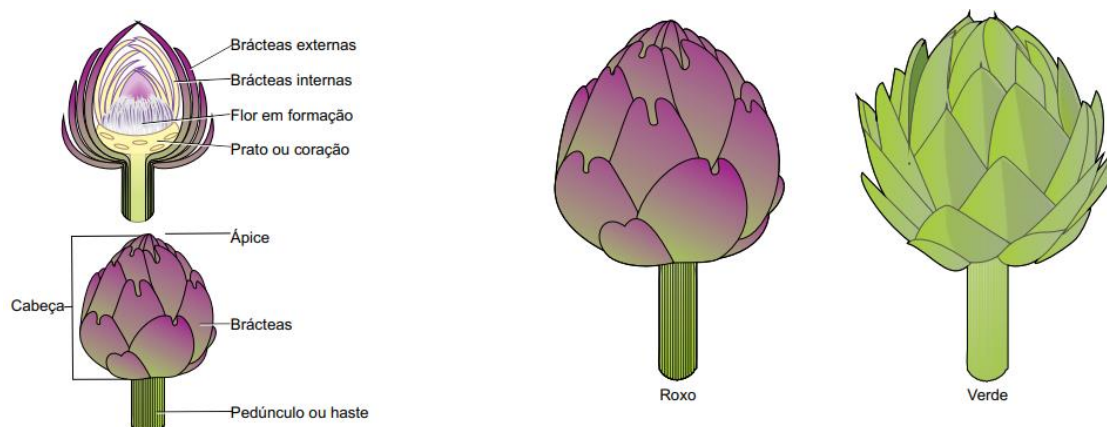


Figura 2. Tipos varietais de alcachofra comercializados no Brasil (Adaptado de Bertoldo Borges Filho).

5. Propriedades nutricionais

A alcachofra é considerada um alimento funcional, pois apresenta propriedades medicinais e nutricionais relacionadas ao seu alto teor de compostos fenólicos, flavonoides, inulina, vitamina C, fibras e sais minerais (potássio, sódio e fósforo). Essa planta é consumida *in natura* ou industrializada e também na forma de chás e medicamentos fitoterápicos desde a antiguidade em vários países. Dentre as diversas aplicações e benefícios da alcachofra destacam-se a propriedade hepatoprotetora, anticarcinogênica, antimicrobiana, antifúngica,

antiflamatória, probiótica e colerética (Cecarrelli et al., 2010; Reolon-Costa; Grando; Cravero, 2017).

A alcachofra atraiu a atenção da indústria farmacêutica, pois diferentes partes da planta de alcachofra podem ser exploradas, as folhas, frutos, inflorescências e raízes são utilizadas como fontes de compostos naturais promotores da saúde. Os componentes químicos mais abundantes na alcachofra são os polifenóis, principalmente os derivados do ácido clorogênico (ácido 5-*O*-cafeoilquínico) e da cinarina (ácido 1,5-di-*O*-cafeoilquínico). Em relação aos flavonoides, os principais são apigenina e luteolina, e seus glicosídeos. Esses compostos fenólicos atuam na eliminação das espécies reativas de oxigênio (ERO's) e radicais livres, funcionando como um sistema protetor contra danos oxidativos às moléculas biológicas (Cecarrelli et al., 2010).

A variabilidade da composição polifenólica da alcachofra em capítulos florais está relacionada a sua diversidade genética, bem como com seu estágio fisiológico de desenvolvimento (época da colheita) e das condições climáticas durante o crescimento da planta (Lombardo et al., 2010).

6. Germinação e propagação

A propagação da alcachofra pode ser por sementes ou vegetativa. A germinação das sementes de alcachofra é variável, dependendo do cultivar e geralmente varia de 50 a 90%. A temperatura ideal para germinação é de 20 a 25°C. No entanto, as sementes de alcachofra apresentam grande oscilação na germinação sob diferentes condições de luz e temperatura, o que reduz a uniformidade e o vigor do transplante. Para sistemas de produção anual, recomenda-se o uso de mudas ao invés de semeadura direta. Após a semeadura, normalmente leva de 6 a 7 semanas para que as mudas estejam prontas para o transplante. O tamanho ideal das mudas é de 12 a 15 centímetros de altura com 4 a 5 folhas definitivas (Leskovar; Othman, 2016; Agehara, 2017).

A propagação sexuada reduz os custos de produção e origina plantas com sistema radicular mais desenvolvido, no entanto, a porcentagem de germinação em sementes de alcachofra não é elevada e está condicionada a idade da semente e da planta matriz, cultivares, condições ambientais durante o enchimento dos grãos e temperatura durante a germinação (Damato; Calabrese, 2007).

Durante o processo de germinação, diversos patógenos podem infectar as sementes, o que provoca retardamento no crescimento e desenvolvimento. Dentre os fungos que

frequentemente atacam as sementes de alcachofra, os mais prejudiciais são *Aspergillus niger*, *Alternaria alternata* e *Rhizopus sp.* (Ziani; Ursđa; Maté, 2010).

Além disso, as sementes de alcachofra apresentam sensibilidade à salinidade. Sob condições de potenciais osmóticos iguais ou mais negativos que -10 atm, a germinação e o vigor de sementes de alcachofra são severamente afetados (Leskovara; Othman, 2016).

A alcachofra é geralmente propagada vegetativamente por meio de rebentos, brotos dormentes subterrâneos ou pela divisão de porções de caules basais enraizados. Esse tipo de propagação favorece a produção uniforme de plantas e com alta produtividade em condições de clima e solo adequadas (Costa, 2011).

Ademais, a propagação vegetativa promove maior precocidade de produção, reprodução idêntica da planta matriz e eficiência no tempo de produção das mudas. Entretanto, este método possui elevado custo, provoca heterogeneidade fisiológica do material propagativo no vigor e na produção, devido à falta de uniformidade no enraizamento e crescimento dos brotos, além de baixa taxa de multiplicação e flexibilidade no cronograma de transplante, alta porcentagem de falhas de plantio e também pode facilitar a difusão de patógenos, particularmente *Verticillium spp.* e viroses (Riahi et al., 2017).

Portanto, em face dos entraves existentes, tanto na propagação sexuada quanto vegetativa, a micropropagação pode ser uma estratégia para a produção uniforme e com elevada qualidade sanitária. Em outras espécies, essa técnica viabiliza resultados promissores, todavia, na propagação de alcachofra, a micropropagação ainda não foi otimizada e a taxa de sucesso permanece baixa, sendo necessário estabelecer procedimentos adequados para a propagação *in vitro* dessa cultura (Costa, 2011).

7. Desenvolvimento de raízes

As plantas propagadas por sementes desenvolvem uma raiz principal e muitas raízes secundárias, enquanto as plantas propagadas vegetativamente formam raízes adventícias espessas que gradualmente adotam a função de um órgão de reserva durante o período de crescimento (Seýkara et al., 2016).

Durante o estabelecimento no campo, sob condições desfavoráveis como altas temperaturas, nas primeiras semanas após o transplante da porção basal enraizada do caule ou de mudas na propagação por sementes, a formação de raízes é lenta, o que resulta na insuficiência de captação de água no período em que a demanda transpiratória do ambiente aumenta, provocando a morte das plantas por dessecação (Martín-Closas et al., 2004).

8. Desenvolvimento das folhas

O desenvolvimento das folhas em plântulas oriundas de sementes se inicia depois que os cotilédones estão totalmente desdobrados. As primeiras quatro folhas rosuladas são inteiras com formato elíptico e margens crenadas. Posteriormente, as folhas irão se expandir e o pecíolo se alonga. Em seguida, as folhas mudam de forma (de elípticas para runcinadas com margens lobadas) enquanto uma folha mais lobada é formada (Archontoulis et al., 2010).

O desenvolvimento das folhas a partir da brotação começa após a expansão da primeira folha. Frequentemente, duas a quatro novas folhas por planta são formadas e crescem em conjunto. Essas folhas são divididas com margens natífidas e se expandem rapidamente. O desenvolvimento das folhas a partir da brotação é muito mais acelerado do que das mudas, porque as reservas nas raízes são mais abundantes para sustentar o crescimento (Archontoulis et al., 2010).

9. Efeitos de fatores ecológicos

O cultivo de alcachofra é realizado em diferentes condições ambientais, mas para a produção comercial, recomendam-se locais com clima mais ameno, temperaturas noturnas mais baixas e alta umidade ao longo da maior parte do ano. A temperatura ideal de crescimento varia de 8 a 30°C. As temperaturas diurnas e noturnas ideais são 24 e 13°C, respectivamente. A alcachofra resiste ao frio, mas não às geadas fortes que danificam os botões florais e a folhagem. Assim, no período de inverno a mínima deve ser superior a 5°C. Além disso, temperaturas superiores a 28°C provocam a abertura, perda da cor e amadurecimento precoce da alcachofra tornando-as menos carnosas e mais duras. Para iniciar o desenvolvimento dos brotos, as plantas requerem exposição suficiente ao frio ou vernalização, que geralmente é de 250 a 500 horas de temperaturas abaixo de 10°C (Agehara, 2017).

A alcachofra é uma planta de dia longo com fotoperíodo crítico de aproximadamente 10,5 horas. Nas plantas oriundas da propagação sexual, é necessário a interação do fotoperíodo, baixas temperaturas e tamanho adequado das plântulas para a iniciação floral e alongamento do caule (Costa, 2011).

10. Relações hídricas

Um fator crítico para a produção de alcachofra é a umidade adequada do solo. A cultura da alcachofra apresenta exigência hídrica relativamente alta, em parte devido à sua grande biomassa de folhagem e ao longo ciclo de produção, que pode durar até 7 meses ou

mais quando cultivada em um ciclo de produção anual (Leskovar et al., 2011). A alcachofra é sensível a períodos de secas prolongadas, resultando na quebra de safra e também apresentam sensibilidade ao excesso de água, em função da irrigação excessiva e a saturação prolongada, principalmente durante o período de estabelecimento do transplante, especialmente em solos mais argilosos (Agehara, 2017).

Assim, para manter a umidade ideal do solo é necessário a utilização de irrigação diariamente. Durante a formação dos botões, o manejo inadequado da irrigação pode resultar na má formação de botões, resultando em botões duros e de baixa qualidade, afetando o crescimento. O estresse hídrico também pode causar escurecimento nas pontas dos botões e depreciar o potencial de comercialização dos botões afetados (Agehara, 2017).

11. Solos, nutrição mineral e micorrizas

A alcachofra é geralmente cultivada em uma ampla diversidade de tipos de solos nas planícies costeiras, mas que são frequentemente caracterizados pelo baixo teor de nitrogênio e fósforo disponíveis, além de teor moderado a alto de potássio e cálcio (Elia; Conversa, 2007).

Os produtores de alcachofra realizam a fertilização com nitrogênio que habitualmente é considerada a principal técnica para aumentar tanto a precocidade quanto o rendimento da colheita, enquanto que a fertilização com fósforo é executada em menor escala, somente com o objetivo de reduzir os custos culturais (Ierna; Mauro; Mauromicale, 2012).

A cultura da alcachofra desenvolve-se e apresenta bom rendimento em solos argilosos ou de textura média, com boa drenagem e permeabilidade, responde bem em terrenos de meia encosta, também é pouco tolerante à acidez do solo, para isso deve-se efetuar calagem para atingir o pH ideal de 6,0 e elevar a saturação de bases a 80%. Altos índices de produtividade são obtidos quando a alcachofra é cultivada em solos profundos, férteis e bem drenados, com textura de franco arenoso a franco argiloso. Solos com textura muito argilosa ou extremamente arenosos devem ser evitados (Ierna; Mauro; Mauromicale, 2012).

Dessa forma, o fornecimento adequado de fertilizantes é extremamente necessário para obter um ótimo crescimento e rendimento de cabeças de alcachofras e melhorar a qualidade do produto para comercialização *in natura*. Os efeitos da adubação mineral no rendimento da alcachofra apresentam variações em função da fertilidade do solo, das condições climáticas e das doses de aplicação (Paradiso et al., 2007; Saleh et al., 2016).

O nitrogênio e o fósforo são considerados elementos essenciais que devem ser fornecidos às culturas para se obter um bom crescimento e rendimento. A alcachofra requer grandes quantidades de nitrogênio para atingir o rendimento máximo da cultura e para

suportar a grande folhagem. Em diferentes localidades do Mediterrâneo, os produtores costumam fornecer à cultura doses massivas de nitrogênio, em torno de 500 kg ha⁻¹ para acelerar o crescimento da planta e maximizar os rendimentos econômicos. No entanto, doses de nitrogênio de 300 kg ha⁻¹ são suficientes para atingir a produtividade máxima da alcachofra. A adubação fosfatada de 200 kg P₂O₅ ha⁻¹ promoveu maior rendimento de cabeças de alcachofra, além de aumentar a eficácia da adubação nitrogenada (Ierna; Mauromicale; Licandro, 2006).

A adubação com fósforo e potássio deve ser realizada com base nos resultados da análise de solo. Se os níveis de fósforo e potássio estiverem acima de 60 e 150 ppm, respectivamente, não é necessário o fornecimento suplementar. Para solos abaixo desses níveis, podem ser aplicados aproximadamente 222 kg de potássio por hectare (Agehara, 2017).

A associação simbiótica com fungos micorrízicos promove maior produção de raízes em plantas micropropagadas não enraizadas, permitindo sua sobrevivência após o transplante para o campo. Além disso, a inoculação micorrízica com *Glomus viscosum* na alcachofra micropropagada promoveu maior condutância estomática, provavelmente para suprir as necessidades de carbono dos fungos simbiontes e maiores valores do índice de conteúdo de clorofila devido a um maior potencial fotossintético e, conseqüentemente, ao seu melhor estado nutricional de nitrogênio em virtude da relação simbiótica (Campanelli et al., 2013).

As plantas inoculadas com fungos micorrízicos apresentam maior altura da parte aérea, área foliar, massa da matéria fresca e seca e densidade radicular. Assim, a simbiose micorrízica estimula o crescimento das mudas inoculadas e se constitui em uma ferramenta importante para a produção hortícola sustentável de alcachofras em viveiro, proporcionando um material de propagação de alta qualidade e é uma prática eficaz para superar os problemas fitossanitários relacionados ao cultivo de alcachofras (Campanelli et al., 2011).

A inoculação com fungos micorrízicos arbusculares atua como uma técnica de controle biológico contra o ataque do *Verticillium dahliae*, patógeno responsável pela doença murcha de verticillium que atinge plantas de alcachofra. Nesse sentido, a associação simbiótica micorrízica substitui a utilização de compostos químicos. As plantas inoculadas apresentam maior atividade das enzimas ascorbato peroxidase (APX), monodesidroascorbato redutase (MDHAR) e superóxido dismutase (SOD), além de um maior teor de ascorbato (ASC) e glutatona (GSH) relacionadas com o sistema de defesa da planta. Logo, a inoculação representa uma estratégia eficaz para mitigar a patogenicidade de *V. dahliae* em alcachofras (Villani et al., 2021).

A colonização de fungos endomicorrízicos no meio de cultivo também é uma estratégia para aumentar a resistência da alcachofra ao estresse salino, pois melhora o conteúdo relativo de água e aumenta a concentração de prolina no tecido vegetal. Dessa forma, promove maiores taxas de germinação e uniformização da emergência, especialmente em sementes de alcachofra armazenadas por períodos maiores que um ano (Leskovara; Othman, 2016).

12. Fotossíntese e translocação

A alcachofra é uma espécie com metabolismo fotossintético C3, sendo a ribulose – 1,5 –bifosfato carboxilase a enzima responsável por catalisar a reação de fixação do CO₂ que ocorre no ciclo de Calvin. Nesse processo fisiológico, o primeiro produto estável é uma triose, gliceraldeído–3–fosfato. Os açúcares produzidos no processo fotossintético serão exportados das áreas de produção (fontes) para os drenos (raízes, folhas jovens e inflorescências). As plantas de alcachofra também apresentam fotorrespiração, processo que contribui de forma fundamental para a homeostase redox celular e dissipação de energia, evitando fotoinibição (Falvo et al., 2012).

13. Florescimento e frutificação

A alcachofra é uma planta de polinização cruzada. A fertilização cruzada ocorre não por autoincompatibilidade, mas por protandria, uma condição assíncrona de reprodução em que a liberação do pólen das anteras ocorre antes dos estigmas estarem receptivos. A protandria e a polinização por insetos asseguram a elevada proporção de cruzamento. O número final de inflorescências por planta é fortemente afetado pelas interações genótipo, manejo e ambiente, geralmente varia de 1 a 4 ou 8 a 12 inflorescências por planta. Na maioria dos cultivares, cada capítulo contém cerca de 800-1400 flores, todas férteis (Baggio et al., 2011).

A maturação das flores inicia centripetamente na parte externa da cabeça e continua em direção ao centro. À medida que as flores se abrem, o estigma se estende e empurra o pólen para o interior do tubo antérico, que se abre espontaneamente. O pólen germina imediatamente, mas o estigma só se torna receptivo cerca de 5 a 7 dias depois, evitando a autopolinização no interior das flores individuais. O néctar se acumula no bulbo nectarífero, localizado abaixo das anteras. A secreção de néctar e a polinização por abelhas começam com a deiscência da antera e finaliza quando o estilete murcha. O grão de pólen é viável por 2 a 3 dias e fertilizará outras flores do mesmo capítulo ou de outros capítulos se carregado por

insetos. As flores de alcachofra geralmente apresentam forte fragrância e produzem um néctar abundante que, em condições de campo, atrai uma grande variedade de insetos polinizadores. O principal polinizador na bacia do Mediterrâneo é a abelha *Apis mellifera* (Basnizki; Zohary, 2010).

A alcachofra produz um fruto chamado cipsela, um tipo de aquênio normalmente seco e indeiscente, inicialmente preso ao pápus, mas que posteriormente é disperso pelo vento (anemocoria). As sementes dos aquênios são pequenas, piriformes e achatadas com tegumento liso e duro (Mazzeo et al., 2020).

14. Zoneamento agroclimático e adaptações ao meio ambiente

A alcachofra é uma planta de estação fria que prefere o clima mediterrâneo caracterizado por verões secos e invernos amenos e úmidos. A temperatura ideal de crescimento varia de 8 a 30°C. A alcachofra é uma planta que exige temperaturas baixas, entretanto pode ser afetada pelo frio excessivo e pelas geadas. Os botões podem sofrer danos causados pelo congelamento e apresentar uma aparência esbranquiçada e com bolhas. Quando as temperaturas caem abaixo de 2°C, as plantas podem sofrer significativamente e o rendimento pode ser reduzido. Temperaturas elevadas, acima de 30°C e baixa umidade reduzem qualidade da cabeça, pois induzem a maturidade prematura das gemas, dureza, abertura das brácteas e descoloração (Agehara, 2017).

Dessa forma, a temperatura máxima de verão para o desenvolvimento, deve ser inferior a 30°C e no período de inverno a mínima deve ser superior a 5°C. As altitudes inferiores a 800m são as mais favoráveis para o plantio. Assim, as regiões climáticas favoráveis ao cultivo da alcachofra são restritas, principalmente pelo fator temperatura (Agehara, 2017).

A Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI) realizou o zoneamento agroecológico para a cultura da alcachofra no Estado de Santa Catarina (Figura 3).

Para a classificação das áreas com aptidão para o cultivo da alcachofra, a temperatura média mensal foi adotada como indicador climático. As áreas para o cultivo preferencial apresentam temperatura média mensal de 15 a 18° e as áreas em que o cultivo de alcachofra é tolerado 18 a 25°C. Os locais que apresentam temperatura média mensal abaixo de 15°C, com a temperatura média das mínimas inferior a 5°C, não são recomendados para o cultivo de alcachofra devido ao grande número de ocorrências de geadas (Thomé et al., 1999).

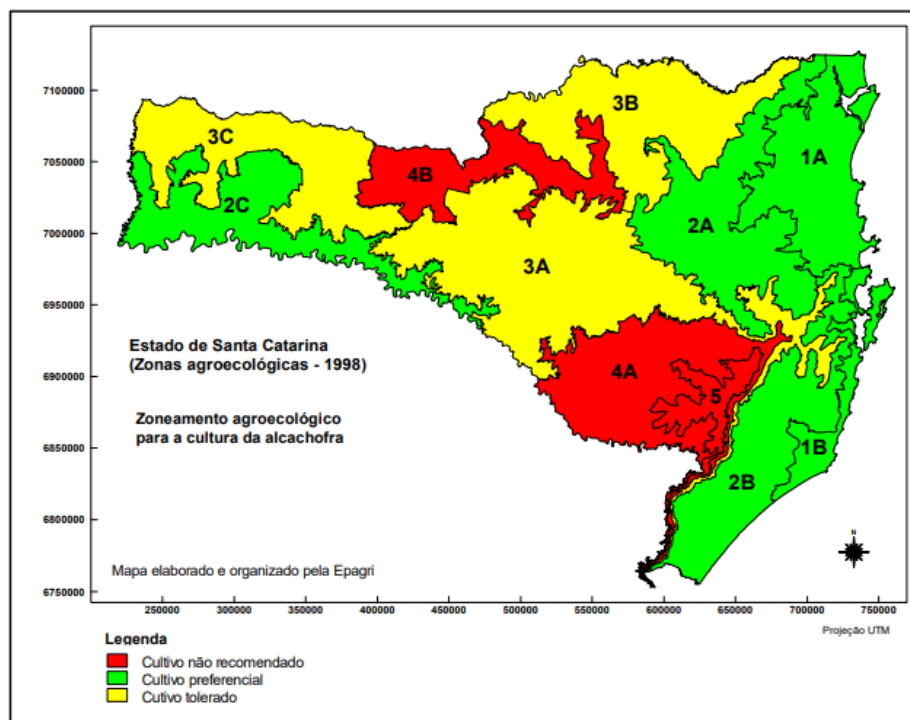


Figura 3. Mapa do zoneamento agroecológico para a cultura da alcachofra no Estado de Santa Catarina realizado pela Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI).

15. Estratégias para altas produções

A produtividade da alcachofra é altamente influenciada pela irrigação. O estresse hídrico durante o transplante e o crescimento vegetativo pode afetar negativamente o estabelecimento do estande, retardar o crescimento da parte aérea e da raiz da alcachofra e, consequentemente, reduzir o rendimento comercial. O monitoramento da umidade do solo durante o estágio reprodutivo, particularmente quando os botões florais são iniciados, é crítico para produzir alcachofras de alta qualidade para a comercialização (Leskovar; Xu, 2013). Portanto, o uso da irrigação é imprescindível para atingir altas produtividades de alcachofra.

O transplante como método de estabelecimento do estande de plantas em campo é uma técnica que promove maior comprimento da raiz e área de superfície, bem como tamanho da parte aérea e índice de teor de clorofila, resultando em maior rendimento comercial, em comparação com a semeadura direta. Dessa forma, para índices produtivos mais elevados e precocidade da produção recomenda-se o transplante das mudas (Leskovar; Othman, 2021).

O *mulching*, utilização de plásticos para a cobertura do solo, promove maior crescimento das plantas de alcachofra, principalmente pelo aumento no tamanho da planta e taxa fotossintética, além de resultar na precocidade e maior rendimento da alcachofra. Possivelmente isso ocorre devido as altas temperaturas na zona radicular promovidas pela cobertura plástica preta durante o inverno e a primavera, sendo então benéfico para a

alcachofra que geralmente é cultivada nesses períodos. Portanto, essa ferramenta é de extrema utilidade, de modo a otimizar as práticas de manejo da alcachofra destinadas a elevar os rendimentos em áreas com restrição hídrica, principalmente se for associada com a irrigação por gotejamento (Leskovar et al., 2013).

16. Efeitos de reguladores vegetais

Para produção de alcachofra é imprescindível a vernalização artificial de modo que ocorra a transição do estágio vegetativo para o reprodutivo. Em condições de frio insuficiente ou fotoperíodo desfavoráveis, a aplicação de 20 ppm de ácido giberélico aos 43 e 64 dias após o transplante mostrou-se eficaz na indução da formação de gemas, já que as plantas não tratadas permaneceram vegetativas. No cultivo de alcachofra semeada diretamente no solo em condições de clima quente, o uso do ácido giberélico (GA3) permitiu obter rendimento no mesmo ano (López et al., 2007).

Além disso, o GA3 é usado para encurtar o tempo de colheita das plantas de campo de alcachofra para atender a janela de exportação para o mercado europeu, bem como aumentar a produtividade, qualidade dos produtos e a porcentagem de botões comercializáveis em plantas perenes sistemas de alcachofra (El-Abagy et al., 2010).

Uma elevada porcentagem de germinação das sementes e o vigor das raízes são características importantes para melhorar o desempenho pós-transplante da alcachofra sob condições de estresse térmico. A utilização de 30 $\mu\text{M L}^{-1}$ de ácido 2-cloroetilfosfônico (ethephon) promoveu superação da termodormência das sementes de alcachofra e atenuou a inibição do crescimento inicial das raízes em temperatura mais alta (30°C). Além disso, a aplicação de 1-aminociclopropano-1-carboxílico (ACC) e ethephon (intervalo de 1-100 $\mu\text{M L}^{-1}$), ambos promotores de etileno, resultou no aumento da densidade radicular, área radicular e raízes laterais. Portanto, o etileno exógeno pode ser útil para aliviar o estresse térmico em sementes e mudas de alcachofra, além de melhorar o crescimento inicial durante o estabelecimento do estande (Shinohara et al., 2017).

Martín-Closas et al. (2004), ao avaliar os efeitos do metil jasmonato (MJ) nos primeiros estádios de desenvolvimento da alcachofra relataram que as menores concentrações de MJ aumentaram a altura da planta, a área foliar, a massa fresca da folha, além da massa fresca e seca do sistema radicular. Assim, em concentrações muito baixas, o MJ atua como promotor do crescimento vegetal da alcachofra, apresentando importantes efeitos no desenvolvimento do sistema radicular, fundamental para o estabelecimento da cultura no campo.

A utilização de ácido abscísico (ABA) na concentração de 1000 mg L⁻¹ promoveu maior tolerância e sobrevivência ao déficit hídrico dos transplantes de alcachofra, em função da indução do fechamento estomático, declínio transitório das taxas fotossintéticas além de aumento do potencial hídrico da folha. Logo, a aplicação exógena de ABA pode ser útil para condicionar os transplantes de alcachofra a suportar condições de estresse hídrico temporal e mitigar os efeitos adversos do transplante (Shinohara; Leskovar, 2014).

A aplicação exógena de putrescina proporcionou estimulação do crescimento de brotos e aumento no comprimento da folha, o que pode contribuir para a produção de matéria seca através do aumento da superfície fotossintética. Os teores de nitrogênio e fósforo nas folhas também aumentaram em resposta às aplicações de putrescina em função ao alto teor desses dois elementos na composição das cadeias de poliaminas. Por sua vez, a utilização de ácido salicílico resultou em plantas maiores e também em maior número de folhas. Na concentração de 100 ppm o ácido salicílico promoveu aumento nos teores de clorofila e carotenos (El-Abagy et al., 2010).

17. Senescência e aproveitamento de resíduos

Embora a alcachofra seja amplamente utilizada como alimento nutracêutico, essa hortaliça também apresenta potencialidades como fonte de biomassa fresca para alimentação animal, matéria-prima para a produção de bebidas alcoólicas e fabricação de insulina.

O cultivo de alcachofra produz quantidades elevadas de resíduos após a colheita. Essa biomassa poder ser explorada para fins industriais na produção de biocombustíveis e, por razões evidentes, não compete com a produção de alimentos, além de auxiliar na redução da emissão de gases de efeito estufa, assegurando o fornecimento de energia sustentável (Zayed, 2020). Pesce et al. (2020), relataram que os resíduos pré-tratados de alcachofra podem ser uma biomassa promissora para produção de bioetanol após hidrólise enzimática.

Ademais, os subprodutos da alcachofra demonstraram potencial na produção de celulose devido ao teor elevado de celulose e hemicelulose. Assim, a alcachofra tem sido considerada como uma cultura polivalente para diversas aplicações industriais, especificamente a produção de pasta de papel e biocombustível sólido (Ramos et al., 2014).

18. Conclusões

A alcachofra é um produto hortícola que possui grande potencial como alimento nutracêutico em função da sua composição química e biológica. Dessa forma, o cultivo de

alcachofra tem se expandido em diversos países devido a procura por alimentos funcionais e com propriedades medicinais.

A adoção de técnicas que prologuem o período de colheita e a utilização de estratégias para agregar valor ao produto final, desde classificação, embalagem e divulgação da versatilidade culinária da alcachofra, são requisitos fundamentais a fim de expandir a comercialização dessa hortaliça para outros canais de comercialização.

A produção da alcachofra está relacionada com fatores ambientais, genéticos, fisiológicos e culturais. Portanto, os sistemas de produção devem propiciar condições edafoclimáticas adequadas e o manejo da adubação e irrigação ideais para atingir altos índices produtivos e assegurar a qualidade comercial da alcachofra.

Referências

AGEHARA, S. Production guidelines for globe artichoke in Florida: HS1289/HS1289. **Edis**, v. 2017, n. 2, p. 4, 2017. Disponível em: <<https://journals.flvc.org/edis/article/view/127520>>. Acesso em: 30 abr. 2023.

ARCHONTOULIS, S.V. et al. Phenological growth stages of *Cynara cardunculus*: codification and description according to the bbch scale. **Annals of Applied Biology**, v. 156, n. 2, p. 253-270, 2010.

BAGGIO, M.I. et al. Floral biology of globe artichoke (*Cynara cardunculus* var. *scolymus*) 'nobre-upf', a Brazilian cultivar. **Acta Horticulturae**, n. 942, p. 297-302, 2012.

BASAY, S. Study of the structure of artichoke (*Cynara scolymus* L.) flowers. **Journal of Agricultural Science & Technology**, v. 24, n. 4, p. 913-924, 2022.

BASNIZKI, J.; ZOHARY, D. Breeding of seed-planted artichoke. **Plant Breeding Reviews**, p. 253-269, 2010.

CAMARGO FILHO, W.P.; CAMARGO, A.M.M.P.; CAMARGO, F.P. Mercado de alcachofra no estado de São Paulo e viabilidade da produção orgânica. **Informações Econômicas**, v. 39, n. 4, 2009.

CAMPANELLI, A. et al. Nursery inoculation with the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus viscosum* and its effect on the growth and physiology of hybrid artichoke seedlings. **Italian Journal of Agronomy**, v. 6, n. 3, p. 25, 2011.

CAMPANELLI, A. et al. Effectiveness of mycorrhizal fungi on globe artichoke (*Cynara cardunculus* L. var. *scolymus*) micropropagation. **Journal of Plant Interactions**, v. 9, n. 1, p. 100-106, 2013.

CECCARELLI, N. et al. Globe artichoke as a functional food. **Mediterranean Journal of Nutrition and Metabolism**, v. 3, n. 3, p. 197-201, 2010.

COSTA, A.R. **Caracterização morfofisiológica e micropropagação de alcachofra**. 2011. 186 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Passo Fundo, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2011.

COSTA, A.R.; GRANDO, M.F.; CRAVERO, V.P. Alcachofra (*Cynara cardunculus* [var. *scolymus* (L.) Fiori]): alimento funcional e fonte de compostos promotores da saúde. **Revista Fitos**, v. 10, n. 4, p. 375-547, 2017.

DAMATO, G.; CALABRESE, N. Osmoconditioning and germination temperatures in "seed" of two artichoke cultivars. **Acta Horticulturae**, n. 730, p. 331-336, 2007.

EL-ABAGY, H.M.H. et al. Physiological and biochemical effects of some bioregulators on growth, productivity and quality of artichoke (*Cynara scolymus* L.) plant. **Research Journal of Agriculture and Biological Sciences**, v. 6, n. 6, p. 683-690, 2010.

ELIA, A.; CONVERSA, G. Mineral nutrition aspects in artichoke growing. **Acta Horticulturae**, n. 730, p. 239-249, 2007.

FAO. **Crops statistical database of the Food and Agriculture Organization of the United Nations**. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/>>. Acesso em: 01 maio 2023.

IERNA, A.; MAURO, R.P.; MAUROMICALE, G. Improved yield and nutrient efficiency in two globe artichoke genotypes by balancing nitrogen and phosphorus supply. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 32, n. 3, p. 773-780, 2011.

IERNA, A.; MAUROMICALE, G.; LICANDRO, P. Yield and harvest time of globe artichoke in relation to nitrogen and phosphorus fertilization. **Acta Horticulturae**, n. 700, p. 115-120, 2006.

LESKOVAR, D.I.; OTHMAN, Y. Pre-transplant conditioning to mitigate heat, drought and biotic stresses in artichoke. **Acta Horticulturae**, n. 1147, p. 145-154, 2016.

LESKOVAR, D.I.; OTHMAN, Y.A. Direct seeding and transplanting influence root dynamics, morpho-physiology, yield, and head quality of globe artichoke. **Plants**, v. 10, n. 5, p. 899, 2021.

LESKOVAR, D.I.; XU, C. Irrigation strategies and water use efficiency of globe artichoke. **Acta Horticulturae**, n. 983, p. 261-267, 2013.

LESKOVAR, D.I.; XU, C.; AGEHARA, S. Planting configuration and plasticulture effects on growth, physiology, and yield of globe artichoke. **HortScience**, v. 48, n. 12, p. 1496-1501, 2013.

LOMBARDO, S. et al. Influence of genotype, harvest time and plant part on polyphenolic composition of globe artichoke [*Cynara cardunculus* L. var. *scolymus* (L.) Fiori]. **Food Chemistry**, v. 119, n. 3, p. 1175-1181, 2010.

LÓPEZ, J. et al. Artichoke production in the province of Murcia (SE Spain). **Acta Horticulturae**, n. 730, p. 223-227, 2007.

MARTÍN-CLOSAS, L. et al. Effect of methyl jasmonate on the first developmental stages of globe artichoke. **Acta Horticulturae**, n. 660, p. 185-190, 2004.

MAURO, R. et al. Genetic diversity of globe artichoke landraces from Sicilian small-holdings: implications for evolution and domestication of the species. **Conservation Genetics**, v. 10, n. 2, p. 431-440, 2009.

MAZZEO, G. et al. Insect pollinators improve seed production in globe artichoke (*Cynara cardunculus* var. *scolymus*). **Annals of Applied Biology**, v. 176, n. 3, p. 241-248, 2020.

PARADISO, R.; CUOCOLO, B.; PASCALE, S. Gibberellic acid and nitrogen rate affect yield and quality of artichoke. **Acta Horticulturae**, n. 730, p. 211-216, 2007.

PESCE, G.R.; FERNANDES, M.C.; MAUROMICALE, G. Globe artichoke crop residues and their potential for bioethanol production by dilute acid hydrolysis. **Biomass and Bioenergy**, v. 134, p. 105471, 2020.

RAMOS, P.A.B. et al. Phenolic composition and antioxidant activity of different morphological parts of *Cynara cardunculus* L. var. *altilis* (DC). **Industrial Crops and Products**, v. 61, p. 460-471, 2014.

REOLON-COSTA, A.; GRANDO, M.F.; CRAVERO, V.P. Alcachofra (*Cynara cardunculus* L. var. *scolymus* (L.) Fiori): alimento funcional e fonte de compostos promotores da saúde. **Revista Fitos**, v. 10, n. 4, p. 526-538, 2017.

RIAH, J. et al. Effect of vegetative propagation materials on globe artichoke production in semi-arid developing countries: agronomic, marketable and qualitative traits. **Agronomy**, v. 7, n. 4, p. 65, 2017.

SALEH S. A. et al. Response of artichoke productivity to different proportions of nitrogen and potassium fertilizers. **International Journal of ChemTech Research**, v. 9, n. 3, p. 25-33, 2016.

SEKARA, A. et al. Globe artichoke: a vegetable, herb and ornamental of value in central Europe. **The Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, v. 90, n. 4, p. 365-374, 2015.

SHINOHARA, T.; LESKOVAR, D.I. Effects of ABA, antitranspirants, heat and drought stress on plant growth, physiology and water status of artichoke transplants. **Scientia Horticulturae**, v. 165, p. 225-234, 2014.

SHINOHARA, T.; MARTIN, E.A.; LESKOVAR, D.I. Ethylene regulators influence germination and root growth of globe artichoke seedlings exposed to heat stress conditions. **Seed Science and Technology**, v. 45, n. 1, p. 167-178, 2017.

SONNANTE, G.; PIGNONE, D.; HAMMER, K. The domestication of artichoke and cardoon: from roman times to the genomic age. **Annals of Botany**, v. 100, n. 5, p. 1095-1100, 2007.

THOMÉ, V.M.R. et al. **Zoneamento agroecológico e socioeconômico de Santa Catarina**. Florianópolis: EPAGRI, 1999. 1 CD-ROOM.

VILLANI, A.; TOMMASI, F.; PACIOLLA, C. The arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus viscosum* improves the tolerance to verticillium wilt in artichoke by modulating the antioxidant defense systems. **Cells**, v. 10, n. 8, p. 1944, 2021.

WIKLUND, A. The genus *Cynara* L. (Asteraceae-Cardueae). **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 109, n. 1, p. 75-123, 1992.

ZAYED, A.; SERAG, A.; FARAG, M.A. *Cynara cardunculus* L.: outgoing and potential trends of phytochemical, industrial, nutritive and medicinal merits. **Journal of Functional Foods**, v. 69, p. 103937, 2020.

ZIANI, K.; URSĐA, B.; MATÉ, J.I. Application of bioactive coatings based on chitosan for artichoke seed protection. **Crop Protection**, v. 29, n. 8, p. 853-859, 2010.

ALCAPARRA



ALCAPARRA (*Capparis spinosa*)

Lucas Wadt

1. Origem e distribuição geográfica

A alcaparra é uma planta pertencente ao grupo *Capparis spinosa* Linnaeus, criado e descrito por Carolus Linnaeus. Este grupo pertence ao gênero *Capparis* L., da família *Capparaceae*, e inclui 350 espécies de origem tropical e subtropical, muitas das quais são distribuídas ao longo da região mediterrânea. Descobertas arqueológicas apontam para o consumo de *Capparis spp.* há cerca de 17 mil anos no Egito. Sementes de *C. spinosa* L. foram também encontradas no Iraque (datando de 5800 a.C.) e na China (2800 a.C.), e há evidências do consumo de alcaparras desde a era do bronze. Há controvérsias quanto à origem do grupo encontrado no oriente médio, África e Ásia Ocidental; sendo que alguns pesquisadores apontam como sendo uma espécie nativa, enquanto outros sugerem ter sido uma introdução humana (Inocencio, 2006).

Os relatos de utilização dos botões florais e frutos da alcaparra, para fins alimentares e medicinais, são diversos e muito antigos. A primeira menção conhecida deste vegetal data de cerca de 2000 a 3000 a.C., em uma lenda suméria. Na Grécia antiga, utilizava-se a alcaparra

ou torcidos, com ou sem pelos. Presença de estípulas, que podem ser curvadas, retilíneas ou setáceas, orientadas para baixo ou para cima, de coloração laranja, amarela ou verde, atingindo até 6 milímetros de comprimento, e podendo ser modificadas em espinhos (Chedraoui, 2017).

As folhas são arredondadas ou ovais, lanceoladas ou oblongas, com região basal e ápice de ângulo agudo ou obtuso. Pecíolos são inteiros, com 0 a 2 centímetros de comprimento. As flores possuem quatro pétalas, com estames numerosos que chegam a medir 5 centímetros, e ginóforo medindo entre 3 e 6 milímetros. O fruto é elipsoidal, obovado ou oblongo, e as sementes são numerosas, de coração vermelho amarronzada (Chedraoui, 2017).

3. Morfologia e anatomia

A alcaparra (*C. spinosa*) apresenta uma elevada variabilidade morfológica devido a fatores como plasticidade fenotípica, diferenciação eco-geográfica, modificações topográficas e processos de hibridação, promovendo o desenvolvimento de fenótipos intermediários. Tal variabilidade sugere uma caótica complexidade na estrutura das formas nativas de *C. spinosa*. De fato, estudos morfológicos baseados em análises qualitativas e quantitativas das características vegetais, mostram uma grande confusão na definição taxonômica da espécie, muitas vezes levando a erros de classificação. Neste sentido, estudos moleculares foram de grande importância para complementar as classificações morfológicas e ajudar na identificação das relações filogenéticas da espécie. Alguns estudos têm relatado que a distribuição geográfica está associada à variação genética da espécie, e que em populações menores essa variação é reduzida. Outros estudos mostram que a variabilidade morfológica está associada a fatores ambientais (Nosrati, 2012).

Em estudo realizado no Marrocos com a metodologia Inter Simple Sequence Repeat (ISSR), foi observado uma elevada plasticidade fenotípica associada à fatores ecológicos e ambientais, e uma correlação entre as características morfológicas e a localização geográfica (Saifi, 2011).

A alcaparra é uma planta de clima árido e semi-árido, e podemos observar vários traços adaptativos na anatomia da planta, nas raízes, tronco, folhas e flores (Gan, 2013). Um dos principais fatores que explicam a adaptabilidade da espécie a climas áridos é o sistema radicular extremamente profundo, podendo atingir de 6 a 10 metros de profundidade. A partir dos 5 meses de crescimento, o sistema radicular representa 62,5% da biomassa total da planta. As raízes excretam compostos ácidos capazes de perfurar rochas encontrando água em maiores profundidades. Além disso, os vasos do xilema da espécie são altamente

desenvolvidos, levando a uma eficiente condutividade hidráulica. Finalmente, ao nível radicular, existem estruturas que permitem o armazenamento de água e protegem os vasos condutores de danos causados sob condições de seca (Chedraoui, 2017).

Em relação às folhas, são observadas múltiplas camadas nas células do mesófilo, bem como uma baixa concentração de ar no espaço intercelular e uma espessa camada epidérmica terminal. Observa-se também uma cutina hidrofóbica rica em cera e tricomas com formato adaptado para a sobrevivência em regiões áridas. O esclerênquima bem desenvolvido e o parênquima paliçádico diferenciado, protegem as folhas contra danos irreversíveis em situação de estresse hídrico severo. Os estômatos são espaçados e distribuídos em ambas as superfícies da folha, podendo permanecer abertos durante todo o dia (Gan, 2013). Estômatos também são observados nas superfícies abaxial e adaxial das pétalas e células do parênquima com amplo espaço intercelular. Sob condições de estresse, ácidos graxos insaturados presentes na membrana contribuem com a manutenção da fluidez e das funções fisiológicas.

4. Germinação e propagação

A propagação da alcaparra (*C. spinosa*) pode ser realizada através de sementes ou por propagação vegetativa. Apesar da elevada produção de sementes, a taxa de germinação das sementes de alcaparra é baixa (cerca de 5% a 15% de germinação em condições naturais), devido ao elevado grau de dormência e baixa longevidade do material. A viabilidade das sementes é de aproximadamente 2 anos, quando armazenadas a 4°C e baixa umidade relativa. Apesar das limitações apresentadas, a propagação por sementes é o método mais utilizado nos cultivos de alcaparra, provavelmente devido aos problemas de enraizamento observados na propagação vegetativa. Para a obtenção das sementes, o fruto é esfregado e as sementes são posteriormente lavadas e secas à sombra. O baixo desempenho da propagação sexuada pode ser explicado pela reduzida capacidade germinativa das sementes e pela presença de um rígido tegumento na semente, bem como pela formação de uma mucilagem no tegumento da semente quando em contato com água, que reduz a capacidade de difusão do oxigênio para o embrião (Sozzi, 2001).

Diferentes tratamentos de semente são recomendados para quebrar a dormência e melhorar as taxas de germinação, dentre os quais podemos citar a escarificação mecânica, estratificação a frio, encharcamento em ácido sulfúrico, aplicação de giberelinas e manipulação das condições ambientais, como temperatura e presença de luz/escuro. Para a quebra de dormência com ácido sulfúrico, é possível obter uma taxa germinativa de 40% após a embebição das sementes em solução concentrada por 15 a 30 minutos. Para se obter uma

taxa de germinação de 80%, é necessário, após o tratamento com ácido sulfúrico, colocar as sementes em contato com uma solução de 100 ppm de giberelina por uma hora, e em seguida em contato com água (Orphanos, 1983).

Sementes sem tratamento, colocadas diretamente em contato com água em excesso não são capazes de germinar, devido à presença do rígido tegumento e da mucilagem formada no tegumento. No entanto, a remoção do tegumento por si só não é suficiente para promover uma germinação eficiente da semente, sendo necessária a aplicação de reguladores vegetais para a obtenção de uma germinação satisfatória. Em condições naturais, atividades bacterianas são responsáveis pela desintegração do tegumento da semente durante o inverno (Orphanos, 1983).

A abertura das flores de alcaparra ocorre durante a noite, e a polinização é feita por diferentes insetos, na maioria dos casos com uma baixa eficiência, sendo as abelhas os principais polinizadores. A recompensa floral varia de acordo com a localização geográfica e o ano, sendo que em alguns casos, a quantidade de pólen e a concentração de aminoácidos são maiores, e em outros casos o volume de néctar é privilegiado. A dispersão do fruto ocorre por meio de pássaros, formigas e lagartos (Sozzi, 2001).

O método de propagação vegetativa mais utilizado na cultura da alcaparra é a estaquia. O uso de gemas para propagação vegetativa permite a obtenção de vários indivíduos a partir de um pequeno número de plantas, mantendo as características fenotípicas desejáveis e garantindo estabilidade na produção. No entanto, o enraizamento das plantas não é satisfatório quando este método é empregado, tornando as plantas mais susceptíveis ao estresse hídrico. As gemas podem ser obtidas de ramos lenhosos, semi-lenhosos ou herbáceos, e as dimensões dos segmentos obtidos variam entre 1 e 50 cm de comprimento e de 1 a 2,5 cm de diâmetro (Sozzi, 2001).

A obtenção das gemas de ramos lenhosos pode ser realizada entre fevereiro e março, sendo recomendada a aplicação de fungicidas, estratificação a baixas temperaturas (3-4°C) e o recobrimento das gemas com plástico ou areia. Gemas de ramos semi-lenhosos podem ser obtidas e preparadas entre agosto e setembro, embora as taxas de sobrevivência sejam baixas, cerca de 30%. Já as gemas obtidas de ramos herbáceos, podem ser obtidas e preparadas em abril, e apresentam um melhor enraizamento (Sozzi, 2001). O enraizamento das gemas é favorecido pela aplicação de solução de auxina (1500 - 3000 mg/L), exceto em gemas obtidas de ramos lenhosos, que não respondem ao tratamento hormonal. No caso de gemas obtidas de ramos herbáceos, a aplicação de ácido naftalenacético (NAA) aumenta o enraizamento em mais de 80% (Sozzi, 2001).

Um método de propagação vegetativa possível, apesar de pouco utilizado, é a enxertia por garfagem, embora alguns dados com resultados satisfatórios tenham sido obtidos (60% na Espanha). Outro método de propagação vegetativa com resultados promissores é a micropropagação *in vitro*, na presença de 6-benzilaminopurina, ácido indolilacético e GA3. O tratamento com radiação gama também favorece a propagação e o enraizamento, bem como a aplicação de auxinas (Sozzi, 2001).

5. Caule e raízes

A anatomia do caule da *C. spinosa* caracteriza-se pela ausência de anéis de crescimento, e a presença de traqueídeos e elementos de vaso, cuja distribuição e diâmetro são uniformes. A densidade dos vasos é em média de 90 unidades/mm², normalmente em múltiplos radiais de 3 a 7, podendo ser aglomerados ou solitários, com diâmetro tangencial médio de 73 µm. Os elementos de vaso possuem comprimento médio de 150µm e perfurações simples. As perfurações intervasculares são pequenas, sem revestimento, alternadas e localizadas nas bordas dos vasos. As perfurações vasculares, por sua vez, são alternadas, simples e pequenas, com aproximadamente 6 µm. As fibras apresentam comprimento médio de 380µm, não septadas, com perfurações nas bordas simples ou múltiplas. A relação entre o comprimento das fibras e dos elementos de vaso é de 2,53:1. Outras características do tronco são a ausência de parênquima axial, células do parênquima radialmente alinhadas e interconectadas, formando em média sete raios por mm. Observa-se também a presença de grãos de amido nas células do parênquima (Psaras, 1999).

Em relação à anatomia das raízes, também não são observados anéis de crescimento, e assim como no caule, observa-se a presença de traqueídeos e elementos de vaso, cuja distribuição e diâmetro são uniformes. A densidade dos vasos é um pouco inferior à observada no caule, com 67 vasos/mm² em média, sendo a maioria solitários, com contorno mais ou menos circular e diâmetro tangencial de 95 µm. Os elementos de vasos possuem comprimento médio de 172 µm, sem caudas, e perfuração simples. As perfurações dos feixes e traqueídeos dos vasos são pequenas, alternadas e simples. As fibras possuem comprimento médio de 500 µm, com paredes finas ou grossas, e uma relação entre o comprimento das fibras e dos elementos de vaso de 2,91:1. Como no caule, as células do parênquima são radialmente alinhadas e interconectadas, formando em média sete raios por mm. Grãos de amido são abundantes nas células do parênquima das raízes (Psaras, 1999).

Tabela 1. Análise quantitativa das características anatômicas do caule e raízes de *C. spinosa* (Adaptado de Psaras; Sofroniou, 1999).

	Caule	Raiz
Vasos por mm ²	90 (73-111)	67 (44-82)
Diâmetro tangencial do vaso (µm)	73 (50-105)	95 (50-165)
Comprimento do elemento de vaso (V, µm)	150 (120-185)	172 (125-250)
Número de vasos por agrupamento	5 (3-7)	-
Perfuração intervascular (µm)	6	6
Perfuração do feixe (µm)	4	4
Comprimento da fibra (F, µm)	380 (265-595)	500 (445-550)
Número de raios por mm	7 (5-9)	7 (6-8)
Relação F/V	2,53	2,91

Conforme visto acima, os vasos das raízes são mais largos que os do caule, como indicado pelo diâmetro tangencial médio (Tabela 1). De acordo com a equação de Hagen-Poiseuille, a capacidade de condução capilar de um vaso é proporcional à quarta potência de seu diâmetro. Dessa forma, a capacidade de condução hidráulica dos vasos das raízes é três vezes maior que a dos vasos do caule. Por outro lado, a maior frequência de vasos no caule compensa parcialmente essa diferença. A relação entre o comprimento das fibras e dos elementos de vaso, tanto no caule quanto nas raízes, é indicativa de uma elevada especialização do órgão. Em comparação com outras espécies arbóreas, o diâmetro dos vasos é quase o dobro do valor médio (50 microm), indicando uma elevada capacidade de condutividade hidráulica da espécie *C. spinosa*. A perfuração simples observada nos elementos do vaso também facilita o movimento de água na planta (Psaras, 1999).

6. Folhas

A folha é o órgão vegetal responsável pela fotossíntese. Por isso, o entendimento do desenvolvimento foliar é de grande importância para a compreensão do crescimento da planta. A estrutura e anatomia das folhas estão diretamente relacionadas com as taxas de assimilação de CO₂ e, conseqüentemente, com as taxas fotossintéticas. É no espaço livre do mesófilo que ocorre a absorção de CO₂, portanto a quantificação desses espaços é um importante indicador da capacidade fotossintética da planta. Além disso, a relação desses espaços livres pela área foliar está diretamente relacionada com características do ambiente, com a rota fotossintética

e condições de luz durante o período de crescimento vegetal. A fotossíntese também é influenciada pelo volume de espaço intercelular através da pressão parcial de CO₂.

Em relação ao desenvolvimento foliar da espécie *C. spinosa*, tem-se que a área foliar e o peso seco da folha aumentam conforme a folha se expande. No entanto, a área foliar específica, que relaciona a superfície com a massa seca, decresce conforme ocorre a expansão foliar. A espessura do mesófilo, e da folha de uma forma geral, aumentam no início da expansão para logo se estabilizar e manter-se constantes até o estágio de folha totalmente expandida. O número de células por unidade de área foliar no mesófilo decresce ao longo da expansão foliar, enquanto o diâmetro das células aumenta. O volume do espaço intercelular, bem como a relação entre o volume e a área foliar, são baixos no início do desenvolvimento foliar, mas aumentam substancialmente nas primeiras fases da expansão foliar. Os estômatos são uniformemente distribuídos nas duas faces foliares, e possuem dimensões de 10µm de largura por 28µm de extensão, sendo que a densidade de estômatos na folha decresce ao longo da expansão foliar (Rhizopoulou, 2003).

As folhas jovens de *C. spinosa* consistem em cinco a seis camadas de células do mesófilo com epidermes uniseriadas nas faces superior e inferior. Ambas as epidermes consistem em células retangulares, com vacúolos maiores que os das células do mesófilo. As células indiferenciadas do parênquima do mesófilo abaxial e adaxial são alongadas, com citoplasmas densos e pequenos vacúolos, formando pequenos espaços intercelulares triangulares (Rhizopoulou, 2003).

Conforme ocorre a expansão foliar, a espessura da folha aumenta, e observa-se um aumento no número de camadas celulares, bem como aumento no tamanho das células do mesófilo e engrossamento da parede celular das células da epiderme. Ao final da expansão, as folhas apresentam sete ou oito camadas de células do mesófilo, e as células da epiderme encontram-se completamente diferenciadas, com largas paredes celulares. A superfície das células fotossintéticas é voltada para a atmosfera interna da folha, e os cloroplastos são distribuídos ao longo da parede celular, em sítios expostos aos espaços de ar (Rhizopoulou, 2003).

A quantidade total de clorofilas aumenta substancialmente nas primeiras etapas da expansão foliar, até atingir um equilíbrio que se mantém até o total amadurecimento foliar. Inversamente, o maior acúmulo de prolina livre ocorre no início do desenvolvimento foliar. Os maiores valores de açúcares solúveis na folha são também observados no início da expansão, enquanto os teores de amido são maiores nas folhas maduras. O teor de carbono nas folhas é de 42%, sendo o de nitrogênio igual a 1,5%. Nas folhas maduras, os valores de

potencial de água e potencial osmótico são mais negativos quando comparados às folhas novas (Rhizopoulou, 2003).

7. Efeitos de fatores ecológicos

A alcaparra (*C. spinosa*) é uma planta de clima semiárido, que exige temperaturas médias anuais de 14°C e precipitação variando de 200 mm/ano a 600 mm/ano. Condições de primavera chuvosa e verão quente e seco são consideradas favoráveis ao desenvolvimento da espécie. Para uma boa produtividade, dias ensolarados e de longa duração são favoráveis, sendo que a planta não apresenta saturação fotossintética por excesso de luz, e tolera temperaturas superiores a 40°C durante o verão (Sozzi, 2001). Inversamente, a planta é altamente sensível às baixas temperaturas e geadas, durante o crescimento vegetativo, embora seja capaz de resistir a temperaturas extremamente baixas na forma de cepa. Devido à arquitetura decumbente do arbusto e da consistência coriácea das folhas, a espécie é capaz de suportar ventos fortes sem sofrer grandes danos (Sozzi, 2001).

8. Relações hídricas

O entendimento da resposta da espécie *C. spinosa* ao estresse hídrico é fundamental para a compreensão do funcionamento fisiológico dessa planta em seu ambiente natural. Em climas áridos e semiáridos, como é o caso do ambiente natural da alcaparra, as espécies vegetais costumam apresentar adaptações fenológicas, morfológicas e fisiológicas para evitar ou tolerar a falta de água, como por exemplo, ajuste osmótico, abertura estomática, turgescência, distribuição do sistema radicular e propriedades do dossel.

A disponibilidade de água no solo e a demanda evaporativa da planta são fatores determinantes das relações hídricas das folhas, representadas pelos potenciais de água, potencial osmótico e potencial pressão (turgescência). No caso da alcaparra, os valores de potencial hídrico na folha variam ao longo do ano entre -1,3 MPa (maio) a -2,2 MPa (agosto), o que corresponde aproximadamente ao intervalo esperado para plantas xerófitas (-1,0 a -2,0 MPa). Já o potencial osmótico, medido em folhas de alcaparra, varia entre -1,5 MPa (maio) e -2,7 MPa (setembro), podendo ser comparado aos valores relatados para plantas xeromórficas perenes. No caso do potencial pressão, os valores mínimos são observados em novembro (0,02 MPa) e os máximos em setembro (0,7 MPa), segundo Rhizopoulou (1997).

O conteúdo relativo de água nas folhas é positivamente correlacionado com o potencial de água, e os valores variam ao longo do ano, com máximo em maio (87%) e mínimo em julho (68%). Além da variação anual dos potenciais observados na folha, há

também uma variação que ocorre ao longo do dia, sendo que os valores máximos são observados ao amanhecer e entardecer, e os valores mínimos observados próximos do meio-dia. Os potenciais de água e osmótico são inferiores nas folhas em crescimento, em comparação com folhas maduras. Em condições de estresse hídrico, os potenciais de água e osmótico das folhas é reduzido, embora haja uma manutenção do potencial osmótico por um período mais prolongado. A turgescência das folhas está diretamente relacionada com a abertura estomática, sendo observada uma menor turgescência em condições de estresse hídrico (Rhizopoulou, 1990).

A capacidade de ajuste do potencial osmótico de folhas maduras de *C. spinosa* permite à planta manter o crescimento vegetativo mesmo em condições de estresse hídrico. Em folhas em expansão, o impacto do estresse hídrico é mais importante, levando a uma redução do potencial osmótico na folha, embora a valores que ainda permitam o ganho de água na folha. Presume-se que, em condições de estresse hídrico, as folhas maduras desempenhem uma função de reservatório hídrico para as folhas em expansão (Rhizopoulou, 1990).

Em condições de estresse hídrico, as folhas da alcaparra expandem mais rapidamente que em condições sem estresse, reduzindo o tempo necessário para atingir a maturidade de 14 para 7 dias. Dessa forma, em condições estressantes, os estômatos permanecem abertos por um menor período, resultando em menor perda de água via transpiração foliar. Essa adaptação é possível em função de alterações na composição da parede celular, que se torna menos elástica em comparação com outras espécies. De fato, a produtividade energética das folhas de alcaparra sob estresse hídrico é inferior a outras espécies, produzindo compostos de menor energia. No entanto, essa característica é uma importante forma de compensação da escassez de água (Rhizopoulou, 1990).

9. Solos, nutrição e micorrizas

A alcaparra (*C. spinosa*) tolera solos agronomicamente inviáveis para a maioria das culturas agrícolas, de baixa fertilidade, arenosos ou rochosos, com baixo teor de matéria orgânica e até salinos. A maior limitação é quanto a solos encharcados, situação na qual a planta não consegue sobreviver. Solos profundos e bem drenados, com textura arenosa a franco-arenosa, são favoráveis ao desenvolvimento da planta, embora a planta não demonstre prejuízos no desenvolvimento em solos com porcentagens moderadas de argila. A espécie também se adapta bem a solos vulcânicos.

Solos básicos, com pH entre 7,5 e 8 são ótimos, embora valores de pH entre 6,1 e 8,5 sejam aceitáveis. Embora não seja considerada uma planta halófito, a alcaparra também é

encontrada em solos alcalinos, em condutividades que podem chegar a 54 mS cm (Sozzi, 2001). A presença de micorrizas auxiliam na absorção de minerais em solos de baixa fertilidade natural. Na rizosfera da espécie *C. spinosa* já foram identificadas quatro diferentes espécies de bactérias fixadoras de nitrogênio, o que explica a capacidade de obtenção e manutenção de reservas adequadas desse importante macronutriente para o crescimento vegetal (Sozzi, 2001).

Devido à rusticidade da espécie, a fertilização mineral não é um ponto crítico dos cultivos de alcaparra. No entanto, quando realizada, deve seguir uma recomendação de acordo com a idade da planta e a fertilidade do solo. Dados da concentração total dos nutrientes na planta (Tabela 2) e exportação realizada pela cultura (Tabela 3) podem ser utilizados para diagnosticar a nutrição da planta e servir como base para a recomendação de adubação (Sozzi, 2001).

Tabela 2. Quantidade de nutrientes à base úmida de botões florais, gemas e folhas de arbustos de alcaparra sem aparência visual de sintomas de deficiência nutricional (Adaptado de Centro de Efadología y Biología Aplicada del Segura, Espanha).

Tecido vegetal	Nitrogênio (%)	Fósforo (mg/100g)	Potássio (mg/100g)	Cálcio (mg/100g)	Magnésio (mg/100g)	Água (%)
Botões florais	0,87	86	135	32	55	81,1
Gemas e folhas	1,01	55	173	18	116	70,1

Tabela 3. Exportação de minerais durante os sete primeiros anos de implantação da cultura de alcaparra (Adaptado de Centro de Efadología y Biología Aplicada del Segura, Espanha).

Idade (anos)	Botões florais (kg/ha)	Gemas e folhas (kg/ha)	N (kg/ha)	P (kg/ha)	K (kg/ha)	Ca (kg/ha)	Mg (kg/ha)
2	125	500	5,6	0,17	0,86	0,13	0,65
3	600	1500	2,4	0,59	2,82	0,45	2,07
4	1100	2000	29,8	0,87	4,07	0,70	2,92
5	1250	2250	33,6	1,01	4,65	0,80	3,30
6	1350	2500	37,0	1,11	5,10	0,87	3,64
7	1350	2500	37,0	1,11	5,10	0,87	3,64

De forma geral, a aplicação de fósforo e potássio é realizada a cada dois ou três anos, já que a demanda da planta por esses nutrientes é inferior à demanda por nitrogênio. Os fertilizantes amoniacais são incorporados no solo ao final do inverno, antes da brotação (Sozzi, 2001). Em alguns locais, aplica-se N-P-K nas doses 15-6-12, 10-4-8, 20-4-8 ou 11-10-13 durante o inverno, a uma taxa de 200 a 300 gramas por planta. Outra possível recomendação é a aplicação de 150-200 kg/ha de sulfato de amônia associado a aplicações adicionais de P-K para a manutenção de plantas adultas (Tabela 4), segundo Sozzi (2001).

Tabela 4. Recomendação de adubação para o cultivo de alcaparras (Adaptado de Centro de Efadología y Biología Aplicada del Segura, Espanha).

Idade (anos)	Sulfato de amônia (kg/ha)	Superfósforo simples (kg/ha)	Sulfato de potássio (kg/ha)
2	50	-	-
3	150	25	25
4	200	-	-
5	200	50	50
6	250	-	-
7	250	50	50

10. Fotossíntese e translocação

Durante os meses de verão no mediterrâneo, as condições climáticas são desfavoráveis ao crescimento vegetal, devido à ausência de precipitação, altas temperaturas e radiação intensa. Nesse ambiente, a maioria das plantas adotam estratégias de sobrevivência que incluem a manutenção de baixas taxas de fotossíntese líquida, baixa eficiência do fotossistema II, elevadas concentrações dos componentes do ciclo da xantofila e intenso funcionamento do ciclo, com altas taxas de conversão entre os componentes (Schulze, 1988). No entanto, contrariamente à maioria das espécies, a *C. spinosa* aproveita a elevada radiação para realizar o crescimento vegetativo. Em comparação com outras plantas semi-decíduas convivendo no mesmo ambiente, a *C. spinosa* assimila até 3,4x mais CO₂ por m² durante o período de crescimento vegetativo (maio a outubro), e 1,8x superior em valores anuais (Levizou, 2004).

A capacidade da espécie *C. spinosa* em absorver água, mesmo em condições em que o recurso é extremamente limitado, permite à planta manter os estômatos abertos ao longo do

dia durante o verão mediterrâneo. Dessa forma, a entrada e reação de CO₂ nos sítios de carboxilação das células é realizada ao longo de todo o dia, resultando em elevadas taxas de fotossíntese líquida, cujos valores nas folhas completamente expostas à radiação solar são superiores a 25 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ por mais de dez horas diárias durante o verão mediterrâneo (Levizou, 2004).

A radiação observada no ambiente de crescimento natural da *C. spinosa*, durante o verão, é superior a 1300 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, com picos atingindo 1800 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ao meio dia. Apesar desses altos valores, a espécie não apresenta nenhum sintoma de fotoinibição, conforme indicado pela eficiência do fotossistema II e pelas taxas de conversão dos componentes do ciclo da xantofila, dois indicadores utilizados para avaliar o estresse por fotoinibição. A máxima eficiência do fotossistema II, medida pela relação Fv/Fm, onde Fv é a fluorescência variável e Fm representa a fluorescência máxima, sofre modestas reduções próximo do meio-dia em determinadas épocas do ano, mas é rapidamente recuperada durante a tarde. Em relação aos componentes do ciclo da xantofila, embora as concentrações destes sejam mantidas elevadas ao longo do ciclo de crescimento da planta, as taxas de conversão entre os componentes são reduzidas, indicando que não há uma resposta bioquímica de proteção ao excesso de luz (Levizou, 2004).

Uma importante característica da *C. spinosa* que possibilita as elevadas taxas fotossintéticas, mesmo em períodos de condições climáticas desfavoráveis, é a anatomia dos vasos condutores, que favorecem uma elevada condutividade hidráulica, necessária para a manutenção da abertura estomática ao longo de todo o dia. Os elementos de vaso do xilema, tanto das raízes quanto do tronco, são largos e curtos, com placas de perfuração simples. O agrupamento dos elementos do vaso protege a planta contra a cavitação, uma das principais causas que afetam a condutividade de água no xilema. Embora a anatomia descrita acima seja altamente suscetível à cavitação em condições de congelamento, esse cenário é muito raro nas condições mediterrâneas (Psaras, 1999).

Observa-se também uma elevada concentração de solutos nos vasos condutores do xilema, como forma de gerar menor potencial osmótico nas raízes. Além disso, quantidades abundantes de grãos de amido são encontradas no xilema, como depósito temporário de carboidrato excedente, osmoticamente inativo. De acordo com a literatura, a conversão de amido-açúcar nas células do parênquima ao redor dos vasos condutores pode desempenhar um importante papel no movimento da água nos vasos (Psaras, 1999).

11. Florescimento

O momento do florescimento pode ser interpretado como uma resposta evolutiva a condições ambientais desfavoráveis prevalentes no período em questão. Na região mediterrânea, apenas algumas espécies florescem durante o verão quente e seco, apresentando mecanismos adaptativos de resistência à seca. Entre essas espécies, a *C. spinosa* apresenta crescimento e florescimento ocorrendo plenamente no verão, inversamente à maioria das espécies que coabitam neste mesmo habitat, nas quais o crescimento e florescimento concentram-se entre fevereiro e junho. No caso da *C. spinosa*, o crescimento anual verifica-se entre maio e outubro, com o florescimento ocorrendo exclusivamente durante o período noturno (Rhizopoulou, 2006).

A abertura de uma flor típica de *C. spinosa* ocorre durante um curto período, de apenas uma noite. As flores se abrem da base para o ápice em sequência, sendo observadas de oito a dez flores simultaneamente, em todos os estádios de desenvolvimento, ao longo de um determinado ramo. A rápida extensão das flores ocorre dentro de uma hora, entre às sete e às oito horas da noite, e o tecido floral encontra-se completamente diferenciado até o momento da antese. As sépalas de um botão floral maduro abrem-se ligeiramente por volta das sete horas da manhã, e permanecem nessa posição até o momento da abertura (Rhizopoulou, 2006).

O rápido desenvolvimento das flores está associado ao aumento da respiração. O florescimento crepuscular está relacionado à queda da temperatura e da incidência luminosa, e com o aumento da umidade relativa. Nas flores da alcaparra (*C. spinosa*), a face cerosa exposta ao ambiente reduz a perda de água, enquanto as sépalas que apresentam estômatos na face inferior proporcionam resfriamento através do processo evaporativo, reduzindo a temperatura próxima ao gineceu. Os estômatos da face abaxial das sépalas, localizados na superfície externa, são maiores que os estômatos das pétalas, e apresentam uma densidade comparada à face abaxial da epiderme foliar (Rhizopoulou, 2006).

Durante a antese, a abertura das sépalas ocorre concomitantemente com a abertura de quatro pétalas brancas de 3 a 5 cm de comprimento, numerosos estames roxos de 2 a 4 cm de comprimento, e um longo estigma. As flores exalam uma fragrância picante, enquanto o néctar é secretado nas cavidades da sépala. Embora pouco contrastante com o fundo, as flores de alcaparra são detectadas por diferentes insetos, principalmente abelhas. A área da corola das flores, maior que a de outras espécies que florescem no mesmo período, é considerada como um atrativo para a visita de polinizadores (Rhizopoulou, 2006).

Nas pétalas, as células epidérmicas da face adaxial são ligeiramente maiores que as da face abaxial. Estômatos são observados em ambas as epidermes, embora em densidade substancialmente inferior às observadas nas sépalas e folhas. Apesar da baixa frequência, os estômatos das pétalas são completamente funcionais (Rhizopoulou, 2006).

Pela manhã ocorre a abscisão das pétalas rígidas, sendo que o receptor de pólen (estigma) permanece túrgido, proporcionando um fácil acesso aos polinizadores. A manutenção do turgor é possível pela presença de células de tamanho reduzido e um sistema vascular organizado que proporciona rigidez nos estádios finais da maturação. O baixo volume celular aumenta a densidade de material celular por unidade de volume do vacúolo, permitindo assim a manutenção da turgescência mesmo em condições de baixa disponibilidade de água (Rhizopoulou, 2006).

O processo de abertura floral envolve a translocação de solutos em resposta às condições ambientais. A abertura floral está relacionada à absorção de açúcares, que reduzem o potencial osmótico e conseqüentemente o requerimento em água durante períodos de seca prolongados. Água e solutos podem ser trocados entre os tecidos vegetais, para suprimento das demandas dos tecidos reprodutivos. Nas pétalas de *C. spinosa*, as concentrações de prolina livre chegam a ser 20x superiores às das folhas, contribuindo com a absorção de água e estabilização da estrutura celular. As características funcionais e estruturais da flor da alcaparra, que possibilitam o florescimento durante o período de maior estresse ambiental, no qual a flora adjacente apresenta taxas de crescimento mínimas, é uma importante vantagem competitiva da espécie, tornando-a fundamental para a dinâmica do funcionamento ecossistêmico da região mediterrânea durante um período de recursos escassos (Rhizopoulou, 2006).

12. Zoneamento agroclimático e adaptações ao meio ambiente

Regiões de clima mediterrâneo, com verões quentes e secos, são altamente recomendadas para o cultivo de alcaparra (*C. spinosa*). Exemplos de países que apresentam essas características são Portugal, Espanha, França, Marrocos, Itália, Grécia, Hungria, Turquia, Bulgária, Armênia, e algumas áreas da Tunísia, Egito, Argélia, Líbano, Afeganistão, Tajiquistão, Paquistão, Yemen e Australia.

Por outro lado, zonas de maior latitude, como Ucrânia, Belarus, Lituânia, Cazaquistão, Turcomenistão, China, Irlanda e Reino Unido, não oferecem condições climáticas favoráveis ao desenvolvimento da espécie (Ashraf, 2018). Altas temperaturas e clima seco são as condições climáticas de maior importância para a determinação de zonas adequadas ao

desenvolvimento da alcaparra, sendo que a variável precipitação tem menor influência no zoneamento agroclimático que a temperatura (Ashraf, 2018).

Estudos de modelagem que avaliam o impacto das mudanças climáticas na distribuição geográfica da alcaparra revelam uma elevada estabilidade de adequação agroclimática para a maioria das regiões nas quais a espécie encontra-se atualmente distribuída, com uma moderada capacidade de expansão das áreas de adequação em algumas regiões, devido à capacidade de adaptação da planta à ambientes adversos, de alta temperatura e baixa precipitação (Ashraf, 2018).

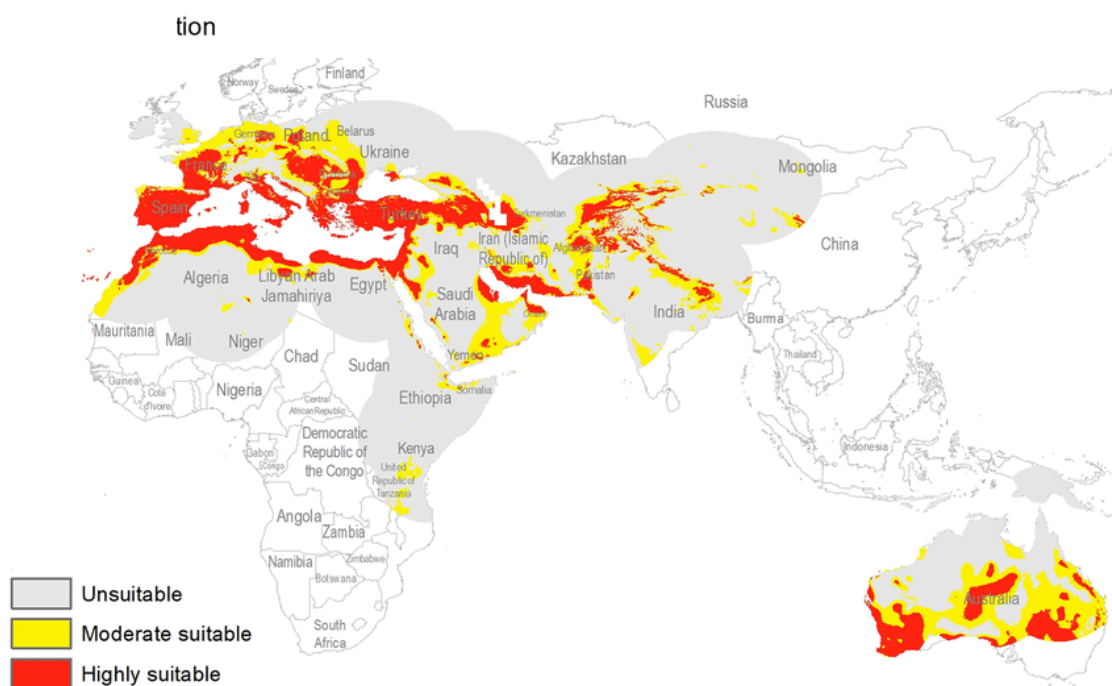


Figura 2. Mapa de adequação agroclimática atual para a espécie *C. spinosa*. Escuro indica região altamente adequada, pardo região moderadamente adequada e cinza região não adequada (Adaptado de Ashraf et al., 2018).

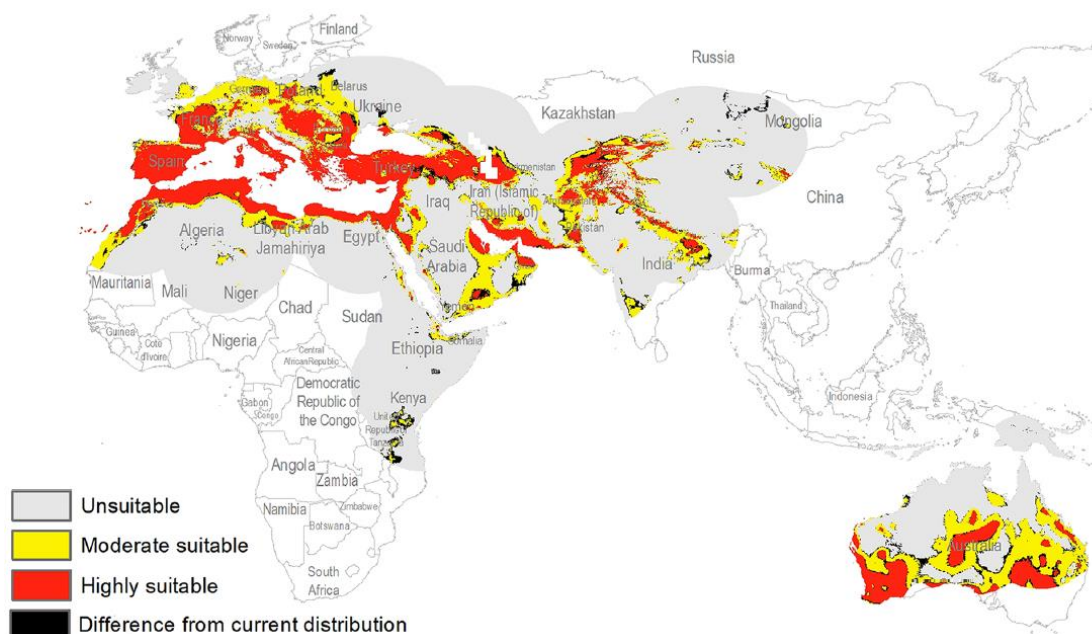


Figura 3. Mapa de adequação agroclimática modelada para o clima de 2050 para de *C. spinosa*. Escuro indica região altamente adequada, pardo região moderadamente adequada e cinza região não adequada (Adaptado de Ashraf et al., 2018).

13. Estratégias para altas produções

A alcaparra é uma planta que apresenta diversas adaptações anatômicas e morfológicas que a permitem crescer e se desenvolver em ambientes inóspitos. Portanto, é uma espécie de baixa exigência, que demanda poucos cuidados para o seu cultivo (Güleryüz, 2009). Além disso, não existem trabalhos de melhoramento genético para a seleção de indivíduos de elevada produtividade. Ainda assim, algumas recomendações devem ser observadas em cultivos comerciais de alcaparra, como estratégias para a obtenção de níveis de produtividade adequados.

13.1 Plantio

A alcaparra é um arbusto perene, cuja produção pode se manter por longos períodos de 25 a 30 anos. Em cultivos comerciais, os principais fatores a serem observados são o solo, disponibilidade de água e condições climáticas. A textura e profundidade do solo são especialmente relevantes, devido ao importante desenvolvimento radicular da planta. Dessa forma, solos profundos e não estratificados, de textura média, são preferíveis. Antes da implementação da cultura, recomenda-se arar a terra a uma profundidade de 0,6 a 1,0m. Em plantios de pequena escala, uma das técnicas utilizadas é a escavação de covas individuais para cada planta (Sozzi, 2001). A maior parte dos cultivos de alcaparra é realizada em padrões quadráticos, devido à facilidade de plantio, manejo e colheita. Os espaçamentos utilizados

podem variar de acordo com o biótipo cultivado, fertilidade natural do solo, equipamentos utilizados e tipo de irrigação utilizada, quando pertinente. São encontrados espaçamentos de 2,5 x 2,5 m, 2,5 x 2 m, 3 x 3 m, 4 x 4 m, ou 5 x 5 m, sendo os espaçamentos mais amplos utilizados quando o solo apresenta maior fertilidade natural e maiores teores de argila. Espaçamentos menores, como por exemplo 2,5 x 2 m, são recomendados quando a planta é utilizada para o controle de erosão em terrenos declivosos (Sozzi, 2001).

A fertilização inicia-se cerca de 20 a 30 dias após o plantio, com uma aplicação de 100 kg/ha de sulfato de amônia, 400 kg/ha de superfosfato e 150 kg/ha de cloreto de potássio. A aplicação dos fertilizantes pode ser superficial ou incorporada. Em plantio em covas, pode-se realizar o enriquecimento da cova com fertilizantes orgânicos ou inorgânicos (Sozzi, 2001).

O transplante de mudas para o campo deve ser realizado durante o período de dormência da planta, normalmente em fevereiro. É possível também realizar a implementação da cultura por meio de semeadura ou estaqueamento, sendo estas técnicas de menor custo e menor trabalho, embora as taxas de sobrevivência sejam reduzidas. Nesses casos, deve-se proceder com o semeio de oito a dez sementes pré-germinadas, ou com o estaqueamento de três a quatro estacas, à cada 30 cm (Sozzi, 2001).

13.2 Consórcio

O uso de consórcio da alcaparra com outras espécies perenes é uma prática comumente utilizada, podendo trazer vários benefícios, como o aumento da eficiência do uso de recursos - especialmente o trabalho - e a atenuação dos riscos de depender da produtividade de apenas uma espécie. O consórcio pode ser realizado tanto com o plantio em bandas intercaladas ou em linhas intercaladas de cada espécie. Algumas das espécies comumente utilizadas nos consórcios são a uva e árvores de amêndoa (Sozzi, 2001).

13.3 Poda

A poda da alcaparra é realizada no período de dormência da planta. Em invernos muito rigorosos, com temperaturas muito baixas, a operação de poda deve ser adiada para épocas mais amenas. A poda consiste na remoção de partes mortas, galhos fracos e não produtivos. A planta se beneficia de podas drásticas dos botões florais, reduzindo-os a comprimentos de 1 a 3 cm, ou 5 a 10 cm quando a planta ainda for jovem e vigorosa. É importante deixar vários botões na planta, pois apenas os ramos com idade superior a um ano darão flores no ano vigente (Sozzi, 2001). A poda de verão consiste em remover galhos enfraquecidos durante o período de intenso crescimento vegetativo da planta, cerca de 30 a 40

dias após o florescimento. O número de galhos a serem deixados varia de acordo com o vigor da planta. Plantas vigorosas podem ser deixadas com até seis galhos, distribuídos de forma a permitir a penetração uniforme de luz no dossel (Sozzi, 2001).

13.4 Fertilização

A fertilização da alcaparra varia de acordo com a idade da planta e a fertilidade natural do solo. De forma geral, a adubação com fósforo e potássio é realizada a cada dois ou três anos, sendo que a adubação nitrogenada é realizada anualmente, devido à maior exigência da planta deste nutriente. As aplicações ocorrem durante o inverno, com formulações de N-P-K variando de acordo com o diagnóstico da idade vs. fertilidade natural, em quantidades equivalentes a 200 a 300 g/planta (Sozzi, 2001).

13.5 Irrigação

A maioria dos cultivos de alcaparra não é irrigada. No entanto, embora a planta seja adaptada a regiões áridas e semiáridas, a água é o principal fator limitante para a produção. Durante o primeiro ano de implementação, as plantas de alcaparra são especialmente sensíveis ao déficit hídrico. Em cultivos irrigados, o potencial produtivo é aumentado como consequência do aumento do ciclo vegetativo, maior produção de botões florais e menor intervalo entre colheitas. Como efeito negativo da irrigação, tem-se que a planta se torna mais sensível à incidência de doenças. A irrigação se inicia normalmente em janeiro ou fevereiro, e se estende até agosto. Cultivos irrigados apresentam produtividades duas ou até três vezes superiores que cultivos de sequeiro. O volume de irrigação varia de acordo com a região, entre 12 e 140 litros/planta/semana (Sozzi, 2001).

13.6 Controle de plantas invasoras

A competição de plantas invasoras pode ser altamente prejudicial durante o estabelecimento da cultura. Durante os dois primeiros anos de cultivo, recomenda-se realizar tratamentos com herbicidas pré-emergentes associados com controle mecânico de plantas invasoras. Após o estabelecimento, boa parte da superfície do solo é coberta pelo dossel da cultura, suprimindo o desenvolvimento de plantas invasoras. Os herbicidas mais utilizados em cultivos de alcaparra são o paraquat e a simazina (Sozzi, 2001).

13.7 Pragas e doenças

A alcaparra não é muito sensível ao ataque de pragas, sendo que os danos observados não chegam a ser o fator limitante de produção. O tratamento com pesticidas é limitado devido ao curto intervalo de tempo entre colheitas, de 7 a 10 dias. Dessa forma, apenas princípios ativos de baixa persistência, devem ser utilizados, como forma de evitar a presença de resíduos tóxicos no produto colhido (Sozzi, 2001).

A mosca da alcaparra (*Capparimyia savastanoi*) é a principal praga da cultura. Seu controle é realizado através da remoção de folhas infestadas, associada com o uso de armadilhas no verão, quando as populações são elevadas. Outra importante peste da cultura é o percevejo da alcaparra (*Bagrada hilaris*), um inseto polífago que ocorre em diversas famílias de plantas. Como resultado do ataque dessa praga, a planta de alcaparra assume uma coloração amarelada e perde vigor. Como forma de controle químico, tem-se a aplicação de piretróides nas plantas atacadas, ao final da colheita (Infantino, 2007).

Doenças causadoras de tombamento da plântula de alcaparra podem ser severas. O ataque ocorre nas raízes ou no tronco, ao nível do solo, e as áreas invadidas entram rapidamente em colapso. A doença pode ser causada por uma série de fungos, que causam sintomas muito similares. O controle é realizado através da esterilização do solo ou tratamento químico das sementes. Outra doença relevante da cultura é a ferrugem branca da alcaparra (*Albugo capparidis*), que ataca as partes aéreas da planta, principalmente folhas e flores (Infantino, 2007).

13.8 Colheita e produção

A colheita é a operação de maior custo no manejo da alcaparra, podendo representar cerca de 2/3 do tempo de trabalho no manejo do cultivo, dado que a operação é realizada manualmente. A colheita é dificultada pelo porte decumbente da planta, pela presença de espinhos em alguns biótipos, pelas altas temperaturas e radiação solar no verão mediterrâneo, e pelo pequeno tamanho dos botões florais. A colheita, em um determinado ciclo, é realizada diversas vezes, devido à falta de uniformidade da produção. Não existem atualmente técnicas de colheita mecanizada desenvolvidas. Um trabalhador pode colher até 12 kg de alcaparras por dia, em um cultivo com padrão adequado (Sozzi, 2001). Colheitas sucessivas são realizadas para maximizar a produtividade de botões de menor tamanho, que são mais valorizados. Os botões que não são colhidos desenvolvem-se e são posteriormente aproveitados como bagas de alcaparra (Sozzi, 2001).

A temperatura é o principal fator ambiental que afeta o período de colheita, normalmente realizado entre maio e agosto, podendo se estender até setembro em algumas regiões. O biótipo cultivado também impacta na colheita, sendo observados picos de produção diferentes de acordo com o biótipo (Sozzi, 2001). A determinação do intervalo entre colheitas afeta diretamente a produtividade e a qualidade final do produto. No entanto, determinar esse intervalo é um grande desafio, dada a ocorrência de múltiplos fatores conflitantes a serem considerados. Por um lado, intervalos curtos de colheita proporcionam produtos de alta qualidade, porém os custos da operação se tornam mais elevados, e o número de botões por quilo é inferior quando comparado a intervalos mais prolongados. De forma geral, intervalos de 7 a 10 dias entre colheitas é adequado, com frequências mais elevadas (3 a 5 dias) durante o pico de produção. O número de colheitas por ciclo varia entre 8 a 12, dependendo da região (Sozzi, 2001).

As produtividades observadas são altamente variáveis, em função das condições climáticas de cultivo, manejo, e biótipo cultivado. A produção média é de 1 a 1,5 kg/planta, sendo que as produções máximas são observadas no quarto ano, quando são observados valores de até 4 a 5 kg/planta. Em solos férteis e sob irrigação, a produção pode chegar a 6-9 kg/planta (Sozzi, 2001).

14. Efeitos de reguladores vegetais

Os reguladores vegetais na alcaparra (*C. spinosa*) podem ser utilizados no processo de enraizamento de estacas para a propagação vegetativa da planta. De acordo com trabalho realizado com diferentes níveis de auxina (controle, 2500, 5000, 75000 e 1000 ppm), observou-se que a porcentagem de enraizamento, o número de raízes, o comprimento das raízes e o peso seco de raízes é máximo com aplicações de 7500 ppm de auxina (NAA), em tratamento rápido (Taghvaei, 2012).

Referências

- ASHRAF, U. et al. Impacts of climate change on *Capparis spinosa* L. based on ecological niche modeling. **Peer Journal**, v. 6, p. e5792, 2018.
- CHEDRAOUI, S. et al. *Capparis spinosa* L. in a systematic review: a xerophilous species of multi values and promising potentialities for agrosystems under the threat of global warming. **Frontiers in Plant Science**, v. 8, p. 1845, 2017.
- FICI, S. Intraspecific variation and evolutionary trends in *Capparis spinosa* L.(Capparaceae). **Plant Systematics and Evolution**, v. 228, n. 3, p. 123-141, 2001.

GAN, L. et al. Anatomical adaptations of the xerophilous medicinal plant, *Capparis spinosa*, to drought conditions. **Horticulture, Environment, and Biotechnology**, v. 54, n. 2, p. 156-161, 2013.

GÜLERYÜZ, M.; ÖZKAN, G.; ERCISLI, S. Caper (*Capparis* spp.) growing techniques and economical importance. In : INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON SUSTAINABLE DEVELOPMENT, 1., 2009. Sarajevo. **Annals...**

INFANTINO, A. et al. Viruses, fungi and insect pests affecting caper. **The European Journal of Plant Science and Biotechnology**, v. 1, n. 2, p. 170-179, 2007.

INOCENCIO, C. et al. A systematic revision of *capparis* section *Capparis* (Capparaceae) 1, 2. **Annals of the Missouri Botanical Garden**, v. 93, n. 1, p. 122-149, 2006.

LEVIZOU, E.; DRILIAS, P.; KYPARISSIS, A. Exceptional photosynthetic performance of *Capparis spinosa* L. under adverse conditions of Mediterranean summer. **Photosynthetica**, v. 42, n. 2, p. 229-235, 2004.

NOSRATI, H. et al. Effect of population size on genetic variation levels in *Capparis spinosa* (Capparaceae) detected by RAPDs. **EurAsian Journal of BioSciences**, v. 6, p. 70-75, 2012.

ORPHANOS, P.I. Germination of caper (*Capparis spinosa* L.) seeds. **Journal of Horticultural Science**, v. 58, n. 2, p. 267-270, 1983.

PSARAS, G.K.; SOFRONIOU, I. Wood anatomy of *Capparis spinosa* from an ecological perspective. **Iawa Journal**, v. 20, n. 4, p. 419-429, 1999.

RHIZOPOULOU, S. Physiological responses of *Capparis spinosa* L. to drought. **Journal of Plant Physiology**, v. 136, n. 3, p. 341-348, 1990.

RHIZOPOULOU, S.; PSARAS, G.K. Development and structure of drought-tolerant leaves of the mediterranean shrub *Capparis spinosa* L. **Annals of Botany**, v. 92, n. 3, p. 377-383, 2003.

RHIZOPOULOU, S.; HEBERLEIN, K.; KASSIANOU, A. Field water relations of *Capparis spinosa* L. **Journal of Arid Environments**, v. 36, n. 2, p. 237-248, 1997.

RHIZOPOULOU, S. et al. A study on functional and structural traits of the nocturnal flowers of *Capparis spinosa* L. **Journal of Arid Environments**, v. 66, n. 4, p. 635-647, 2006.

SAIFI, N. et al. Genetic diversity of caper plant (*Capparis* spp.) from North Morocco. **Journal of Food, Agriculture & Environment**, v. 9, n. 3/4, p. 299-304, 2011.

SCHULZE, E.D. et al. Response to Dr. P.J. Kramer's article, 'Changing concepts regarding plant water relations. **Plant, Cell & Environment**, v. 11, n. 7, p. 573-576, 1988.

SOZZI, G.O. Caper bush: botany and horticulture. **Horticultural Reviews**, v. 27, p. 125-188, 2001.

TAGHVAEI, M.; SADEGHI, H.; BAGHERA MIRI, M. Interaction between the concentrations of growth regulators, type of cuttings and rooting medium of *Capparis spinosa* L. cutting. **International Journal of Agriculture, Research and Review**, v. 2, n. 6, p. 783-788, 2012.

ALFACE



ALFACE (*Lactuca sativa* L.)

Gabriela Possati Fargoni

1. Origem e distribuição geográfica

A alface (*Lactuca sativa* L.) tem como provável centro de origem a região leste do mediterrâneo. Estudos apontam que as espécies hoje cultivadas têm como ancestral comum a *Lactuca serriola* (Lindqvist, 1960), fato evidenciado por meio de análises moleculares que mostram similaridades entre os cromossomos de ambas as espécies, além da compatibilidade entre elas para cruzamentos (Feráková, 1977).

Algumas das formas mais antigas eram utilizadas para consumo animal e extração de óleos das sementes para uso doméstico (Harlan, 1986; Ryder, 1999). Inclusive, algumas destas espécies primitivas ainda são utilizadas no Egito (Prohens; Nuez, 2008) sendo a maioria caracterizada pelo rápido desenvolvimento vegetativo e ausência de invólucros para prevenir a perda de sementes, além da produção de sementes grandes com elevado teor de óleos (35%), segundo Boukema et al. (1990).

Acredita-se que as formas ancestrais assumiam comportamento de planta invasora, devido ao favorecimento da vida reprodutiva em detrimento do acúmulo de biomassa vegetativa (Correia, 2013), além de outros atributos como espinhos no caule e sementes maiores. Ao longo dos anos sofreram mutações e foram selecionadas, o que levou à adaptação da mesma para consumo animal e humano.

O processo de domesticação da alface resultou na perda de espinhos localizados nas folhas e caule, menor produção de látex e consequentemente, menor amargor nas folhas, aumento no tamanho da semente, entre outros. Além destes, a seleção ao longo dos anos levou à mudanças no tamanho, forma, cor, textura e sabor das folhas, resistência à doenças e adaptação a diferentes áreas geográficas e ambientes.

O cultivo da alface difundiu-se do Mediterrâneo para o restante da Europa, sendo os cultivares mais antigos, os franceses ‘Passion Loiro’ de 1755 e ‘Palatine’ de 1771 (Boukema et al., 1990).

No continente americano, foi trazida por Cristóvão Colombo, e quatrocentos anos após a sua introdução, diversos tipos de folhas passaram a ser cultivados nos Estados Unidos, principalmente os do tipo Batavia, conhecida no Brasil como alface crespa. O padrão de consumo e preferências modificaram-se com o tempo, predominando, após o século XX, o tipo americana. Esta foi interessante por manter boa qualidade pós-colheita por cerca de 10 a 12 dias, suportando condições de transporte, além da possibilidade de exploração em áreas maiores. Popularizou-se a partir da década de 40, quando foi obtida por melhoramento genético a primeira variedade cultivada, americana de cabeça firme e compacta, denominada ‘Grandes Lagos’. A partir deste avanço, este tipo varietal foi introduzido na Europa, tornando-se popular principalmente na Espanha, Alemanha, e também Austrália e Japão, entre outros.

2. Classificação botânica

Taxonomicamente, a alface é uma dicotiledônea anual que se enquadra na família Asteraceae (= Compositae), sendo a espécie cultivada *Lactuca sativa* L. São conhecidas cerca de 100 espécies de alface, as quais podem ser cruzadas umas com as outras por métodos de

hibridação convencional formando, desta forma, o grupo mais importante para fins de melhoramento genético. Este grupo inclui *L. sativa* L., *L. serriola* L., *L. saligna* L., e *L. virosa* L. Todas são autógamas diploides com $2n = 2x = 18$ cromossomos.

Resumidamente, a alface obedece às seguintes classificações de Engler e Cronquist:

	Engler	Cronquist
Divisão	Angiospermae	Magnoliophyta
Classe	Dicotyledoneae	Magnoliopsida
Subclasse	Sympetalae	Asteridae
Ordem	Campanulales	Asterales
Família	Compositae ou Asteraceae	Asteraceae
Gênero	Lactuca	Lactuca
Espécie	<i>Lactuca sativa</i> L.	<i>Lactuca sativa</i> L.

A alface pertence à família Asteraceae, apresenta inflorescência do tipo capítulo. Cada capítulo é formado por três brácteas que envolvem de 10 a 25 flores ou floretes. Cada flor possui o óvulo ínfero. O cálice é coberto com um anel de cerdas denominado de “papus”. A corola é soldada por suas anteras que rodeiam o estilete. O óvulo é formado por dois carpelos fundidos que contém um só óvulo, e que posteriormente formará um só aquênio por florete. A alface é uma planta autógama devido a sua estrutura cleistogâmica. Todos os floretes do capítulo abrem-se na parte da manhã, a partir das 8h e fecham após as 10h, dependendo da luminosidade e temperatura do ambiente. O pistilo, neste período de duas horas da antese emerge e, ao passar pelo tubo de anteras é autopolinizado (cleistogamia).

3. Morfologia e anatomia

As alfaces possuem grande variabilidade no que diz respeito à forma, cor e textura das folhas, caracterizando diferentes tipos comerciais (Carvalho Filho et al., 2009). É constituída de caule curto, não ramificado, ao qual se prendem as folhas que são amplas e crescem em roseta, em volta do caule, podendo ser lisas ou crespas, formando ou não uma cabeça, com

coloração em vários tons de verde ou roxo, de acordo com o cultivar e são essas características que determinam a preferência do consumidor (Maroto, 2002; Rodrigues, 2002; Filgueira, 2007). O sistema radicular é muito ramificado e superficial, explora apenas os primeiros 25 centímetros do solo, quando a cultura é transplantada em campo (Filgueira, 2007). Em semeadura direta, a raiz pivotante pode atingir até 60 cm de profundidade. Para que ocorra o florescimento, são necessárias temperaturas altas e fotoperíodo longo (Rodrigues, 2002). Na fase reprodutiva, a planta emite uma haste com flores amarelas agrupadas em cacho, e produz em maior quantidade uma substância leitosa e amarga denominada lactoaria (Filgueira, 2007).

A planta é herbácea, delicada, com caule diminuto, ao qual se prendem as folhas. Estas são amplas e crescem em roseta, em volta do caule, podendo ser lisas ou crespas, formando ou não uma cabeça, com coloração em vários tons de verde, ou roxa, conforme o cultivar. O sistema radicular é muito ramificado e superficial, explorando apenas os primeiros 25 cm de solo, quando a cultura é transplantada. Em semeadura direta, a raiz pivotante pode atingir até 60 cm de profundidade.

Em relação à espécie cultivada *L. sativa* há quatro grupos principais (subespécies) utilizadas para consumo humano (Figura 3). A definição dos tipos de alface é importante porque a diversidade nas características morfológicas e fisiológicas entre os grupos determina grandes diferenças na conservação pós-colheita e, conseqüentemente, nos aspectos de manuseio. Os principais tipos cultivados e comercializados, segundo EMBRAPA (2009) são:

- **Alface solta lisa:** Folhas lisas e soltas, relativamente delicadas, sem formação de cabeça compacta.
- **Alface repolhuda lisa:** Apresenta folhas lisas, delicadas e macias, com nervuras pouco salientes, aspecto oleoso “manteiga”, formando uma cabeça típica e compacta.
- **Alface solta crespa:** Folhas grandes e crespas, textura macia, mas consistente, sem formação de cabeça; pode ter coloração verde ou roxa.
- **Alface repolhuda crespa ou americana:** folhas crespas, consistentes e crocantes, cabeça grande e bem compacta.
- **Tipo Romana:** folhas são tipicamente alongadas, duras, com nervuras claras, cabeça fofa e alongada, na forma de cone.



Figura 1. Da esquerda para direita: alface solta lisa; repolhuda lisa; repolhuda crespa (americana); romana; crespa roxa; solta crespa (Adaptado EMBRAPA, 2016).

4. Germinação e propagação

A alface é propagada de forma sexuada, envolvendo a formação de gametas, fecundação e produção de sementes. Botanicamente os frutos são secos, tipo aquênio, indeiscentes e uniloculares (Figura 2). A semente consiste de um embrião composto por dois cotilédones envoltos por camadas de endosperma, integumento e pericarpo.

Estudos mostram que a germinação das sementes de alface possui sensibilidade a fatores como luz, temperatura, hormônios e concentração de gases na atmosfera. As sementes de alface estão sujeitas a termoinibição, fenômeno que ocorre quando se aumenta 2 a 3°C da temperatura ótima gradativamente, até que a germinação passa de 100 para 0%. A fisiologia da germinação de sementes de alface é complexa; os efeitos da luz e da temperatura têm sido estudados por décadas. A dormência está provavelmente relacionada a condições ambientais desfavoráveis como embebição no escuro, alta salinidade ou sob altas temperaturas (Ikuma; Thimann, 1964). A quebra da dormência pode ser obtida por diversos métodos como exposição à luz vermelha (Scheibe; Lang, 1965), aplicação de reguladores vegetais ou substâncias químicas (Saini et al., 1986) e condicionamento osmótico (Cantliffe et al., 1981).



Figura 2. Planta de alface (*L. serriola*) em estágio reprodutivo, com emissão de flores; detalhes do fruto de *L. serriola* com formação de sementes (direita), (Adaptado de Clark, 2016).

Ikuma e Thimann (1964), descreveram a germinação em três fases fisiológicas. Eles investigaram os efeitos da luz e calor em conjunto, bem como o do oxigênio, conduzindo experimentos em atmosfera contendo O_2 ou N_2 . Neste experimento analisaram mudanças que iniciavam em cada uma das 3 fases em uma temperatura padrão ($25^\circ C$) e variações do padrão.

(1) Fase de pré-indução: inicia-se com a embebição de água pela semente, processo que durou em média, 1,5h à temperatura padrão ($25^\circ C$). A taxa de embebição aumentou com o aumento da temperatura; a falta de O_2 no ambiente não surtiu efeito. A sensibilidade à luz vermelha aumentou como também o aumento de temperatura. Em valores muito altos de temperatura, a germinação no escuro foi inibida. Porém, a inibição em alta temperatura pode ser revertida ao se expor as sementes novamente à luz vermelha.

(2) Fase de indução: Sensibilidade à luz vermelha: comprimento do vermelho distante atinge valores máximos nesta fase. A exposição das sementes à luz vermelha por 1 minuto é suficiente para iniciar a germinação. Mudanças na temperatura e na atmosfera (presença/ausência de O_2) não mostraram efeitos nesta fase.

(3) Fase de pós-indução: Duração aproximada de 9 horas à temperatura padrão. Esta fase, ao contrário das anteriores, requer oxigênio e também se mostra responsiva a variações de temperatura, sendo que a inibição ocorre a $35^\circ C$. Nesta fase, a exposição das sementes ao vermelho-distante não consegue reverter os efeitos causados pela exposição à luz-vermelha.

Pollock e Manalo (1971), compararam a germinação de sementes de alface a $20^\circ C$ e $25^\circ C$ sob três níveis de estresse por umidade, conduzidos em câmara de crescimento com luz controlada. Em baixas temperaturas, a mudança nos níveis de estresse não causou efeitos significativos na germinação das sementes. Porém, sob alta temperatura, a taxa de germinação diminuiu com o aumento nos níveis de estresse. Os autores sugeriram, dessa forma, que o

estresse causado pela disponibilidade de água é tão importante no processo de germinação como a luz.

5. Desenvolvimento de raízes

O desenvolvimento do sistema radicular da alface dependerá de diversos fatores, sendo os mais importantes: técnica de cultivo adotada (semeadura direta, transplante de mudas, tamanho da muda transplantada), solo (textura, temperatura, fertilidade), sistema de irrigação (sulcos, aspersão e gotejo) e diversidade climática (Sánchez, 2008).

As raízes de alface são do tipo pivotante, apresentando ramificações finas e curtas. As raízes são densas, podem crescer até dois centímetros por dia e alcançar profundidades de até 1 metro. Entretanto, a maior parte das raízes está concentrada nos primeiros 15 centímetros, conforme sugerem Gallardo et al. (1996), sendo que podem chegar, em cultivo comercial até 60 centímetros.

Em situações de déficit hídrico a alface tende a formar raízes mais profundas com objetivo de extrair água das zonas mais profundas do solo (Gallardo et al., 1996). Alguns locais adotam o déficit hídrico nos primeiros estádios vegetativos para garantir uma boa formação do sistema radicular pelas plantas, evitando problemas futuros de absorção de água e nutrientes.

6. Desenvolvimento do caule

O desenvolvimento do caule em alface está relacionado à emissão do pendão floral, não desejável em plantios comerciais. Logo que a hortaliça sai da fase vegetativa para a reprodutiva, é caracterizado um crescimento do caule da planta. O alongamento do caule e entrenós antes de se completar o ciclo vegetativo, é uma característica indesejável para o cultivo da alface hortaliça.

7. Desenvolvimento de folhas

As folhas de alface emergem alternadamente em forma de roseta de tamanho reduzido, sendo dois tipos de folhas: as externas, largas e compridas, e as interiores mais compactas, que no caso da alface americana formam uma cabeça, sendo por isso chamada de “repolhuda” (Figura 3). O número total de folhas da planta varia entre 40 e 50 dependendo do ciclo, sendo entre 15 e 20 o número de folhas externas e 25 - 35 internas (Zink; Yamaguchi, 1962).



Figura 3. Disposição das folhas em alface repolhuda crespa, com formação de cabeça (à esquerda); e do tipo solta lisas, sem formação de cabeça (direita), (Adaptado de Inkdwel, 2016).

8. Efeitos de fatores ecológicos

De forma geral, a alface é uma planta anual, florescendo em condições de dias longos e temperaturas cálidas. Dias curtos e temperaturas amenas ou baixas temperaturas, favorecem a etapa vegetativa do ciclo, constatando-se que todos os cultivares produzem melhor sob tais condições (Nascimento, 2014). A planta, inclusive, resiste a baixas temperaturas e a geadas leves.

As condições climáticas sob as quais a muda é produzida afetam sobremaneira o comportamento da planta adulta. Originalmente a alface era uma cultura típica de outono-inverno, no centro-sul. Ao longo dos anos, entretanto, os melhoristas desenvolveram cultivares adaptados ao plantio também durante a primavera e verão, resistentes ao pendoamento precoce. Portanto, pela criteriosa escolha dos cultivares disponíveis, é possível plantar e colher alface, de boa qualidade, ao longo do ano.

Durante a primavera-verão, quando conduzida em casa de vegetação, a cultura se beneficia do chamado efeito guarda-chuva, obtendo-se folhas mais macias e redução substancial no ciclo. Atualmente, há culturas conduzidas no campo ou em casa de vegetação, com plantas desenvolvendo-se no solo ou em meio hidropônico. Tais tecnologias têm permitido aumentar a produção na época chuvosa e regularizar a oferta ao longo do ano.

A fase vegetativa envolve um ciclo de aproximadamente 30 dias para a produção da muda e mais 30 a 45 dias, pós transplantio, para os segmentos de alface lisa, crespa, mimosa, vermelha, romana e minialface. Na alface americana, o ciclo é superior a 60 dias após o transplantio, devido à formação de cabeça. A transição entre a fase vegetativa e reprodutiva denomina-se pendoamento; esse processo pode ser lento ou rápido, dependendo da reação do cultivar ao pendoamento precoce e, principalmente, da temperatura.

Existem uma série de fatores ambientais que influenciam o pendoamento e consequentemente seu florescimento e produção de sementes. O fator mais importante para indução do pendão floral da alface é a temperatura. Temperaturas acima de 25°C estimulam e induzem o início do pendoamento, após a alface completar seu ciclo vegetativo. Dias longos associados com altas temperaturas aceleram o processo de emissão da haste floral. Na região nordeste, o efeito do fotoperíodo é minimizado e o fator temperatura é mais preponderante para a produção de sementes de alface.

A germinação das sementes é influenciada por fatores ambientais como temperatura, luz, concentração de gases na atmosfera que envolve a semente e reguladores vegetais. Em relação à temperatura, a melhor faixa está em torno de 20°C. Se ocorrem altas temperaturas durante a embebição das sementes, podem ser observados dois fenômenos: termoinibição, reversível, a germinação em um primeiro momento é inibida, podendo ocorrer ao retornar a temperatura a níveis normais; e a termodormência, na qual as sementes não germinarão após a redução da temperatura a níveis ótimos, sendo necessário aplicar reguladores vegetais ou realizar condicionamento osmótico. A temperatura crítica varia com o cultivar, entre 5 a 33 °C e no geral acima de 30 °C causam a redução da porcentagem e velocidade de germinação.

Além de influenciar na germinação, a temperatura sob a qual as plantas são cultivadas pode influenciar na qualidade nutricional das mesmas. Boo et al. (2011), avaliaram o teor de compostos bioativos (polifenóis e flavonoides) e as atividades antioxidantes e enzimas em seis cultivares de alface roxa submetidas a quatro combinações de temperaturas diurnas e noturnas por seis semanas. O trabalho foi realizado em ambiente protegido na Coreia, e dentre as combinações utilizadas, observaram que os teores de polifenóis e antocianinas foram maiores nas combinações de temperatura (dia/noite): 13/10°C, seguidos por 20/13°C e 30/25°C. A atividade enzimática da PPO (polifenoloxidase) e PAL (fenilalanina amônia liase) também foram maiores nas temperaturas mais baixas e aumentaram à medida que aumentou a temperatura na combinação dia/noite.

Concluíram que em baixas temperaturas a alface apresenta alta atividade antioxidante e enzimática, sendo, portanto, de melhor qualidade nutricional. Esta informação é muito útil para os agricultores de forma geral, especialmente para cultivo protegido, no qual é possível controlar condições ambientais e tem sido uma tendência para o futuro.

Além destes fatores, a concentração de gases na atmosfera como o gás carbônico e condições estressantes como sal podem afetar sobremaneira o desenvolvimento das culturas. Pérez-Lopéz et al. (2015), avaliaram se o estresse salino aplicado de forma isolado ou combinado a elevadas concentrações de gás carbônico poderiam influenciar a qualidade de

dois cultivares de alface (verde e roxa). Os ambientes utilizados no trabalho foram: Concentração de CO₂ baixa ($400 \pm 20 \text{ mol mol}^{-1}$) e alta ($700 \pm 20 \text{ mol mol}^{-1}$) por 35 dias e posteriormente foram expostas a condições normais (0 mM de NaCl) ou estresse salino (200 mM de NaCl) por 4 dias.

Em concentração elevada de CO₂ ambos cultivares aumentam a absorção de quase todos os minerais disponíveis, exceto os nutrientes magnésio e ferro; a capacidade antioxidante também aumentou em ambos cultivares nestas condições. Sob estresse salino houve redução na concentração de alguns nutrientes na folha como nitrogênio e potássio, enquanto cálcio, magnésio e fósforo reduziram principalmente no cultivar Roxa, demonstrando que a condição de estresse ocasionou um bloqueio na absorção destes nutrientes. Porém, quando a condição de estresse salino foi imposta em alto teor de CO₂ cada cultivar respondeu de forma diferente, sendo que o Roxa foi o mais beneficiado nesta condição, sendo capaz de reajustar a absorção de minerais e recuperação de seu metabolismo antioxidante, produzindo plantas de melhor qualidade nutricional. Sendo assim, a presença de altos teores de CO₂ no ambiente foi capaz de amenizar as condições de estresse salino para ambos os cultivares, principalmente os do tipo Roxo. Dessa forma, concluíram que a exposição das plantas a diferentes concentrações de gases como CO₂ pode ser benéfica ao cultivo das plantas, fator importante a ser considerado especialmente em condições de cultivo protegido.

8.1 Efeitos da luminosidade e radiação solar

Diversos fatores ecológicos podem afetar o cultivo da alface. Estudos mais recentes têm avaliado o cultivo desta folhosa em exposição a diferentes tipos de luz, e os efeitos da luminosidade no crescimento, qualidade e emissão de gases. O principal objetivo é avaliar quais comprimentos de luz são capazes de proporcionar máxima eficiência ao processo fotossintético, caminhando a uma tendência crescente de cultivo protegido em condições controladas. O conhecimento dos efeitos de fatores como a luz no crescimento das plantas é de fundamental importância para o cultivo em casas de vegetação incluindo as chamadas fazendas verticais (*vertical farming*) as quais já são consideradas em diversos países.

Estudos sugerem que a intensidade luminosa e qualidade do espectro de luz promovem o crescimento da alface. Alguns apontam que a intensidade luminosa é eficiente na faixa de 889 a 932 $\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (Knight; Mitchell, 1983), enquanto outros consideram que o ponto de saturação luminosa da alface concentra-se na faixa dos 500 a 520 $\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (Li; Gong,

2002). Esta diferença ocorre provavelmente pelos diferentes tipos de alface cultivados e de diversos cultivares dentre os principais tipos.

Wang et al. (2016), aplicaram proporções de luz vermelha e azul em plantas de alface e avaliaram a performance fotossintética mensurando parâmetros relacionados à fotossíntese como morfologia foliar, taxa de fotossíntese, fluorescência da clorofila, desenvolvimento dos estômatos, curva de resposta à luz e teor de nitrogênio. As plantas foram expostas a irradiância de $200 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ por 16 h ao dia, sendo submetidas a seis diferentes tratamentos (proporções de luz vermelha e azul (V/A)): 12, 8, 4 e 1.

Observaram que a capacidade fotossintética aumentou à medida que reduziu a relação (V/A) até o valor 1, o que está associado também a redução da condutância dos estômatos juntamente com o aumento da densidade dos estômatos e ligeiro decréscimo nos tamanhos dos estômatos. Baseados nestes resultados e outros parâmetros avaliados, concluíram que a luz azul em maior proporção promoveu o desempenho fotossintético ou crescimento pelo estímulo de respostas morfológicas e fisiológicas das plantas.

Outros autores avaliaram os efeitos de diferentes intensidades luminosas na fluorescência da clorofila e produtividade em alface romana (Fu et al., 2012). Na China, assim como em outras regiões, é interessante estudar medidas de suplementação luminosa em locais onde o fotoperíodo, em algumas épocas do ano, é muito curto. Da mesma forma, locais de baixa latitude e alta intensidade luminosa podem comprometer o bom desempenho desta folhosa.

Fu et al. (2012), avaliaram cinco intensidades luminosas (100, 200, 400, 600 e $800 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$). As intensidades 100 e 800 foram as de resultados inferiores para todos os parâmetros avaliados. O intervalo de 400 a $600 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ sendo a $400 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ um valor ótimo para suplementação luminosa em períodos de produção no inverno, para regiões de alta latitude, enquanto $600 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ seria recomendada como luz para sombreamento na primavera até o início do outono em regiões de baixa latitude, onde a intensidade luminosa pode ser em excesso e prejudicial.

9. Relações hídricas

Alguns estudos sobre relações hídricas na cultura da alface têm comparado distintos métodos de irrigação, relacionando a produtividade do cultivo e o gasto de água. A biomassa fresca e qualidade da alface diminuem à medida que decresce o potencial mátrico da água no solo, constatando-se a alta sensibilidade da alface ao déficit hídrico, mais sensível durante a formação da cabeça do que nas primeiras fases de crescimento. Gallardo (1996), recomenda

irrigar quando o potencial mátrico da água no solo a 30 centímetros de profundidade alcança os -20 kPa. Rincón e Saez (1997) avaliando irrigação por gotejo, obtiveram a máxima produção mantendo a máxima densidade radicular sob potencial mátrico de -20 kPa durante todo ciclo de cultivo. De todos os resultados obtidos em pesquisas, conclui-se que a irrigação por gotejamento é adequado para melhorar a eficiência da água de irrigação, comparado à irrigação por sulcos e aspersão.

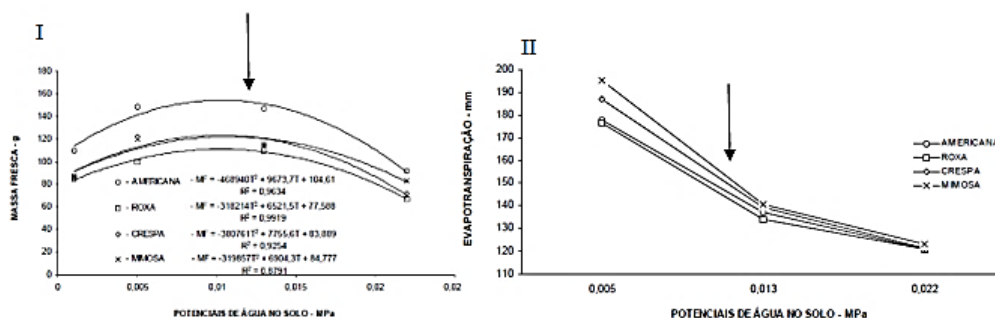
A maior parte da água consumida pelas plantas evapora pelo processo de transpiração e evaporação a partir do solo; o conjunto destes processos é denominado evapotranspiração (ET). Quando ela ocorre em ambiente sem restrição de água no sol, é conhecida como “Evapotranspiração máxima do cultivo” (ET_c). A ET_c corresponde, portanto, a quantidade de água que deve ser fornecida ao solo mediante chuva e/ou irrigação. Para determiná-la utiliza-se o método FAO mediante a seguinte equação:

$$ET_c = ET_o \times K_c$$

Sendo ET_c a evapotranspiração de cultivo em mm/dia, ET_o a evapotranspiração de referência em mm/dia e K_c o coeficiente de cultivo (adimensional).

Segundo Fhecha (2004), a produtividade relativa da cultura da alface apresenta correlações lineares negativas com estresse devido ao excesso de água no solo. O efeito do excesso de água na cultura pode ser identificado pela redução na altura da planta, do diâmetro e do peso da parte aérea, além da redução do diâmetro do caule, e a variável peso da parte aérea a que apresenta maior sensibilidade.

Cardoso e Klar (2009), avaliaram a produção de massa fresca da alface expostos a diferentes valores de potencial da água no solo, com objetivo de definir critérios adequados para o manejo da irrigação da cultura. Utilizaram quatro tipos de alface (americana, roxa, crespa e mimosa) em quatro potenciais de solo (-0.001; -0.005; -0.012 e -0.022 MPa). Mediu-se a evapotranspiração para cada potencial aplicado, além de se avaliar também o fornecimento das lâminas de irrigação durante o experimento. O potencial que permitiu maior produção de matéria fresca foi de -0.012 MPa para todas as alfaces avaliadas, conforme pode ser observado na Figura 4(I); esta faixa de potencial também esteve associada a valores baixos de evapotranspiração (Figura 4.II). A tabela abaixo mostra as médias dos resultados obtidos para cada potencial (Figura 4.III).



III Análise da produção média (g) considerando as cultivares e os potenciais de água no solo.

Potenciais -MPa	Variedades				Média dos Potenciais
	Americana	Roxa	Crespa	Mimosa	
0.001	110.0000	85.0000	86.6667	86.6667	92.08334 b
0.005	148.3333	100.0000	121.6667	120.0000	122.50000 a
0.013	146.6667	110.0000	115.0000	115.0000	121.66670 a
0.022	91.6667	66.6667	71.6667	83.3333	78.33334 b
Média das variedades	124.16670 a	90.41666 b	98.75000 b	101.25000 b	DMS = 16.74

Médias seguidas por letras distintas na mesma coluna, diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Figura 4. (I): produção de massa fresca de acordo com potencial de água no solo; (II): Evapotranspiração em mm e (III): Produção média para cada potencial por tipo de alface avaliado.

10. Solos, nutrição e micorrizas

Diversos estudos vêm sendo conduzidos no sentido de avaliar a interação de microrganismos e plantas cultivadas, geralmente fungos e bactérias promotores de crescimento, os quais podem estabelecer relações de simbiose com as plantas, auxiliando as mesmas na disponibilização e absorção de nutrientes pelo sistema radicular, produção de substâncias reguladoras as quais podem atuar no crescimento do sistema radicular, causando uma melhoria também na absorção de água, sendo que alguns autores têm voltado os estudos para os benefícios em situações de estresses ambientais.

Em relação aos fungos do tipo micorriza, estes colonizam as raízes das plantas para, em 90% dos casos, proporcionar benefícios para ambos: planta hospedeira e microrganismo. Os mais comuns são as micorrizas arbusculares (AM), as quais são formadas na maioria das plantas cultivadas e mais especificamente, nas hortaliças, incluindo alface. Esta simbiose pode ser benéfica no crescimento, contribuir para a absorção de água e melhorar a qualidade nutricional da alface cultivada tanto em condições ótimas como em condições de déficit hídrico (Baslam et al., 2013).

Dentre as diferentes espécies de micorrizas, *Rhizophagus intraradices* e *Funneliformis mosseae* têm demonstrado comportamento efetivo não somente no que diz respeito ao aproveitamento de água do solo como também potencializando o crescimento e induzindo ao acúmulo de compostos antioxidantes nas folhas de diversos cultivares de alface em casa de

vegetação. Entretanto, a efetividade das micorrizas na qualidade nutricional da alface pode ser afetada por tratos culturais, como a fonte de fósforo empregada como fertilizante (Baslam et al., 2013). Além disso, práticas culturais podem também afetar a síntese e acúmulo de metabólitos secundários interessantes para dieta humana, como compostos fenólicos (Zhao et al., 2007).

Baslam et al. (2013), avaliaram a influência de diferentes épocas de cultivo no crescimento e qualidade nutricional de dois tipos de alface (‘Batavia Rubia Munguía’ e o roxa ‘Maravilla de Verano’), inoculadas com um inóculo comercial de micorriza (mistura de *R. intraradices* e *F. mosseae*) previamente conhecidos por sua habilidade de melhorar a qualidade nutricional dos cultivares mencionados. Como principais resultados, encontraram que as micorrizas podem ser benéficas ao cultivo da alface em épocas diferentes do inverno, considerada a mais favorável, permitindo desta forma a extensão do cultivo em outras estações, normalmente desfavoráveis aos cultivares citados. A inoculação com micorriza mostrou-se sempre benéfica em relação ao crescimento sendo que os melhores resultados foram obtidos na primavera e verão (Tabela 1) nas quais a concentração de nutrientes atingiu valores mais próximos ao cultivo de inverno. Ainda segundo os autores, a eficiência da micorriza pode variar em função do cultivar utilizado.

Tabela 1. Concentração de nutrientes em folhas de alface (*Lactuca sativa* L.) cultivares ‘Batavia Rubia Munguía’ (BRM) e ‘Maravilla de Verano’ (MV), não-inoculadas (NI) e inoculadas (I) com micorrizas, cultivadas nas diferentes estações do ano (Adaptado de Baslam et al., 2013).

		mg g ⁻¹ PS					(ppm)			
BRM		N	P	K	Mg	Ca	Fe	Cu	Mn	Zn
NI	Verão	2.83cd	0.10h	8.30b	0.73a	1.41a	10.69c	0.11e	19.30c	7.27ab
	Outono	2.48cd	0.07i	6.38ef	0.26ef	0.67d	5.59 ef	ND	11.99ef	2.66 fgh
	Inverno	3.16ab	0.13f	6.42e	0.39 c	0.84c	5.75ef	0.55b	27.04a	7.57a
	Primavera	2.52ef	0.06i	5.91fg	0.29e	0.81c	6.23e	ND	11.03f	3.91 cde
I	Verão	3.40a	0.10h	9.13a	0.77a	1.43a	12.84b	0.55b	17.49d	6.51b
	Outono	2.17hi	0.06i	5.83g	0.22fg	0.59d	4.31gh	0.04ghi	11.76ef	2.18hi
	Inverno	3.36a	0.15 e	7.65c	0.45b	0.84c	4.94 fg	0.53b	22.18b	7.31ab
	Primavera	2.48efg	0.11 g	6.91 d	0.33 d	0.86 c	4.30 gh	ND	11.83ef	3.52cde
MV										
NI	Verão	3.20b	0.11g	8.03b	0.73a	1.69a	7.93c	ND	14.34c	3.45b
	Outono	2.19fgh	0.12f	4.39fg	0.13f	0.34h	5.69ef	0.05fg	4.69g	2.24efg
	Inverno	2.21fgh	0.13def	6.52c	0.37b	1.05bc	8.98bc	0.56bc	27.08a	5.38a
	Primavera	2.83cd	0.05h	6.69c	0.30c	1.06b	3.95h	ND	12.76d	1.87fg
I	Verão	2.93bc	0.10g	9.07a	0.77a	1.62a	12.80a	0.08efg	10.03e	3.22bc
	Outono	2.36efg	0.12f	4.26fgh	0.14f	0.35h	5.66ef	0.10ef	7.31f	2.15efg
	Inverno	2.31efg	0.14d	6.85c	0.38b	0.98bc	10.50b	0.64ab	23.97b	5.01a
	Primavera	2.27efg	0.09g	5.98d	0.28cd	0.98c	2.92gh	ND	10.46e	2.45def

Goicoechea et al. (2015), avaliaram a eficiência de micorrizas na cultura da alface associadas à fertilização com selênio. O selênio está relacionado, em alfaces, a maior produção de proteínas, açúcares e minerais. Alguns autores sugerem que a presença de micorrizas pode ter uma interação negativa com o aproveitamento de selênio; dessa forma, encontraram que as micorrizas podem ter sua eficiência afetada por fertilização rica em selênio, e essa interação pode variar de acordo com o cultivar e a forma como o selênio é fornecido às plantas.

Fasciglione et al. (2015), trabalharam com inoculação de sementes de alface com a bactéria promotora de crescimento *Azospirillum*, visando avaliar os efeitos no crescimento, qualidade e pós-colheita em plantas cultivadas sob estresse salino. Verificaram que a inoculação deste microrganismo melhorou não somente a produtividade e valor nutricional, mas também estendeu a vida pós-colheita e a qualidade final no cultivo em condições de estresse salino, como pode ser observado nas Tabelas 2, 3 e 4.

Tabela 2. Avaliação de parâmetros fisiológicos no momento da colheita (Adaptado de Fasciglione et al., 2015).

Parâmetro Fisiológico	Efeitos do estresse		Efeitos do <i>Azospirillum</i>	
	0 NaCl mol m ⁻³	40 NaCl mol m ⁻³	Controle	Inoculado
Biomassa (Peso fresco)	217.2a	109.8b	149.6b	177.4a
Biomassa (Peso seco)	10.8a	6.1b	7.47b	9.49a
Teor de água (%)	74.7a	70.9b	70.4b	75.2a
Total clorofila (mk/kg peso seco)	85.3b	78.6a	76.9b	86.9a

Conforme os dados obtidos pelos autores, segundo os parâmetros fisiológicos, a inoculação com *Azospirillum* foi benéfica na superação das condições de estresse pelo cultivar, permitindo produção de biomassa igual à cultivada sob condições normais, e superiores ao controle sem inoculação. Os resultados positivos continuaram no período pós-colheita, 10 e 20 dias, conforme informado nas Tabelas 3 e 4, respectivamente.

Tabela 3. Avaliação de parâmetros fisiológicos 10 dias após a colheita (Adaptado de Fasciglione et al., 2015).

Parâmetro Fisiológico	Efeitos do estresse		Efeitos do <i>Azospirillum</i>	
	0 NaCl mol m ⁻³	40 NaCl mol m ⁻³	Controle	Inoculado
Biomassa (Peso fresco)	209.6 ^a	110.9b	142.2b	178.3 ^a
Biomassa (MS)	8.9 ^a	6.1b	6.9b	8.1 ^a
Teor de água (%)	72.8 ^a	77.9a	73.9b	76.8 ^a
Total clorofila (mk/kg peso seco)	72.0a	64.8b	63.0b	73.4 ^a

Tabela 4. Avaliação de parâmetros fisiológicos 20 dias após a colheita (Adaptado de Fasciglione et al., 2015).

Parâmetro Fisiológico	Efeitos do estresse		Efeitos do <i>Azospirillum</i>	
	0 NaCl mol m ⁻³	40 NaCl mol m ⁻³	Controle	Inoculado
Biomassa (Peso fresco)	218.1 ^a	103.0b	141.7b	179.31a
Biomassa (Peso seco)	13.5 ^a	5.39b	8.2b	9.7a
Teor de água (%)	77.6 ^a	71.3b	71.0a	70.8a
Total clorofila (mk/kg peso seco)	62.4 ^a	61.9a	56.3b	67.9a

Além de *Azospirillum*, outros microrganismos podem ser benéficos como promotores de crescimento em hortaliças, aplicados via semente ou solo. Radhakrishnan e Lee (2016) avaliaram os efeitos da inoculação de *Bacillus methylotrophicus* (estirpe KE2) no crescimento das plantas e qualidade nutricional das folhas de alface, aplicado via solo. Os efeitos da inoculação desta bactéria têm sido confirmados em relação ao aumento da porcentagem de germinação em sementes de alface (*Lactuca sativa* L.), melão (*Cucumis melo* L.), soja (*Glycine max* L.) e mostarda (*Brassica juncea* L.) por diversos autores. Este efeito pode estar associado à produção de giberelinas (GA1, GA3, GA7, GA8, GA9, GA12, GA19, GA20, GA24, GA34 e GA53) e ácido indolilacético por esta bactéria.

Radhakrishnan e Lee (2016), consideraram que a associação com bactérias favoreceu o crescimento da parte aérea, massa fresca e comprimento das folhas de alface. As maiores concentrações de proteínas, aminoácidos (Aspartato, Treonina, Serina, Glutamato, Glicina, Alanina, Leucina, Tirosina e Histidina) e frutose foram encontradas em plantas inoculadas com bactérias estirpe KE2. Macro e micronutrientes como K, Mg, Na, P, Fe, Zn e N foram também detectados em elevadas quantidades em plantas tratadas com a bactéria quando comparadas ao controle, bem como o teor de carotenoides e clorofila a (Figura 6). Os resultados sugerem, dessa forma, que a inoculação de *B. methylotrophicus* KE2 no solo auxilia no crescimento da planta e a qualidade nutricional da alface.

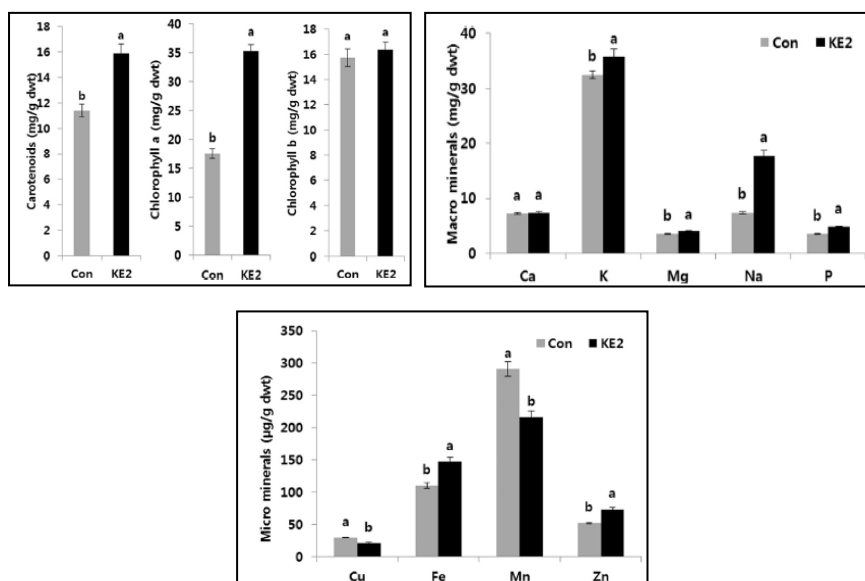


Figura 5. Teor de carotenoides, clorofilas a e b; macronutrientes e micronutrientes em folhas de alface controle (Con) e inoculadas com a estirpe KE2 de *Bacillus methylotrophicus* (Adaptado de Radhakrishnan e Lee, 2016).

11. Fotossíntese e translocação

A fotossíntese consiste em dois processos acoplados, sendo um deles de caráter fotoquímico e compreende a absorção de luz e o transporte de elétrons e o outro bioquímico, com a captação de gás carbônico e formação de compostos que encadeiam os átomos de carbono e retém a energia absorvida a partir da luz nas ligações químicas das moléculas formadas. Na fase de fixação de carbono, algumas plantas tendem a formar compostos de três moléculas de carbono, o 3-fosfoglicerato. Estas plantas são chamadas de C_3 , sendo um exemplo deste grupo a alface.

De forma geral, as plantas C_3 têm seu crescimento favorecido em regiões de intensidade solar e temperaturas moderadas e concentração de dióxido de carbono em torno de 200 ppm ou mais. Eliminam 97% da água total absorvida no processo de transpiração, e, portanto, apresentam problemas para se desenvolverem em regiões muito quentes. Além da transpiração, em condições de elevadas temperaturas a enzima rubisco, responsável pela fixação do carbono do CO_2 , tende a incorporar mais oxigênio do que gás carbônico à medida que aumenta a temperatura, favorecendo a ocorrência da fotorrespiração, o que representa um desperdício de energia, podendo limitar o crescimento da planta.

O ponto de saturação luminoso para as plantas do grupo C_3 está compreendido no intervalo de 1.000- 1.500 micromol fótons $m^{-2} s^{-1}$ (Larcher, 2000). Para que a planta produza biomassa é necessário que o saldo da fotossíntese seja positivo. Conforme descrito na literatura, o balanço da fotossíntese é dado pela equação abaixo:

$$FL = FB - R (FTR + RM)$$

Em que:

FL = Fotossíntese líquida

FB = Fotossíntese Bruta

R = Respiração, sendo FTR = Fotorrespiração e RM = Respiração mitocondrial

A combinação ideal de temperaturas diurnas e noturnas para que a alface apresente máximo desempenho na fotossíntese é 15 a 20°C e 15°C, respectivamente. Acima de 30°C tende a ser prejudicial no desenvolvimento da alface. É muito importante conhecer para cada tipo de alface, o ponto de saturação e comportamento em relação à fotossíntese para que os fatores ambientais possam ser utilizados de forma eficiente, principalmente no que diz respeito ao cultivo protegido.

12. Florescimento e frutificação

O florescimento da alface é contínuo e sequencial. Cerca de 90% das sementes produzidas são originárias de flores que se abrem nos primeiros 35 dias após a antese da primeira flor. O período de florescimento pode se estender por até 70 dias. Geralmente, as sementes originadas dos dois primeiros picos de floração são as de maior peso do que as produzidas mais tardias. O número médio de aquênio por capítulo é de aproximadamente 16. A maturação fisiológica do aquênio ocorre em média de 12 a 21 dias após a antese do florete.

O que chamamos de semente de alface, na realidade é um aquênio, ou seja, um fruto seco, cuja semente está ligada ao fruto pela região do funículo desenvolvido a partir do ovário com óvulo único. O indicativo de maturidade fisiológica ocorre quando as brácteas e os papus secam para dispersão da semente pelo vento. A domesticação da alface e seu processo seletivo foram mais intensos na fase vegetativa da espécie do que na reprodutiva. Os cultivares de alface ainda mantêm muitas características indesejáveis de seus ancestrais de espécies silvestres, como dormência e dispersão de sementes pelo vento.

A fase reprodutiva é o estágio final do crescimento da alface. Embora as estruturas florais sejam evidenciadas relativamente cedo no ciclo de vida da alface, a reprodução pode acontecer logo após atingir a maturidade vegetativa. Neste ponto de maturidade, inicia-se o alongamento do pendão.

13. Zoneamento agroclimático e adaptações ao meio ambiente

As condições ambientais como temperatura, são difíceis de controlar em campo aberto, mas tem forte implicação na qualidade do produto. As alfaces, por serem originárias de clima temperado, devem ser produzidas em condições de temperaturas amenas durante o dia e mais baixas durante a noite de forma a atingir qualidade superior. Caso seja exposta a elevadas temperaturas pode desenvolver características sensoriais não desejáveis, como sabor mais amargo e folhas menos tenras.

Hilton et al. (2009), reportaram que mudanças nas condições ambientais como estresse por frio ou calor durante o crescimento da planta influenciaram na extensão da coloração e qualidade pós-colheita. Dentre os fatores climáticos mais importantes, a temperatura durante a estação a ser cultivada aparece como a principal, seguida pela qualidade e intensidade luminosa. Estes fatores têm sido apontados como os principais influenciadores da qualidade de hortaliças de forma geral.

No Brasil, o cultivo de verão foi permitido pelo desenvolvimento de variedades tropicais, tolerantes ao pendoamento precoce, mas tendem a apresentar qualidade inferior, com um menor número de folhas e cabeça mais compacta. De qualquer forma, atualmente é possível cultivar alface durante o ano todo desde que sejam respeitadas as recomendações das variedades mais adequadas para cada época do ano.

Por se tratar de um produto frágil e perecível o cultivo localiza-se próximo aos centros consumidores, nos chamados cinturões, que ocorrem em todas as regiões do Brasil. No Nordeste o cultivo tem sido viabilizado em grande parte pela prática do cultivo protegido, e diversos trabalhos têm sido realizados como uso de sombrites visando atenuar os efeitos da radiação e temperatura.

14. Estratégias para altas produções

Considerando-se todas as informações apresentadas até o momento sobre temperatura, luminosidade, concentração de gases, relações hídricas, entre outros, observa-se que o controle das condições ambientais é essencial para garantir uma produtividade satisfatória, com melhor qualidade do produto.

Um dos principais desafios atuais é viabilizar o cultivo em regiões de alta intensidade luminosa e temperatura, uma das estratégias para estes locais é o controle das condições ambientais. Bezerra Neto et al. (2005), conduziram pesquisa avaliando o efeito de três tipos de telas de sombreamento na produtividade de alface em condições de temperatura e luminosidade elevadas, realizada em Mossoró (Rio Grande do Norte). Além das telas,

avaliaram também a distância das mesmas às plantas, e observaram que a máxima produtividade obtida foi com uso de tela branca a 44,6 centímetros de distância das plantas.

A tela branca destacou-se das demais por incrementar o número de folhas por planta e a produtividade, conforme demonstrado na Tabela 5. A máxima produtividade ($83,64 \text{ t ha}^{-1}$) sendo 25% superior ao controle sem tela, com exposição direta a luz solar. Os demais dados de altura de plantas, diâmetro, número de folhas por planta e produtividade podem ser observados na Tabela 5 abaixo.

Tabela 5. Efeito de diferentes tipos de tela de sombreamento sobre a altura e diâmetro das plantas, número de folhas por planta, produtividade estimada e incremento de produtividade em relação ao controle (sem tela), em alface ‘Great Lakes’ na região de Mossoró, RN (Adaptado de Neto et al., 2005).

Tipos de Tela	Branca	Verde	Preta	Sem tela
Altura de plantas (cm)	26.62 a	26.05 a	25.76 a	24.4
Diâmetro de plantas (cm)	34.99 a	32.04 a	32.71 a	36.11
Folhas por Planta (n)	18.28 a	17.23 ab	16.05 b	18.23
Produtividade (t ha^{-1})	83.64 a	78.34 ab	72.72 b	66.67*
Incremento de produtividade sobre a testemunha (%)	25.45	17.5	9.07	

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste Tukey ao nível de 5 % de probabilidade.

* Significativamente diferente da média dos três tipos de tela.

15. Efeitos de reguladores vegetais

Reguladores vegetais podem beneficiar a alface durante todos os estádios de crescimento da planta. Alguns defensivos comercializados podem, além de oferecer proteção contra os patógenos para os quais são recomendados, também provocar efeitos nas plantas semelhantes à aplicação de reguladores vegetais.

Neste sentido, alguns trabalhos foram desenvolvidos como o de Mansano (2014) o qual avaliou o efeito da aplicação de uma mistura de reguladores vegetais e dois fungicidas, piraclostrobina e boscalida, em plantas de alface (*Lactuca sativa* L.), em condições de ambiente protegido, visando seus efeitos fisiológicos na germinação, metabolismo e desenvolvimento da planta, bem como nas características produtivas e qualidade pós-colheita.

A boscalida pelo que se tem conhecimento apresenta os mesmos efeitos fisiológicos positivos das estrobilurinas nas plantas, além de fornecer proteção antifúngica preventiva

(BASF, 2010). Já a Piraclostrobina é um tipo de estrobilurina e possui propriedades fisiológicas que elevam a qualidade e o rendimento da colheita. Aumento da fotossíntese líquida, incremento da atividade do nitrato redutase, efeito verde devido ao maior teor de clorofila e redução do estresse associado à redução da síntese de etileno, permitindo assim maior duração da área foliar e efeitos sobre o rendimento das culturas, elevação na concentração de proteínas e biomassa, redução na respiração celular e maior fotossíntese líquida.

O trabalho foi dividido em duas partes nas quais avaliou: efeito dos tratamentos na produção de mudas, pela embebição das sementes; e efeitos dos reguladores vegetais, sendo aplicados após o transplântio das mudas em campo. No primeiro experimento, as sementes de alface foram embebidas em diferentes soluções contendo os defensivos de forma isolada e combinados aos biorreguladores, totalizando 8 tratamentos.

Segundo o autor, os tratamentos com piraclostrobina, boscalida e piraclostrobina + boscalida apresentaram os melhores resultados no início da germinação e no índice de velocidade de germinação quando comparados aos biorreguladores. Aos 30 dias após a emergência, os mesmos tratamentos apresentaram maior massa seca. Os tratamentos com a mistura de biorreguladores apresentaram os melhores resultados na produção final quando comparados à testemunha e na análise de área foliar, o maior resultado foi obtido no tratamento com boscalida + mistura de reguladores vegetais e boscalida + piraclostrobina + reguladores vegetais.

A aplicação de boscalida em sementes aumenta a velocidade de emergência, o vigor da planta e diminui o tempo das mudas na bandeja. O tratamento das sementes por embebição pode causar toxicidade, diminuindo o vigor inicial e a germinação das sementes. A aplicação dos reguladores vegetais no campo aumenta a massa final das plantas de alface, além de aumentar a atividade do sistema antioxidativo.

Dessa forma, o uso de reguladores vegetais, associados ou não a defensivos como os citados neste trabalho podem ser benéficos no cultivo da alface – desde germinação até colheita. Servem, portanto como uma ferramenta que pode ser utilizada pelo agricultor, além das demais citadas neste trabalho, visando obtenção de maior produtividade.

Referências

- BASLAM, M. et al. Effectiveness of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) for inducing the accumulation of major carotenoids, chlorophylls and tocopherol in green and red leaf lettuces. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 97, n. 7, p. 3119-3128, 2013.
- BEZERRA NETO, F. et al. Produtividade de alface em função de condições de sombreamento e temperatura e luminosidade elevadas. **Horticultura Brasileira**, v. 23, n. 2, p. 189-192, 2005
- BOO, H.O. et al. Positive effects of temperature and growth conditions on enzymatic and antioxidant status in lettuce plants. **Plant Science**, v. 181, n. 4, p. 479-484, 2011.
- BOUKEMA, I.W. et al. **CGN Collection Reviews, The CGN Lettuce Collection**. Wageningen: CGN, 1990. 27 p.
- CANTLIFFE, D.J.; SHULER, K.D.; GUEDES, A.C. Overcoming seed thermodormancy in a heat sensitive romaine lettuce by seed priming [Varieties]. **HortScience**, 1981.
- CARDOSO, G.G.G.; KLAR, A.E. Potenciais de água no solo na produção de alface. **Irriga**, p. 170-179, 2009.
- CARVALHO FILHO, J.L.S.; GOMES, L.A.A.; MALUF, W.R. Tolerância ao florescimento precoce e características comerciais de progênies F4 de alface do cruzamento Regina 71 x Salinas 88. **Acta Scientiarum**. Agronomy, Maringá, v. 31, n. 1, p. 37-42. 2009.
- CLARK, J.K. **Prickly lettuce, *Lactuca serriola*, Agriculture and Natural Resources**. Disponível em <<http://ipm.ucanr.edu/PMG/L/W-CO-LSER-MP.001.html>>. Acesso em 20 set. 2016.
- CORREIA, E.C.S.S. **Reação de cultivares de alface do grupo americano a *Meloidogyne incognita*, *M. javanica* e *M. enterolobii***. 2013. 55 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Univ Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2013.
- DUNLAP, J.R.; MORGAN, W. Reversal of induced dormancy in lettuce by ethylene, kinetin, and gibberellic acid. **Plant Physiology**, v. 60, n. 2, p. 222-224, 1977.
- EMBRAPA. **Tipos de alface cultivados no Brasil**. Brasília, 2009. (Comunicado Técnico).
- EMBRAPA. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.EMBRAPA.br/digital/bitstream/CNPQ-2010/36477/1/cot-75.pdf>>. Acesso em: 20 set. 2016.
- FASCIGLIONE, G. et al. *Azospirillum* inoculation effects on growth, product quality and storage life of lettuce plants grown under salt stress. **Scientia Horticulturae**, v. 195, p. 154-162, 2015.
- FERÁKOVÁ, V. **The genus *Lactuca* L. in Europe**. Bratislava: Universita Komenskeho, 1977.

FILGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de olericultura**: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. Viçosa: Ed. UFV, 2007. 421 p.

FU, W.; LI, P.; WU, Y. Effects of different light intensities on chlorophyll fluorescence characteristics and yield in lettuce. **Scientia Horticulturae**, v. 135, p. 45-51, 2012.

GALLARDO, M. et al. Production and water use in lettuces under variable water supply. **Irrigation Science**, v. 16, n. 3, p. 125-137, 1996.

GOICOECHEA, N. et al. Selenium fertilization and mycorrhizal technology may interfere in enhancing bioactive compounds in edible tissues of lettuces. **Scientia Horticulturae**, v. 195, p. 163-172, 2015.

HARLAN, J.R. Lettuce and the sycomore: sex and romance in ancient Egypt. **Economic Botany**, v. 40, p. 4-15, 1986.

HILTON, H.W. et al. The influence of agronomic factors on the visual quality of field-grown: minimally-processed lettuce. **Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, v. 84, p. 193-198, 2009.

IKUMA, H.; THIMANN, K.V. Analysis of germination processes of lettuce seed by means of temperature and anaerobiosis. **Plant Physiology**, v. 39, n. 5, p. 756, 1964.

INKDWELL. Disponível em: <http://www.inkdwell.com/wp-content/uploads/2012/12/Lettuce-Head_02.jpg>. Acesso em: 20 set. 2016.

KEYS, R.D. Effect of gibberellic acid, kinetin, and ethylene plus carbon dioxide on the thermodormancy of lettuce seed (*Lactuca sativa* L. cv. Mesa 659). **Plant Physiology**, v. 56, n. 6, p. 826-829, 1975.

KNIGHT, S.L.; MITCHELL, C.A. Enhancement of lettuce yield by manipulation of light and nitrogen nutrition. **Horticultural Science**, v. 108, p. 750-754, 1983.

LARCHER, W. Temperature stress and survival ability of *Mediterranean sclerophyllous* plants. **Plant Biosystems**, v. 134, n. 3, p. 279-295, 2000.

LI, Z.Z.; GONG, S.F. Vertical column and system of columnar soilless culture (scsc) and its application to cultivation of lettuce. **Chinese Journal of Applied Environmental Biology**, v. 8, p. 142-147, 2002.

MANSANO, A.R. **Fungicidas e reguladores vegetais nas características fisiológicas e produtivas de alface ‘Vera’**. 2014. 60 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Univ Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2014.

MAROTO, J.V. **Horticultura herbácea especial**. 5. ed. Madrid: Mundi-Prensa, 2002, 702 p.

NASCIMENTO, W.M. (Ed.). **Produção de sementes de hortaliças**. Brasília: EMBRAPA Hortaliças, 2014.

PÉREZ-LÓPEZ, U. et al. Growth and nutritional quality improvement in two differently pigmented lettuce cultivars grown under elevated CO₂ and/or salinity. **Scientia Horticulturae**, v. 195, p. 56-66, 2015.

POLLOCK, B.M.; MANALO, J.R. Influence of seed-lot history on sensitivity of lettuce seed to temperature and moisture stress. **HortScience**, 1971.

PROHENS, J.; NUEZ, F. Vegetables I. **Handbook of Plant Breeding**, v. 1, p. 3881-418, 2008.

RADHAKRISHNAN, R.; LEE, I.J. Gibberellins producing *Bacillus methylotrophicus* KE2 supports plant growth and enhances nutritional metabolites and food values of lettuce. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 109, p. 181-189, 2016.

RYDER, E. J. **Lettuce, endive and chicory**. New York: CABI Publishing, 1999.

RODRIGUES, L.R.F. **Técnicas de cultivo hidropônico e de controle ambiental no manejo de pragas, doenças e nutrição vegetal em ambiente protegido**. Jaboticabal: FUNEP, 2002. 762 p.

SAINI, H.S. Requirement for ethylene synthesis and action during relief of thermoinhibition of lettuce seed germination by combinations of gibberellic acid, kinetin, and carbon dioxide. **Plant Physiology**, v. 81, n. 4, p. 950-953, 1986.

SÁNCHEZ, L.F.R. **La fertirrigación de la lechuga**. 2008.

SCHEIBE, J.; LANG, A. Lettuce seed germination: evidence for a reversible light-induced increase in growth potential and for phytochrome mediation of the low temperature effect. **Plant Physiology**, v. 40, n. 3, p. 485, 1965.

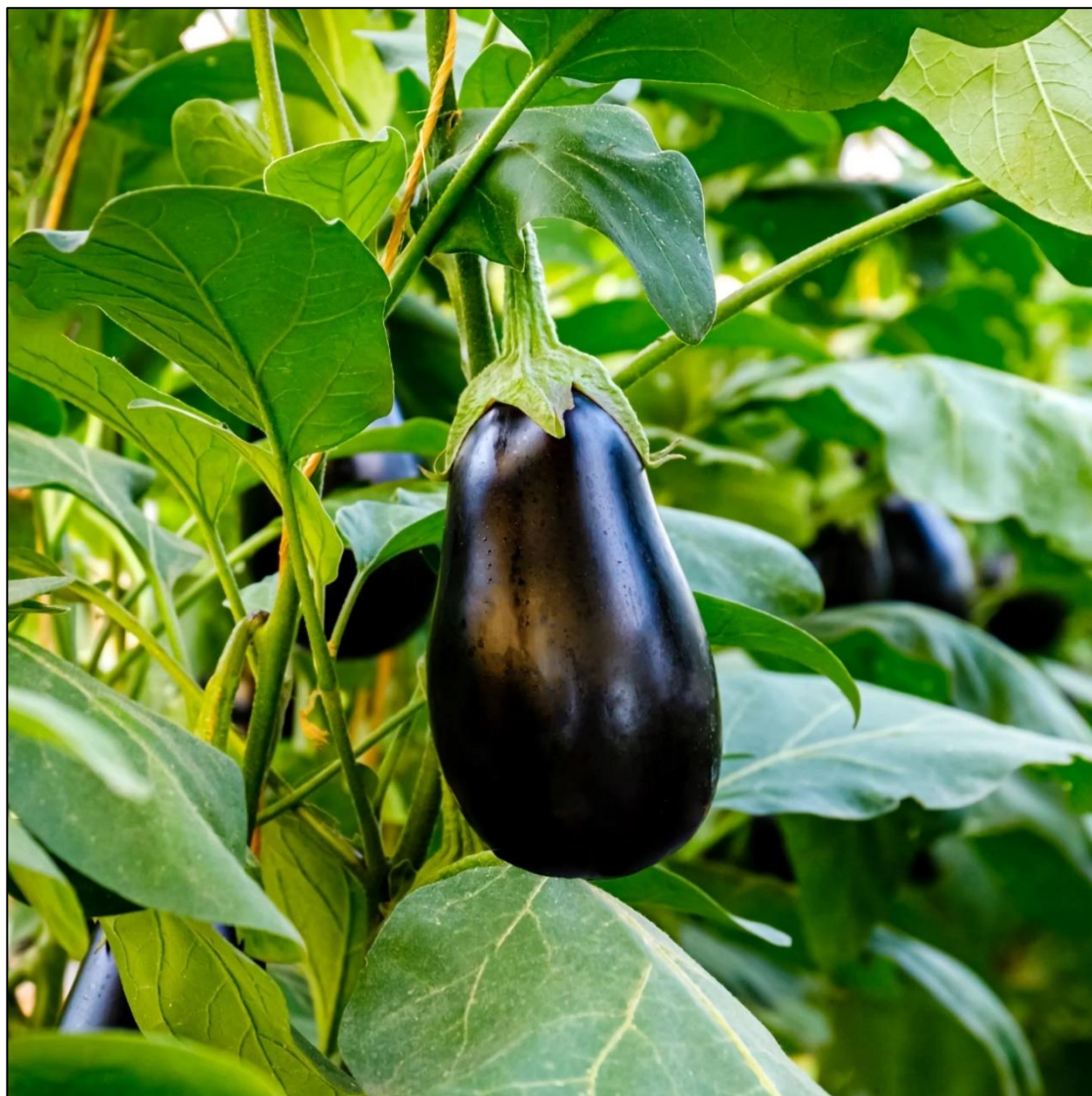
TOOLE, E.H. et al. Physiology of seed germination. **Annual Review of Plant Physiology**, v. 7, n. 1, p. 299-324, 1956.

WANG, J. et al. Leaf morphology, photosynthetic performance, chlorophyll fluorescence, stomatal development of lettuce (*Lactuca sativa* L.) exposed to different ratios of red light to blue light. **Frontiers in Plant Science**, v. 7, 2016

ZHAO, X. et al. Influences of organic fertilization, high tunnel environment, and postharvest storage on phenolic compounds in lettuce. **HortScience**, v. 42, n. 1, p. 71-76, 2007.

ZINK, F.W.; YAMAGUCHI, M. **Studies on the growth rate and nutrient absorption of head lettuce**. University of California.

BERINJELA



BERINJELA (*Solanum melongena* L.)

Cesar Augusto Santana

1. Origem e distribuição geográfica

A berinjela tem como centro de origem primária a Índia e, possivelmente, a China como centro de origem secundário, com o desenvolvimento de variedades com frutos pequenos. A primeira descrição da planta foi relatada em um livro chinês no século V em 1575. Em Aleppo – Síria, Leonhard Rauwolf fez a primeira descrição oficial de uma planta chamada melongena onde seu fruto era de cor violeta e com tamanho aproximado ao de um

ovo de ganso (Trani et. al., 2014). A berinjela foi introduzida na Europa pelos árabes, e no Brasil por volta do século XVI pelos colonizadores portugueses (Bosco, 2006):

Os maiores produtores mundiais são a China (35,5 mi ton⁻¹), Índia (12,68 mi ton⁻¹), Egito (1,18 mi ton⁻¹), Turquia (0,82 mi ton⁻¹) e Iran (0,67 mi ton⁻¹) que juntos, produzem mais de 92% de toda a berinjela no mundo, cerca de 51 milhões de toneladas (FAO, 2021). No Brasil, a produção de berinjela é de 78.217 toneladas, sendo que 62% dessa produção concentra-se na Região Sudeste.

2. Classificação botânica e morfologia

A berinjela pertencente à família das Solanáceas como batata, tomate, pimentão e pimentas, e é uma planta arbustiva e perene. Suas folhas são simples, com limbo de formato ovado ou oblongo e densa pilosidade, sendo que alguns cultivares podem apresentar espinhos.

As flores são hermafroditas e têm entre 3 e 5 cm de diâmetro, podem ser solitárias ou distribuídas em inflorescências do tipo cimeira. A corola é do tipo gametopétala, com 5 ou 6 pétalas de coloração lilás a violeta. Os estames são livres, eretos, amarelos e com filamentos curtos. A planta tem dicogamia do tipo protoginia onde o estigma alcança a maturidade antes da antera.

Os frutos são do tipo baga carnosa, de tamanho grande e podem ter coloração branca, púrpura, preta, rosada, amarela e geralmente com textura externa lisa e brilhante. O formato do fruto é bem variado, podendo ser oval, oblongo, redondo, alongado e outros (Ribeiro; Brune; Reifchneider, 1998).

3. Germinação e propagação

A berinjela é uma planta autógama, com flores perfeitas que apresentam tanto estames como carpelo, conferindo características de autocompatibilidade (França, 2008). A berinjela reproduz-se preferencialmente por autofecundação. O percentual de polinização cruzada natural varia com o cultivar e com outros fatores ambientais, com média estimada em 6% a 7%, podendo, no entanto, chegar próximo a 50%. A berinjela se reproduz por meio de sementes e mudas. Atualmente, as sementes são utilizadas para produzir mudas de berinjela que serão transplantadas no campo ou em casa de vegetação. Isso porque as mudas permitem um menor período de juvenilidade, consequentemente, produção de frutos mais rápida se comparada a semeadura direta (Ribeiro; Brune; Reifchneider, 1998).

As mudas podem ser enxertadas, ou seja, a raiz (porta-enxerto) será de variedade ou espécie diferente da parte aérea (copa). A técnica da enxertia tem sido muito utilizada nessa

cultura para o controle de patógenos do solo, como, por exemplo, os nematoides. Os porta-enxertos utilizados para a berinjela, normalmente, são espécies silvestres de berinjela, híbridos de tomate e jiló (Mendonça, 2019). Essas espécies são taxonomicamente próximas à berinjela, o que permite uma boa compatibilidade, além de terem bom vigor e resistência às doenças que afetam a cultura do *Solanum melongena* L. (Moncada et al., 2013). Os porta-enxertos mais comuns no Brasil são: Torvum Vigor (*Solanum torvum*), Hiranasu (*Solanum integrifolium*), Meet, Karehen, Assist (*Solanum melongena*) e o híbrido Taibyo VF (*Solanum integrifolium* x *Solanum melongena*), de acordo com Brandão Filho (2001).

A micropropagação, por meio da cultura *in vitro*, é outro método utilizado para a produção de mudas de berinjela. A regeneração de diferentes explantes (partes das plantas) utilizados nesse método é de via organogêneses e embriogêneses (Frankling, 2004). Entre os explantes que podem ser utilizados para a cultura *in vitro* estão os cotilédones foliares, hipocótilo, brotos apicais, raízes e sementes (Sarker, 2006). A escolha do explante para a utilização na micropropagação varia de acordo com a espécie e variedade. Esses explantes são escolhidos, pois têm potencial de se regenerar e formar uma planta completa. Este método tem grande vantagem, pois geralmente a região utilizada não possui doenças, garantindo a sanidade das plantas.

4. Desenvolvimento das raízes

O sistema radicular da berinjela é vigoroso e profundo, podendo atingir 1 m de profundidade. Entretanto, a maioria das suas raízes se concentra na parte mais superficial do solo. De acordo com Oliveira et al. (2013), a densidade da raiz de berinjela é maior na profundidade de 0-20 cm ($1,48 \text{ g dm}^{-3}$) do que na profundidade de 20 a 40 cm ($0,41 \text{ g dm}^{-3}$). Há dois sistemas de plantio para essa cultura, a semeadura e o transplantio de mudas, sendo este último o mais utilizado atualmente. O desenvolvimento inicial do sistema radicular é mais tardio quando relacionado com a parte aérea em plantas transplantadas, fato este que pode estar relacionado com o estresse da prática do transplante (Minami, 1977).

Estudo de Rouhani, Vines e Kormanik (1987), estabeleceu que quanto maior o número de raízes laterais das mudas, maior será o volume de raiz e a produtividade da cultura em campo. De acordo com os mesmos autores, mudas com volume de raiz de $22,8 \text{ cm}^3$ (62 dias após a semeadura na bandeja) produziu em campo, um volume de raiz de $32,1 \text{ cm}^3$ aos 39 dias após transplantio (DAT) e 103 cm^3 aos 85 DAT. Bui, Serra e Pagès (2015), que estudaram o sistema radicular de 10 genótipos diferentes de berinjela, determinaram que esta espécie, em

média, apresentou um diâmetro de raiz apical máximo e mínimo de 0,9 e 0,2 mm, respectivamente, e uma taxa de alongação potencial de $1,8 \text{ cm mm}^{-1} \text{ dia}^{-1}$.

Outro fator a ser considerado nessa cultura é referente aos porta-enxertos, nos últimos anos têm-se utilizado porta-enxertos da própria cultura da berinjela ou de tomate, para aumentar a resistência da planta a pragas de solo como os nematoides. Nos casos de berinjelas com porta enxerto de tomate, que é o mais comum, as raízes terão a taxa de crescimento e de alongação potencial maior do que as das raízes da berinjela (Bui; Serra; Pagès, 2015).

5. Desenvolvimento do caule

A berinjela tem como característica um caule semi-lenhoso, ereto, podendo ultrapassar 1 m de altura, além de possuir uma intensa ramificação lateral que lhe confere aspecto de arbusto bem copado. As plantas de berinjela transplantadas têm o desenvolvimento mais lento da parte aérea nos 30 e 40 DAT (Brandão Filho, 2001; Minami, 1977) O caule dessa planta pode atingir um diâmetro de 2,4 cm a 10 cm do solo e uma altura de 120 a 180 cm, aproximadamente, variando conforme a espécie.

6. Desenvolvimento das folhas

As berinjelas transplantadas têm um crescimento inicial da área foliar lento, que aumenta rapidamente entre 28 aos 42 dias após o transplântio (Minami, 1977). De acordo com o mesmo autor, nesse início, a taxa de produção de matéria seca também é baixa, devido a menor área foliar, que aumenta com o crescimento. O número, peso e área foliar da berinjela pode variar com a variedade. Contudo, no estudo de Rouhani, Vines e Kormanik (1987) verificou-se que as mudas de três variedades de berinjela apresentaram de 13 a 18 folhas pesando 4 a 6 g, com uma área foliar de 11 a 14 dm². Aos 85 DAT em campo, a planta pode apresentar de 138 a 183 folhas com 39 a 55 g de massa seca e com 82 a 113 dm² de área foliar.

7. Zoneamento agroclimático e efeitos de fatores ecológicos

A berinjela é uma planta tipicamente tropical, sendo assim, ela necessita de temperaturas com médias diurnas entre 25 e 35°C e noturnas entre 20-27°C; com temperaturas abaixo de 15°C ocorre uma diminuição expressiva no seu desenvolvimento e aumenta o índice de anormalidades na formação do pólen. Com temperaturas médias diárias, por longo período, acima de 35°C, cessa o seu desenvolvimento, podendo ocorrer desidratação celular e posteriormente, morte celular, nessas condições, assim como sob

temperatura abaixo dos 15°C pode ocorrer inviabilização do pólen, impedindo a fertilização e resultando em frutos defeituosos. Temperaturas médias acima dos 32°C aceleram a maturação dos frutos. Em regiões com temperatura médias abaixo dos 18° C no inverno, o cultivo pode ser programado para os meses de agosto e setembro e janeiro e fevereiro.

A umidade relativa do ar (U.R.) adequada para a cultura é de 80%. Em regiões com essas características (temperatura média diária de 25°C e U.R. de 80%) a berinjela pode ser produzida o ano todo.

A berinjela tem alta exigência em luminosidade, mas não é sensível às variações no comprimento do dia, de modo que o fotoperíodo não tem influência sobre seu ciclo vegetativo, sendo outra característica que faz com que a cultura possa ser cultivada durante o ano todo (Ribeiro; Brune; Reifchneider, 1998).

8. Relações hídricas

A água é o fator ambiental mais importante para o desenvolvimento da cultura, pois todo e qualquer processo relacionado com a água é fortemente influenciado pelas condições do ambiente, do solo e do ar atmosférico. A constituição das plantas é basicamente água, podendo chegar a 90% da massa verde. A água é indispensável em praticamente todas as funções vitais da planta, como por exemplo: solvente para reações bioquímicas transporte de solutos orgânicos (fotoassimilados) no floema, e inorgânicos (nutrientes) no xilema, manutenção da turgescência das células, matéria prima para fotossíntese e resfriamento de superfícies da planta através da transpiração (Lima, 2009):

Como a maioria das hortaliças, a berinjela tem uma alta sensibilidade à baixa disponibilidade hídrica do solo durante seu ciclo. A deficiência hídrica afeta a bioquímica, fisiologia, morfologia e os processos de desenvolvimento da planta. Pode reduzir a fotossíntese pela diminuição da área foliar disponível, pela redução da difusão do CO₂ para dentro das folhas e pela redução da habilidade dos cloroplastos em fixar o CO₂ que nelas penetram.

Os períodos mais críticos para a cultura são, no florescimento e na formação dos frutos, momentos em que a falta de água poderá acarretar abortamento de flores e causar má formação de frutos e, conseqüentemente, reduzir significativamente a produtividade da cultura. Isso porque à medida que diminui a disponibilidade hídrica do solo, o tamanho do fruto e o rendimento de biomassa são reduzidos. O estresse hídrico também afeta o crescimento das plantas, limitando o desenvolvimento foliar e do sistema radicular (Lima, 2009):

Para se realizar um manejo adequado da irrigação, requer-se uma estimativa sistemática do estado energético da água no solo para que a lâmina e o tempo de irrigação sejam adequados, levando em consideração os fatores do sistema solo, planta e ambiente. Com isso, para o sistema ser considerado eficaz, ele necessita repor a água na quantidade e na ocasião apropriada (Lima, 2009).

A exigência hídrica da berinjela é variável de acordo com sua fase fenológica e método de cultivo. No cultivo protegido, em seu estágio inicial, que é o período vegetativo, tem uma menor exigência hídrica que gira em torno de $0,85 \text{ mm dia}^{-1}$ e a época de maior exigência é na colheita, onde o consumo gira em torno de $2,9 \text{ mm dia}^{-1}$, com uma média de $1,8 \text{ mm dia}^{-1}$, num total de 229 mm no ciclo de produção da berinjela (Duarte; Martins; Mendez; Deibler, 2003). No cultivo sem proteção, a berinjela tem uma necessidade hídrica média de $4,7 \text{ mm dia}^{-1}$ ou 690 mm no ciclo todo (Lima, 2009).

9. Solos, nutrição e micorrizas

A cultura tem uma boa adaptabilidade em diversos tipos de solo, mas tem uma resposta melhor em solos com textura média, profundos, com alto teor de matéria orgânica, com boa retenção de umidade e bem drenados. Embora apresente também uma tolerância à acidez do solo, o pH ideal para a cultura varia entre 5,4 e 6,4, e saturação por bases deve ser acima de 70%.

O cultivo da berinjela exige uma combinação de fertilização orgânica e mineral, preferencialmente quando o solo tem baixos níveis de fertilidade. Primeiramente devemos conhecer as características químicas e físicas do solo e as necessidades nutricionais da cultura, para obtermos um equilíbrio nutricional adequado. Para se realizar a recomendação de adubação, é necessário ter conhecimento dos teores de nutrientes do solo.

Em solos com pH mais baixos, a correção deve ser feita realizando a calagem para que a saturação de bases chegue a níveis próximo ou acima de $V\% = 70$, e auxiliará no suprimento de cálcio e magnésio, uma vez que a cultura tem alta exigência desses nutrientes (Filgueira, 2000).

A exigência nutricional segue a ordem nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre, em que os dois primeiros nutrientes são de extrema importância para o crescimento e frutificação e que a deficiência de fósforo provoca queda de flores e drástica redução de produtividade (Haag; Homa, 1968). Já o potássio, é um nutriente com maior exigência no período de frutificação, onde confere uma melhor qualidade nos frutos (Filgueira, 2003). Para

se produzir 1 tonelada de frutos, a berinjela necessita absorver cerca de 3 a 3,5 kg de nitrogênio, 0,2 a 0,3 kg de fósforo e 2,5 a 3,0 kg de potássio (Hegde, 2010).

Abaixo seguem as Tabelas de recomendação para adubação, de acordo com cada região produtora e os teores nutricionais dos solos.

Tabela 1. Recomendação de adubação de N, P e K para cultura de berinjela para o estado do Distrito Federal (Adaptado de EMATER, 1987).

Níveis do Solo		Dosagem (kg ha ⁻¹)		
P Melich-1	K ⁺ trocável	P ₂ O ₅	K ₂ O	N
(mg.dm ⁻³)				
<10	< 60	300 – 400	100-150	100
11 – 30	60 – 120	200 – 300	50-100	
31 -60	120 – 240	100 – 200	0-50	
> 60	> 240	50	-	

Para a adubação de cobertura, utilizar 50 kg ha⁻¹ de N e 50 kg ha de K₂O e parcelar em duas vezes aos 45 e 90 dias após o transplante (EMATER, 1987).

Tabela 5. Recomendação de adubação de N, P, K e Zn para cultura de Berinjela para o estado de São Paulo (Adaptado de Raij et al., 1997).

Níveis do Solo			Dosagem (kg ha ⁻¹)			
P resina	K trocável	Zn	P ₂ O ₅	K ₂ O	Zn	N
(mg.dm ⁻³)						
0-25	< 60	<0,6	600	180	3	40
26-60	60 - 120	>0,6	320	120	0	
>60	> 120	-	160	60	-	

A adubação em cobertura deve ser parcelada de 4 a 6 vezes, a partir de 30 dias após o transplante usando 80 a 120 kg ha⁻¹ de N e de K₂O (Raij et al., 1997).

Tabela 3. Recomendação de adubação de N, P e K para cultura de Berinjela para o estado de Minas Gerais (Adaptado de Ribeiro et al., 1999).

do de Ribeiro et al., 2005).

Fósforo				Potássio		Nitrogênio	
P no solo (Mehlich-1) (mg dm ⁻³)				Dose de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)	K no solo (mg dm ⁻³)	Dose de K ₂ O ¹ (kg ha ⁻¹)	Dose de N (kg ha ⁻¹)
Baixo				200	< 50	160	100
Argiloso	Média	Arenoso					
< 32	< 48	< 80					
Médio				160	51-90	120	100
Argiloso	Média	Arenoso					
32 – 47	48 – 79	80 – 119					
Bom				120	91-140	80	100
Argiloso	Média	Arenoso					
48 – 72	80 – 120	120 – 180					
Muito bom				80	>140	50	100
Argiloso	Média	Arenoso					
> 72	> 120	> 180					

A aplicação de K e N deve ser realizada com 60% da dose, 15 dias após o transplante. Consideram-se como argilosos, de textura média e arenosos, aqueles solos com teores maiores que 35, de 15 a 35, e menores que 15% de argila, respectivamente (RIBEIRO et al. 1999).

Tabela 4. Recomendação de adubação de N, P e K para cultura de Berinjela para o estado de Rio de Janeiro (Adaptado de Polli, 1988).

Níveis do Solo		Dosagem (kg ha ⁻¹)		
P (Mehlich-1)	K trocável	P ₂ O ₅	K ₂ O	N
(mg.dm ⁻³)				
0-10	< 45	120	90	60
11-20	45-90	90	60	
21-30	90,1-135	60	30	
> 30	> 135	--	--	

Realizar duas adubações de cobertura com 1/3 da dose de K e 30 kg ha⁻¹ de N por aplicação, a primeira após o transplante e a segunda 30 dias depois. Se houver sintoma de deficiência de N, aplicar mais uma dose de 30 kg ha⁻¹ de N (Polli, 1988).

As micorrizas são associações mutualísticas entre fungos da classe Zigomicetos e raízes de plantas vasculares, onde as plantas fornecem substratos energéticos ao fungo que por sua vez, através de sua rede de hifas, capta água e alguns nutrientes da solução do solo. Essa associação estimula o crescimento das plantas, aumentando a absorção de fósforo, zinco e cobre em solos com disponibilidade subótima. No geral, o grau de colonização das raízes pelos fungos e o desenvolvimento das hifas internas e externas, são controlados pela quantidade de fósforo na solução do solo. O parcelamento de pequenas doses de fósforo em solos com baixa disponibilidade aumenta significativamente a colonização e os micélios externos, isso porque a falta desse nutriente também limita o desenvolvimento radicular (Antoniolli; Kaminski, 1992).

Em estudo realizado por Pasbani et al. (2020), a colonização por fungos micorrízicos foi capaz de atenuar o estresse pelo frio em berinjela. Esses efeitos foram atenuados, pois a associação micorrízica proporcionou uma melhora na absorção de água e nutrientes, aumento na taxa de fixação de CO₂, melhoria no sistema de defesa da planta, aumentando a produção de prolina e compostos fenólicos como antioxidantes não enzimáticos, maiores atividades em enzimas antioxidantes como a superóxido dismutase, catalase e ascorbato peroxidase além de aumento no acúmulo de prolina, que protege as macromoléculas contra desnaturação, contribuindo para manutenção da homeostase da água (Hajiboland et al., 2019).

10. Fotossíntese e translocação

Na fotossíntese, a luz, fonte primária de energia e principal responsável pela temperatura ambiental, juntamente com a disponibilidade de CO₂, são influentes fatores no desenvolvimento, crescimento e produção dos vegetais, pois a disponibilidade de água e nutrientes são fatores mais facilmente controlados em manejos agrônômicos (Pereira, 2011).

A condutância estomática tem relação com a taxa fotossintética, uma vez que ela afeta diretamente o suprimento de CO₂, devido ao fechamento dos estômatos na planta. Esse processo também está relacionado com a intensidade luminosa, durante as horas mais quentes do dia, para diminuir a taxa de transpiração e manter a turgidez das células, os estômatos são fechados causando uma grande redução na produção de foto assimilados (Pereira, 2011).

A capacidade fotossintética das folhas de berinjela mostrou valores máximos em torno de 22 mmol de CO₂ m⁻²s⁻¹, que são valores considerados altos para uma planta de ciclo C3. (KIM; HORI, 1989). Em plantas C3, ocorre a redução do CO₂ até açúcares simples (gliceraldeído-3-fosfato e dihidroxiacetona-fosfato), utilizando o ATP e o NADPH⁺ formados na fase fotoquímica da fotossíntese, sendo que a incorporação de CO₂ é chamada de carboxilação e é catalisada pela enzima ribulose 1,5-bifosfato carboxilase/oxigenase (rubisco). A produtividade das plantas está diretamente relacionada com a grande eficiência na produção de carboidratos na fonte e pela acumulação nos drenos (Pimentel, 1998).

Por se tratar de plantas em que o alto valor comercial está no fruto, é muito importante manter uma a fonte de carboidratos sempre em perfeito estado. O fruto passa a ser o principal dreno, com isso, para que o processo de assimilação de carboidratos sempre esteja em perfeito funcionamento, deve-se evitar auto sombreamento excessivo, bloqueios de luz solar e ataque de insetos desfolhadores (Brandão Filho et al., 2018).

11. Florescimento e frutificação

O florescimento da berinjela está diretamente relacionado com a intensidade luminosa e a temperatura, uma vez que maiores intensidades luminosas e maiores temperaturas, diminuem o número de dias para o surgimento das primeiras flores. Em temperaturas médias de 13°C e intensidade luminosa de 3 MJ m⁻², as plantas de berinjela levaram em torno de 125 dias para apresentar a primeira flor, já quando a temperatura média foi de 24°C com a mesma intensidade de luz, as plantas levaram 123 dias. Quando se aumentou a intensidade luminosa para 7 MJ m⁻² em temperaturas médias de 13,6°C, as plantas levaram 70 dias e com temperaturas médias de 27°C, esse valor caiu para 57 dias. No entanto, podemos ver que as plantas têm uma melhor resposta à intensidade de luz do que a temperatura (Uzun, 2007).

A frutificação das plantas de berinjela também está diretamente relacionada com a intensidade luminosa e a temperatura. Em temperaturas acima dos 24°C há um menor número de frutos devido a queda das flores. Maior número de frutos é observado quando a temperatura aumenta até um valor ótimo, e decai rapidamente em temperaturas mais altas. No caso da berinjela, a temperatura ótima aumenta concomitantemente com o aumento da intensidade luminosa, por exemplo, com a intensidade luminosa de 7 MJ m⁻² a temperatura ótima é de 17°C para obtenção de maior número de frutos por planta (cerca de 12 frutos por planta), já quando a intensidade luminosa cai para 5 MJ m⁻² a temperatura ótima é de 15°C, produzindo cerca de 9 frutos por planta (Uzun, 2007).

12. Efeitos de reguladores vegetais

Reguladores vegetais são compostos orgânicos produzidos naturalmente ou artificialmente, aplicados em pequenas concentrações, que podem promover, inibir ou modificar processos morfológicos e fisiológicos das plantas (Dias, 2020). As principais classes desses reguladores vegetais são as auxinas, giberelinas, citocininas, retardantes e etileno (Dias, 2020).

O tratamento de sementes de berinjela com ácido giberélico, em concentração de 50 mg L⁻¹, proporcionou um menor tempo para o aparecimento da 1ª inflorescência, aumento no peso dos frutos e no número de frutos (Castro et al., 2016).

A aplicação de ureia a 2% e ácido indolilacético 50 mg L⁻¹ reduziu entre 5 a 12 dias o período de tempo para a florescência, diminuiu o número de sementes e aumentou o tamanho dos frutos (Castro et al., 2016).

A berinjela, quando cultivada em ambiente não protegido, tem a produção de frutos reduzida, quando temperaturas noturnas e intensidades luminosas são baixas. Com isso, o tratamento com ácido N-metalolilftalâmico a 0,5%, ácido 4-clorofenoxiacético (4- CPA) a 0,002% ou ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D) a 0,00025%, aplicados diretamente nas flores, resulta em uma maior fixação dos frutos (Castro et al., 2016).

Estudo realizado por Wakchaure et al. (2020), em Maharashtra, Índia, em dois anos consecutivos, constatou que a aplicação de ácido salicílico (SA, 1,38 mg L⁻¹), nitrato de potássio (PN, 1,5%), via pulverização foliar aos 40, 65, 85 e 110 dias após o transplante aumentaram a produção total de frutas de berinjela em 7,3 até 22,7% em condições deficitárias de água.

Referências

ANTONIOLLI, Z.I.; KAMINSKI, J. Micorrizas: revisão bibliográfica. **Ciência Rural**, 1992.

BOSCO, M.R.D.O. **Efeitos do cloreto de sódio sobre o desenvolvimento e absorção de nutrientes na cultura da berinjela**. 2006. 74 p. (Boletim Técnico).

BRANDÃO FILHO, J. **Enxertia em híbridos de berinjela (*Solanum melongena*), sob cultivo protegido**. Aleph, 2001.

BRANDÃO FILHO, J.U. et al. Solanáceas. In: **Hortaliças-fruto**. Ed. EDUEM, 2018. p. 37-70.

BUI, H.H.; SERRA, V.; PAGÈS, L. Root system development and architecture in various genotypes of the solanaceae family. **Botany**, v. 93, n. 8, p. 465–474, 2015.

CASTRO, P.R.C. et al. **Biorreguladores na agricultura**. Piracicaba: ESALQ, Divisão de Biblioteca, 2016. 154 p. (Série Produtor Rural, nº especial).

DIAS, J.P.T. **Usos e aplicações de reguladores vegetais**. Belo Horizonte: Ed. Universidade do Estado de Minas Gerais, 2020. 78 p. (Boletim Técnico).

EMATER-DF. **Recomendações para o uso de corretivos, matéria orgânica e fertilizantes para hortaliças**. Brasília: EMATER-DF; EMBRAPA, CNPH, 1987. 50 p.

FAOSTAT. **Área colhida, rendimento e produção nos principais países produtores de berinjela**. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/>>. Acesso em: 15 dez. 2021.

FILGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna, produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa: UFV, 2000. 402 p.

FILGUEIRA, F.A.R. **Solanáceas: agrotecnologia moderna na produção de tomate, batata, pimentão, pimenta, berinjela e jiló**. Lavras: UFLA, 2003. 333 p.

FRANÇA, L.; VIEIRA, D.E. **Secagem e conservação de grãos de pólen de berinjela**. Brasília: Universidade de Brasília, 2008. 42 p. (Boletim Técnico).

FRANKLIN, G.; SHEEBA, C.J.; SITA, G.L. Regeneration of eggplant (*Solanum melongena* L.) from root explants. **In vitro Cellular and Developmental Biology - Plant**, v. 40, n. 2, p. 188-191, 2004.

DUARTE, G. et al. Consumo hídrico da berinjela. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 13., 2003, Santa Maria. **Anais...** p. 213-214.

HAAG, H.P.; HOMA, P. Nutrição mineral de hortaliças: deficiências de macronutrientes em berinjela. **Anais da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**, Piracicaba, v. 25, p. 149-159, 1968.

HAJIBOLAND, R. et al. Arbuscular mycorrhizal fungi alleviate low-temperature stress and increase freezing resistance as a substitute for acclimation treatment in barley. **Crop and Pasture Science**, v. 70, n. 3, p. 218-233, 2019.

HEGDE, D.M. Nutrient requirements of solanaceous vegetable crops. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL SOBRE GERENCIAMENTO DE FERTILIDADE DO SOLO PARA SISTEMAS DE PRODUÇÃO INTENSIVA DE VEGETAIS NA ÁSIA, 3., 2010, Taiwan. **Annals...** p.58-70.

KIM, J.H.; HORI, Y. Studies on growth and photosynthetic capacity of leaves in eggplant (*Solanum melongena* L.). **Journal of the Japanese Society for Horticultural Science**, v. 54, n. 3, p. 371-378, 1985.

LIMA, M.E. **Cultivo da berinjela (*Solanum melongena* L.) em manejo orgânico sob diferentes sistemas de cultivo e lâminas de irrigação no município de Seropédica RJ**. Seropédica: Ed. Universidade Rural. 61 p. (Boletim Técnico)

MENDONÇA, J.L. **Avaliação da compatibilidade de enxertia de berinjela em baquicha**. Brasília: EMBRAPA Hortaliças, 2019. 20 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 198).

MINAMI, K. **Análise de crescimento e densidade de população de berinjela , cultivada em delineamento sistemático e convencional**. 1977. 68 f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1977.

MONCADA, A. et al. Effect of grafting on yield and quality of eggplant (*Solanum melongena* L.). **Scientia Horticulturae**, v. 149, p. 108-114, 2013.

PASBANI, B. et al. Colonization with arbuscular mycorrhizal fungi mitigates cold stress through improvement of antioxidant defense and accumulation of protecting molecules in eggplants. **Scientia Horticulturae**, v. 272, p. 109-575, 2020.

PIMENTEL, C. **Metabolismo de carbono na agricultura tropical**. Seropédica: Ed. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 1998.

POLLI, H. (Coord.). **Manual de adubação para o estado do Rio de Janeiro**. Seropédica: Ed. Universidade Rural, 1988. 179 p. (Boletim Técnico).

RAIJ, B. van et al. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônomo; Fundação IAC, 1997. 285 p. (Boletim Técnico, 100).

RIBEIRO, C.; BRUNE, S.; REIFCHNEIDER, F. **Cultivo da berinjela (*Solanum melongena* L.)**. Brasília: EMBRAPA Hortaliças, 1998. 72 p. (Instruções Técnicas, 15).

RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ, V.V.H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5º aproximação**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, UFV, 1999. 359 p. (Boletim Técnico).

ROUHANI, I.; VINES, H.M.A.X.; KORMANIK, P.P. **Growth and Yield**. v. 313, n. 12, p. 305–313, 1987.

SARKER, R.H.; YESMIN, S.; HOQUE, M.I. Multiple shoot formation in eggplant (*Solanum melongena* L.). **Plant Tissue Culture and Biotechnology**, v. 16, n. 1, p. 53-61, 2006.

TRANI, P.E. et al. Berinjela. In: AGUIAR, A.T.E. et al. (Ed.). **Instruções agrícolas para as principais culturas econômicas**. 7. ed. Campinas: Instituto Agronômico, Campinas, 2014. 66 p. (Boletim Técnico).

UZUN, S. Effect of light and temperature on the phenology and maturation of the fruit of eggplant (*Solanum melongena*) grown in greenhouses. **New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science**, v. 35, n. 1, p. 51-59, 2007.

WAKCHAURE, G.C. et al. Effect of plant growth regulators and deficit irrigation on canopy traits, yield, water productivity and fruit quality of eggplant (*Solanum melongena* L.) grown in the water scarce environment. **Journal of Environmental Management**, v. 262, p. 110320, 2020.

BETERRABA



BETERRABA (*Beta vulgaris*)

Diego Sevastian Reartes
Gabriel Asa Corrêa Gruberger

1. Origem e distribuição geográfica

A beterraba é uma Chenopodiaceae tuberosa típica de climas temperados, acredita-se que o centro de origem da beterraba seja no Oriente Médio próximo aos rios Tigre e Eufrates, região de clima temperado. A partir desse ponto, as beterrabas silvestres espalharam-se para o oeste europeu através do mediterrâneo e para o norte, por meio da costa Atlântica. O isolamento geográfico da beterraba silvestre nas Ilhas Canárias levou à criação de várias espécies distintas (*B. patellaris*, *B. webbiana* e *B. procumbens*). A dispersão de espécies silvestres nas montanhas da Turquia, Irã, e montanhas do Cáucaso, na Rússia, também resultaram na criação das espécies *B. trigyna*, *B. lomatogona* e *B. macrorhiza*. Estas espécies

apresentam hábitos de crescimento perene. Por fim, a espécie silvestre marítima, considerada a precursora de todas as espécies atuais, (*B. vulgaris subsp. maritima*), se espalhou no leste europeu e nessa região iniciou-se seu cultivo e domesticação (Cooke; Scott, 1993). Na Tabela 1 é possível verificar a distribuição geográfica das chenopodiaceas.

Tabela 1. Distribuição geográfica e formas de utilização das diferentes espécies de beterraba (Adaptado de Mansfeld, 1986).

Espécies	Variedades	Nomes populares	Distribuição geográfica	Utilização
<i>Beta vulgaris</i>	<i>Cicla</i>	Espinafre	Europa Central, Ocidental e sul; Ásia, Américas.	Alimentação hortaliça de folha
<i>Beta vulgaris</i>	<i>Flavescens</i>	Acelga	Europa Central, Ocidental e sul; Ásia.	Alimentação hortaliça de folha
<i>Beta vulgaris</i>	<i>Conditiva</i>	Beterraba vermelha	Europa Central, Ocidental e sul; Ásia; Índia Ocidental; Américas.	Alimentação hortaliça de folha e de raiz
<i>Beta vulgaris</i>	<i>Lutea</i>	Beterraba amarela	Europa Central, Ocidental e sul; Ásia.	Alimentação
<i>Beta vulgaris</i>	<i>Alba</i>	Beterraba forrageira	Europa; Comunidade dos Estados Independentes (CEI); América do Norte.	Planta forrageira
<i>Beta vulgaris</i>	<i>Altissima</i>	Beterraba Sacarina	Europa; CEI; China; Ásia; América do Norte; América do Sul.	Produção de açúcar.

2. Classificação botânica

A beterraba de mesa é uma subespécie de *Beta vulgaris* L. que foi primeiramente descrita por Carlos Lineu na primeira edição de *Species Plantarum*, no ano 1753, junto com outras 7 variedades que também designou, usando o seu sistema binomial; desta maneira adotou um nome em latim para cada uma delas. Na segunda edição em 1762, Lineu separou as espécies cultivadas das silvestres, dentre as quais descreve *Beta maritima*, mudando seu nome anterior como variedade (*B. perennis*), para a categoria de espécie. Anos depois (1767) Lineu propõe designar *Beta vulgaris* e *Beta cicla* como espécies diferentes (Lange et al., 1999).

A beterraba (*B. vulgaris* L.) é uma fanerógama que pertence à ordem *Caryophyllales*, dentro da aliança das famílias *Amaranthacea/Chenopodiaceae*, na pequena subfamília *Betoideae* que compreende dentre 11 a 16 espécies distribuídas em cinco gêneros,

dependendo principalmente do critério utilizado pelos autores para sua classificação. A seção é uma subdivisão taxonômica de gênero, e ela foi primeiramente aplicada entre os gêneros *Beta* depois dos trabalhos realizados nos anos 1927 e 1934 por Transhell e Ulbrich, respectivamente. Diferentes autores têm modificado essas seções com o decorrer dos anos, sendo as primeiras designadas como *vulgaris*, *corollinae* e *patellares*. Dentro do gênero *Beta* alguns autores consideram duas seções (Kadereit et al., 2006), e outros quatro (Lange et al., 1999; Goldman; Navazio, 2003; Biancardi et al., 2010).

2.1 Características das seções

- ***Procumbentes***: distribuição limitada com centro de diversidade no sudeste da Espanha nas Ilhas Canárias, Tenerife e áreas costeiras de Marrocos. Contém as espécies *Beta patellaris* com número cromossômico $4x=32$, *Beta procumbens* $2x=18$ e *Beta webbiana* $2x=18$, que são espécies perenes em condições favoráveis, com fases vegetativas curtas e que podem ser diferenciadas pela forma das suas folhas. Distinguem-se por possuir frutos pretos, redondos e duros (racimos de sementes) que carecem dos segmentos do perianto que dão lugar às plantas em outras seções de *Beta* que têm o fruto de forma irregular.

- ***Nanae***: contém uma única espécie *Beta nana* com número cromossômico $2x=18$, uma pequena planta perene de raiz com distribuição restrita a pequenas áreas nas montanhas Gregas como Monte Olympus, Parnassos, Giona e Taiygetos. É uma planta ameaçada e está protegida nas reservas naturais. Distingue-se de outras seções devido a suas inflorescências curtas de aproximadamente 10 cm, com flores solitárias e raízes cilíndricas e robustas.

- ***Corollinae***: com espécies perenes robustas e raízes fortemente esclerosadas, contém as seguintes espécies distribuídas no leste europeu e Oriente Próximo:

- ***Beta logatomona***: distinguível por se encontrar em altas altitudes, crescer em estepes, ladeiras de montanhas áridas e rochosas, áreas agrícolas e por terem flores solitárias. Apresentar espécimes com número cromossômico $2x=18$. Distribuem-se nas regiões da Anatólia Central, Armênia, Azerbaijão, Irã e sudeste da Turquia.

- ***Beta corolliflora***: é uma planta perene com o hábito de crescimento piramidal que pode ser encontrada em regiões da Armênia, Geórgia, e oeste do Azerbaijão em altas altitudes entre 1300 e 2450 metros tanto nas margens de córregos, prados, como em terrenos úmidos de propriedades agrícolas.

- ***Beta***: nesta seção são incluídas três espécies que estão distribuídas entre a região do leste do mediterrâneo. Com números cromossômicos de $2x=18$ e alguns poliploides.

• ***Beta macrocarpa***: planta anual com curta fase vegetativa, longas folhas verdes, ovaladas e lisas. Ao longo da sua inflorescência há a ocorrência de glomérulos agrupados. Sua distribuição se dá no sul de Portugal, sul da Espanha, Ilhas Baleares, Ilhas Canárias, Marrocos, Argélia, sul da França, Grécia, Chipre, Israel e Turquia. É uma espécie bastante comum em margens de campos e ao longo de estradas. É uma espécie halófito (tolerante ao cloreto de sódio), podendo ser encontrada em habitats salinos. O número cromossômico normal é $2x=18$, mas existem poliploides naturais com número de 36 cromossomos.

• ***Beta patula***: planta perene sob condições livres de geadas. Tem folhas glabras, e se distingue das outras espécies da seção porque possui flores agrupadas de uma a sete. Ela tem uma distribuição limitada a uma pequena ilha chamada Ilheu dos Embarcadores. Possui complemento cromossômico de $2x=18$.

• ***Beta vulgaris* L.**: é o táxon da espécie onde se encontra a beterraba de mesa amplamente consumida. Como foi explicado no primeiro item (origem e distribuição), a espécie que pode ter dado origem à beterraba pode ter surgido na região do mediterrâneo, sendo seu ancestral mais provável a subespécie marítima.

A beterraba (*Beta vulgaris* L.) tem formalmente aceita três subespécies, entre as quais duas são espécies silvestres. Uma é *Beta vulgaris* L. subsp. *adanensis*. Planta anual que pode ter hábito perene em condições livre de geadas. Apresenta um número cromossômico de $2n=2x=18$. Como característica anatômica se distingue por possuir folhas longas em forma de cunha, glomérulos agrupados de dois a três que estão espaçados ao longo da inflorescência. Sua distribuição está na Grécia, Chipre, Turquia e Síria. Outra subespécie é a *Beta vulgaris* L. subsp. *marítima* ou mais conhecida como beterraba do mar. Apresentando morfologia variada ao longo de toda a região mediterrânea (ecotipos), costa Atlântica até Escandinávia, Ásia do leste e a Índia. Ela habita praias pedregosas e arenosas, penhascos, pastagens costeiras e salinas. Distinguem-se por ter folhas longas com forma de cunha, em um arranjo em roseta e sem raízes dilatadas. Os glomérulos ocorrem em grupos de três e estão amontoados na inflorescência. Diferencia-se da subespécie *adanensis* por apresentar glomérulos e flores que são menores e menos achatados. Apresenta com número cromossômico de $2x=18$ (Lange et al., 1999; Nottingham, 2004; Goldman; Navazio, 2003).

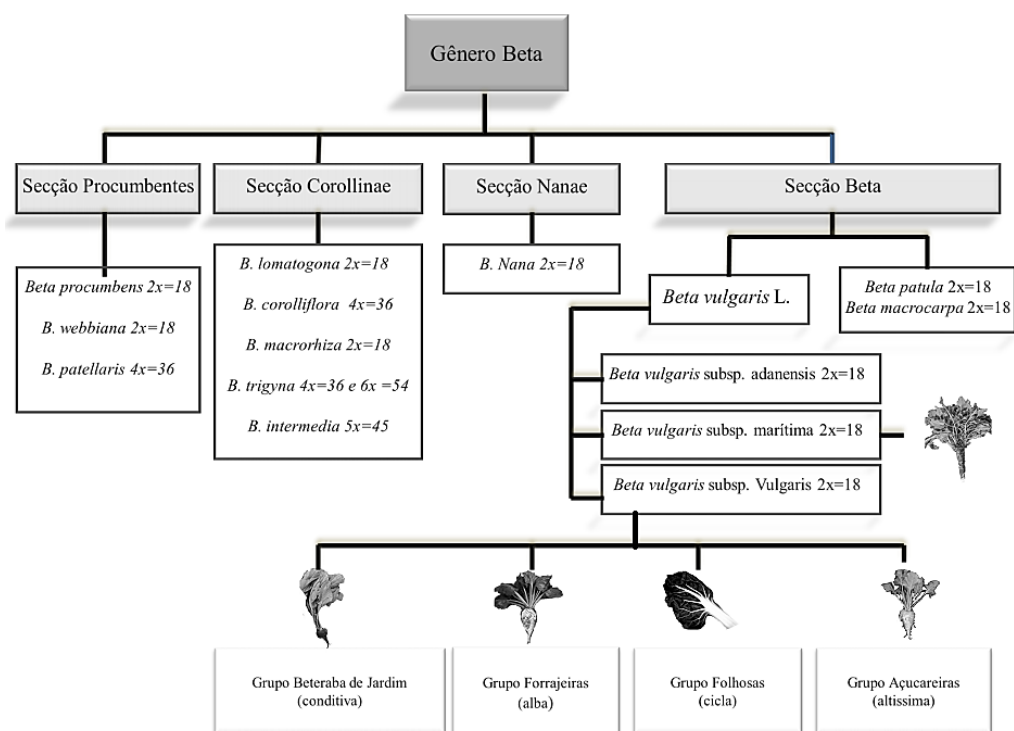


Figura 18. Esquema de classificação das espécies do gênero *Beta* (Adaptado de Nottingham, 2004).

2.2 Sistemas de classificação botânica

No presente trabalho serão apresentadas três formas de classificação da beterraba APGIII, Cronquist e Engler. A beterraba cultivada em todas suas formas tem distribuição cosmopolita. De acordo ao tratamento dado, a classificação taxonômica e a nomenclatura pelo Código Internacional de Nomenclatura Botânica ICBN para a posição da beterraba seria:

Categoria	ICBN-APG	Cronquist	Engler
·Reino	· <i>Plantae</i>	· <i>Plantae</i>	· <i>Plantae</i>
·Subreino	· <i>Trachebionta</i>	· <i>Tracheobionta</i>	· <i>Embryophyta siphonogama</i>
·Superdivisão	· <i>Spermatophyta</i>	· <i>Spermatophyta</i>	
·Divisão	· <i>Magnoliophyta</i>	· <i>Magnoliophyta</i>	· <i>Angiospermae</i>
·Classe	· <i>Magnoliopsida</i>	· <i>Magnoliopsida</i>	· <i>Dicotyledónea</i>
·Subclasse	· <i>Caryophyllidae</i>	· <i>Caryophyllidae</i>	· <i>Archychlamydeae</i>
·Ordem	· <i>Caryophyllales</i>	· <i>Caryophyllales</i>	· <i>Centrospermae</i>
·Família	· <i>Amaranthaceae- Chenopodiaceae</i>	· <i>Chenopodiaceae</i>	· <i>Chenopodiaceae</i>
·Secção	Betoidea	·Subfam Betoideae	·Subfam <i>Chenopodioideae</i>
·Genero	· <i>Beta</i>	· <i>Beta</i>	· <i>Beta</i>
Espécie	· <i>Beta vulgaris</i> L.	· <i>Beta</i>	· <i>Beta vulgaris</i> L.
·Subespécie	· <i>vulgaris</i>	· <i>Beta vulgaris</i> L.	· <i>vulgaris</i>

Variedades (var.) constituem uma categoria inferior ao de subespécie. Tratam-se de grupos de indivíduos que diferem em certas características, mas que podem ser interférteis com outras variedades da mesma espécie. Tais características devem ser herdadas geneticamente.

No caso da subespécie vulgaris, todas as variedades presentes apresentam número cromossômico de $2x=18$ (Biancardi et al., 2010). A classificação intra-específica é frequentemente adotada para plantas cultivadas, porque a seleção artificial resulta em diferenças morfológicas claras, mas o sistema binomial dado pelo ICBN de nomenclatura é baseado em posições hierárquicas que são muito rígidas, e que têm deficiências na hora de descrever espécies cultivadas, o que provoca dificuldades para maioria dos pesquisadores que trabalham com plantas cultivadas. Por exemplo, um único gene pode determinar a forma de hipocótilo tuberoso e mudanças na pigmentação, e formas de cultivos de *Beta vulgaris* não estiveram isolados geneticamente e geograficamente, durante sua história, portanto não existem barreiras à troca de genes conhecidos entre muitas espécies da seção Beta (Nottingham, 2004).

Para o sistema ICBN são concedidos nomes às variedades cultivadas da subespécie vulgaris, seja para a beterraba comum ou de jardim (var. *rubra ou conditiva*), acelga (var. *cicla*), beterraba açucareira (var. *altissima* ou *esculenta*), beterraba forrageira (var. *crassa ou alba*), e para a variedade silvestre (*Beta vulgaris* var. *maritima*), mas existem alguns conflitos entre autores, que podem atribuir o tratamento da categoria subespécie para a variedade *maritima*. Tem-se retirado a divisão em subespécies para *Beta vulgaris* cultivadas, mas as diferentes formas de cultivo ainda são atribuídas a diferentes variedades. Por isso tem emergido um sistema taxonômico e de classificação mais aberto e adequado para as variedades de beterrabas, denominado Código Horticultural, que usa o conceito de variedades cultivadas (cv. ou var.), e grupos de raça de cultivares (Grupo cv.) baseado no Código Internacional de Nomenclatura de Plantas Cultivadas (ICNCP) (Figura 1).

2.3 Grupos de beterrabas

As beterrabas podem ser divididas em quatro grupos baseado no Código Internacional de Nomenclatura de Plantas Cultivadas (ICNCP):

- **Beterrabas folhosas:** como as acelgas e espinafres. Podem variar em tamanho e forma do limbo foliar.

- **Beterrabas açucareiras:** consistem em cultivares destinados a produzir maiores quantidades de sacarose. São os que têm maior importância econômica em termos comerciais.

As raízes dilatadas cônicas não têm pigmentação e possuem um teor elevado de açúcar caracteristicamente. Apresentam pouca variação com respeito aos outros grupos.

• **Beterrabas forrageiras:** grande grupo de cultivares destinados para alimento de gado, elas têm grandes raízes dilatadas e podem-se reconhecer quatro formas básicas de raízes: globular, plana, cilíndrica, globular e cônica. No passado, diferentes variedades botânicas de beterraba forrageira foram descritas e classificadas com base na cor de suas raízes.

• **Beterrabas de mesa:** Consistem em cultivares de hipocótilos dilatados, altos conteúdos de pigmento betalaína (coloração vermelha intensa, com algumas exceções de cor rosa), e geralmente são consumidos em sopas ou saladas (LANGE et al., 1999; NOTTINGHAM, 2004).

3. Morfologia e anatomia

A fase vegetativa da espécie *Beta vulgaris* é caracterizada pela formação de um tufo de folhas com 30-40 cm de altura, variando de verde claro ao vermelho escuro, em forma de roseta, ao redor de um curto caule e do intumescimento do eixo hipocótilo-raiz e porção superior da raiz principal. A coloração das folhas é ainda dependente de fatores climáticos (Puiatti, 2005).

A espécie desenvolve uma típica parte tuberosa purpúrea, pelo intumescimento do hipocótilo, parte do caule abaixo dos cotilédones. A parte tuberosa apresenta formato globular, desenvolvendo-se quase até a superfície do solo. As denominadas “sementes” são na verdade aglomerados de diminutos frutos corticosos, glomérulos. Cada fruto apresenta um óvulo que origina uma semente botânica. Assim, cada aglomerado pode conter de 3 a 4 sementes o que ocasiona a obtenção de mais de uma plântula. No entanto, também estão disponíveis sementes monogérmicas, cujos glomérulos contêm uma única semente. Os glomérulos podem ser quebrados por meios mecânicos, facilitando o plantio (Filgueira, 2000).

O sistema radicular é do tipo pivotante, e a raiz principal atinge profundidade de 60 cm, com poucas ramificações laterais. Note-se que a beterraba não é uma raiz tuberosa como a cenoura, razão pela qual se pode efetuar o transplante de mudas para o canteiro definitivo, optativamente (Filgueira, 2000).

4. Germinação e propagação

A beterraba de mesa é propagada por sementes, que podem estar contidas em frutos (glomérulos) se não forem descortiçados. As sementes individuais são de cor vermelho castanho e medem aproximadamente de 1,5 x 3 mm. Cerca de 60 sementes podem pesar 1g. A

cultura da beterraba pode ser implantada pela semeadura direta no local de cultivo ou pelo transplante de mudas formadas em sementeira e/ou em bandejas. Apesar do transplante de mudas prolongar o ciclo da cultura, tal prática eleva a produtividade e a qualidade do produto final, além de reduzir o consumo de sementes. As variedades convencionais mais comuns possuem dois embriões em cada fruto, enquanto alguns propágulos podem conter três ou quatro (Taylor et al., 2002; Nottingham, 2004).

Uma vez semeadas, as sementes podem ser cobertas com terra solta, areia, adubo ou vermiculita. Após a semeadura e a cobertura, as mesmas são idealmente ligeiramente compactadas, para garantir um bom contato do solo com as sementes.

Germinação normalmente demora entre 10 a 24 dias, dependendo da temperatura e de outros fatores, embora sob condições ideais, pode ocorrer em menos de 10 dias. A beterraba germina relativamente bem a temperaturas elevadas, mas a germinação torna-se lenta e irregular, sob temperaturas inferiores a 7°C (Nothingham, 2004).

Existem três grandes fatores que podem afetar negativamente a germinação das sementes da beterraba de mesa:

- **A camada de mucilagem que envolve o fruto:** Segundo Taylor et al. (2002), a camada de mucilagem não pode ser removida facilmente da semente. Ela é uma mistura de polissacarídeo insolúvel, provavelmente com uniões cruzadas, para dar uma estrutura física forte com a incrível capacidade de hidratar-se e desidratar-se e ainda reter a estrutura. Na beterraba açucareira a camada de mucilagem é muito maior do que a de outros cultivares, fazendo com que o potencial de germinação seja menor.

- **Restrição mecânica do pericarpo:** Em observações feitas em microscopia eletrônica de cortes em seções transversais de ovários com óvulos de 7 dias após a polinização durante o desenvolvimento, foi constatado que um dos fatores responsáveis pela baixa germinação em beterrabas de mesa, é a falha das células em separar a cobertura periférica, devido a uma estreita união entre as paredes celulares nessa região, o que atua como barreira para a difusão do oxigênio. Uma maior amplificação revelou uma união nas células que separam a cobertura, desde a parede do ovário na terminação do cotilédone até a radícula, nas proximidades do embrião. As células da camada de união tendem a ser orientadas na direção radial na parede do ovário, enquanto as células adjacentes da parede do ovário são maiores e orientadas aleatoriamente (Taylor et al., 2002).

- **A presença de inibidores químicos de natureza fenólica:** Um número importante de inibidores é encontrado na cobertura da semente de beterraba. Diversos compostos fenólicos têm sido isolados e identificados usando-se espectrofotômetro em 265 nm de longitude de

onda. Observou-se que sementes com maiores quantidades de mucilagem retêm mais compostos fenólicos (Taylor et al., 2002). Entre esses compostos são citados os seguintes ácidos: abscísico, oxálico, vanílico, sinápico, ferúlico, p-benzoico e outros.

Alguns métodos que podem ser usados na prática para aumentar o poder germinativo incluem o aquecimento do solo em câmpulas de cristal, semeadura e pré-remolho em líquidos ou em caixas de germinação, módulos para transplante, pré-esfriamento, fricção e polimento para tirar a cobertura.

5. Desenvolvimento das raízes

O desenvolvimento da raiz de beterraba ocorre em duas temporadas. Na primeira há inicialmente um crescimento rápido, no qual se desenvolve uma raiz principal pivotante com algumas laterais que podem emergir após 7 dias da semeadura. Após 6 semanas já atinge um comprimento de 76 cm, sendo que os primeiros 40 cm atingem entre 1 a 2 mm de largura.

Três meses e meio após a semeadura, com a planta adulta já com 28 cm de altura, a raiz principal já atinge 3 metros (crescendo a uma média de 1 cm por dia). Com raízes laterais tornando-se mais fortes e um hipocótilo de aproximadamente 8 a 9 cm.

Numa segunda temporada chamada reprodutiva, desenvolve-se um cordão de 40-60 raízes fibrosas descendendo horizontal, oblíqua, ou verticalmente para baixo, com alta densidade e pelos de adsorção. Estas novas raízes surgem a partir da porção inferior da beterraba e o curto remanescente da parte atenuada da raiz principal original.

Apesar de ser considerada uma raiz tuberosa, anatomicamente o órgão armazenador de reservas da beterraba não é propriamente a raiz, mas consiste no entumescimento do eixo hipocótilo-raiz formada próximo à superfície do solo e de porção superior limitada à raiz pivotante. A porção entumescida é formada de zonas alternadas de tecidos condutores e tecidos de reserva, dando a aparência de anéis. O incremento em espessura (entumescimento) resulta do crescimento cambial acompanhado por divisões e alongamento celular de tecidos parenquimáticos. Na porção inferior da raiz são produzidas as raízes secundárias (Puiatti, 2005).

Devido ao desenvolvimento subterrâneo da beterraba ocorrer em volume, a utilização de rizotrons não é viável. Existem estudos que utilizam a técnica de MRI (*Magnetic Resonance Imaging*) para mensurar o desenvolvimento dos anéis da beterraba. Essa técnica pode ser utilizada em todas as culturas tuberosas, não existindo necessidade de se retirar a estrutura do solo para as avaliações (Metzner et al; 2014).

6. Desenvolvimento do caule

Nas etapas vegetativas iniciais do crescimento da plântula ocorre o desenvolvimento do caule subterrâneo, compacto e pouco desenvolvido, a partir do qual as folhas se desenvolvem. As primeiras folhas da base constituem um grupo juvenil de folhas com o limbo, e com um talo ou pecíolo pigmentado que vão sucessivamente aumentando de tamanho até se converter em folhas maiores. O que é chamado de caule são os pecíolos da folha, eles nascem desde a coroa do hipocótilo. Na fase reprodutiva, desenvolve-se uma haste de floração a partir do hipocótilo, crescendo aproximadamente 1,2-1,8 metros de altura. As folhas desenvolvem-se na haste de forma acrópeta, inicialmente pecioladas e por fim sésseis. As inflorescências crescem de forma indeterminada na parte superior da haste.

No outro extremo, emerge uma raiz pivotante engrossada, carnosa e pigmentada na junção com o caule. A anatomia do hipocótilo superior é mais complexa do que a da raiz de armazenamento, os anéis cambiais estão unidos num sistema complexo e anastomosado com as folhas todas conectadas umas às outras e com uma porção de hipocótilo.

A natureza tuberosa do hipocótilo e da raiz de reserva da beterraba de mesa ocorre devido à presença de câmbio supranumerário, o qual se desenvolve em estádios muito iniciais. Inicialmente câmbio vascular cilíndrico se forma nas células localizadas entre o xilema e o floema secundário. Esse câmbio vascular envolve o supranumerário. O processo parece ser conduzido pelo efeito de hormônios como as auxinas e citocininas. As presenças dessas zonas anulares de desenvolvimento acontecem em estádios iniciais, porque o câmbio supranumerário é formado em estádios precoces do desenvolvimento. Depois do início da formação do câmbio vascular ocorrem divisões celulares, expansão, e armazenamento de carboidratos. Alguns autores sugerem que o armazenamento de carboidratos e a subsequente formação da raiz pivotante devem ocorrer por um segundo estímulo que é independente da formação do câmbio vascular (Goldman; Navazio, 2003).

7. Desenvolvimento das folhas

A fase vegetativa da espécie *Beta vulgaris* é caracterizada pela formação de um tufo de folhas com 30-40 cm de altura, variando de verde claro ao vermelho escuro, em forma de roseta, ao redor de um curto caule e do intumescimento do eixo hipocótilo-raiz e porção superior da raiz principal. A coloração das folhas além do cultivar é ainda dependente de fatores climáticos (Puiatti, 2005).

Na fase reprodutiva desenvolve-se uma haste de floração a partir do hipocótilo, crescendo aproximadamente 1,2-1,8 metros de altura. As folhas desenvolvem-se na haste de

forma acrópeta, inicialmente pecioladas e por fim sésseis. As inflorescências crescem de forma indeterminada na parte superior da haste (Goldman; Navazio, 2003).

8. Efeitos de fatores ecológicos

A beterraba cresce melhor em temperaturas entre 15 e 19°C, desenvolvendo cores mais intensas e uma maior qualidade de raiz nesta faixa de temperatura. A beterraba folhosa, porém, se desenvolve melhor em temperaturas mais quentes do que a beterraba de mesa. (Fick et al., 1978; Nottingham, 2003). Temperaturas abaixo de 10°C causam uma mudança fisiológica de crescimento vegetativo para o crescimento reprodutivo, reduzindo na raiz a armazenagem de carboidratos e desviando esses nutrientes para formar estruturas reprodutivas. Se as baixas temperaturas persistem por mais de duas semanas, em particular nas mudas no início da temporada, pode ocorrer florescimento precoce no crescimento do primeiro ano. Têm-se desenvolvido variedades de beterraba com resistência ao florescimento precoce para reduzir este problema no início da temporada.

Temperaturas acima de 25°C podem prejudicar o crescimento, cor e desenvolvimento da beterraba. Em temperaturas superiores às indicadas para o crescimento ótimo, o armazenamento dos nutrientes das raízes é reduzido, conduzindo a um menor tamanho e prejudicando a cor e a textura (Nottingham, 2003). As regiões com temperaturas muito altas afetando variedades não bem adaptadas podem favorecer o desenvolvimento do distúrbio fisiológico conhecido como zoneamento, que se caracteriza por faixas vermelhas e brancas alternadas na seção transversal da raiz. As áreas pálidas não acumulam a betalaína associada à beterraba, e anéis podem permanecer quase incolores ou de cor branca (Tivelli et al., 2011).

A beterraba pode tolerar geadas suaves a moderadas, que podem ajudar a melhorar a concentração de açúcares nas raízes. Além disso, podem sobreviver à secas e a solos salinos melhor do que a maioria das culturas, isso se deve provavelmente a sua origem litorânea.

O objetivo principal da irrigação na beterraba cultivada é maximizar a produtividade, permitindo que um padrão uniforme de crescimento ocorra durante toda a temporada. Manter os níveis de umidade no início da temporada é importante, mas o excesso pode resultar prejudicial ao crescimento já que pode estimular um aumento no crescimento de folhas, que não é necessariamente acompanhado por um aumento proporcional no crescimento da raiz.

A beterraba comum geralmente requer menos água do que a beterraba folhosa. Sua irrigação moderada é aconselhável e suficiente para evitar que o solo seque completamente. Sob condições de chuva, beterraba crescendo em canteiros arejados estão sob melhor drenagem. A cobertura pode conservar a umidade do solo durante o tempo seco. As condições

secas ao longo de um período de semanas podem restringir o crescimento da planta e reduzir a produtividade. Em solos secos, há um aumento na quantidade de zoneamento nas raízes, devido à falta de umidade, enquanto as raízes começam a se tornar lenhosas. Chuva repentina ou irrigação após um período de seca pode causar divisão das raízes (Fick et al., 1978; Nottingham, 2003). Solos encharcados podem prejudicar o desenvolvimento das raízes, promovem aparição de doenças e a lixiviação de minerais. As folhas de plantas alagadas podem se tornar vermelhas e a fotossíntese pode ser afetada, fazendo com que as plantas detenham seu crescimento temporamente.

Na Europa, diversas variedades melhoradas de beterraba não conseguiram interceptar mais de 30% da radiação solar recebida entre o início e final da primavera, ainda assim há muito espaço para melhoria, porque os programas de melhoramento no aproveitamento da radiação solar estão diretamente relacionados ao ganho no rendimento. No entanto, um aumento na quantidade de radiação interceptada significará inevitavelmente que o potencial de consumo de água pela cultura aumente (porque a fixação de carbono e a perda de água está ligada energeticamente), segundo Jaggard et al. (2009). Infelizmente, a comparação das variedades novas e antigas de beterraba não experimentou melhorias na captação de água disponível das fontes mais profundas. No entanto, há perspectivas para um aumento significativo na interceptação da radiação solar e para fazê-lo em um momento do ano quando a demanda por água não está em seu ponto máximo (Jaggard et al., 2009).

Em países com regiões de clima tropical como o Brasil onde as radiações são maiores do que na Europa, é uma questão que deve ser levada em conta para se conseguir melhores programas de irrigação das culturas. No Brasil, têm sido desenvolvidos poucos cultivares devido à exigência de luz para passar da fase vegetativa para reprodutiva. Sendo quase a totalidade deles de origem norte-americana ou europeia e pertencente ao grupo denominado Wonder, com raiz tuberosa de formato globular (Tivelli et al., 2011).

9. Relações hídricas

As necessidades hídricas totais são de 550 a 750 mm por ciclo fenológico, podendo variar conforme o clima e a duração do período total de crescimento. A época de semeadura influi no ritmo de desenvolvimento da cultura, particularmente desde a emergência até o momento em que é atingida a sua altura máxima, o que pode representar aproximadamente 140, 90 e 60 dias, respectivamente, para a cultura semeada no outono, na primavera e no final da primavera para o início do verão.

Os déficits hídricos na metade do ciclo fenológico, período compreendido entre o desenvolvimento vegetativo e a formação da colheita, tendem a afetar os rendimentos de açúcar mais intensamente do que quando ocorrem nos períodos posteriores. O suprimento abundante de água na última parte do período de crescimento (período de maturação) tem efeito adverso sobre a concentração de açúcar, embora possa aumentar o tamanho das raízes, tornando pequeno o efeito final sobre o rendimento (Doorenbos; Kassan, 1994).

10. Solos, nutrição e micorrizas

Beterrabas cultivadas crescem melhor em locais ensolarados, bem drenados, úmidos, friáveis e em solos com boa fertilidade. Para a beterraba, são ideais solos arenosos e profundos, especialmente aqueles com alto conteúdo orgânico, que ajudam na retenção da umidade.

Apesar de beterraba ser uma espécie rústica e poder ser cultivada em diversas condições, para melhores rendimentos, uma calagem e/ou aplicação de fertilizantes, faz-se necessária. Em particular, necessitam de níveis suficientes de nitrogênio, sódio, potássio e fósforo.

A beterraba prefere solos neutros a ligeiramente alcalinos com pH do solo variando entre 6,0 e 8,0. É recomendada a aplicação de calcário para solos com pH em torno de 5,8, que pode limitar o crescimento da raiz. Beterrabas são menos tolerantes à acidez do solo do que as culturas como feijão ou milho. No entanto, a beterraba é mais tolerante a solos alcalinos.

Nitrogênio (N) – É um elemento fundamental para desenvolvimento das partes aéreas. Melhora a vigor e a cor das folhas. Sua deficiência faz com que as folhas verdes adultas, gradualmente se tornem mais claras até atingir o amarelecimento característico da clorose, a qual tende a se uniformizar, tanto em limbo, pecíolos e nervuras. Como consequência, diminui a atividade fotossintética e a produtividade, fazendo a planta ficar subdesenvolvida e levando como resultado, a paralisação do crescimento, e a senescência acelerada das folhas mais adultas, devido à mobilização do N para as folhas mais novas, que também podem estar manifestando clorose. A deficiência de N é a que maior impacto tem no crescimento da planta entre todos os elementos, diminuindo a produção de matéria seca. Um excesso de nitrogênio pode promover o excessivo crescimento da parte aérea, mas pode reduzir a translocação aos drenos nas raízes-hipocótilo, como acontece com a beterraba açucareira.

Fósforo (P) – É necessário para o início de um crescimento vigoroso das mudas de beterrabas cultivadas. Em solos recentemente cultivados ele pode ser escasso, mas acumula-se

no solo após a repetida aplicação de fertilizantes. A deficiência de fósforo em cultivo de beterraba é rara, e só ocorre quando os solos são extremamente empobrecidos, nas mudas manifesta-se na baixa estatura das mesmas. Alves et al. (2008), observaram que o sintoma inicial por deficiência de fósforo em beterraba, foi o arroxamento intenso das raízes, e logo aparecendo nas folhas. Em plantas mais velhas, as raízes podem também tornar-se atrofiadas, enquanto que a raiz pode formar uma massa de raízes secundárias fibrosas, levando à paralisação do crescimento.

Potássio (K) – Altas quantidades de potássio são necessárias para o crescimento ideal de beterrabas. É um elemento importante para criar um ambiente iônico adequado para o normal funcionamento das vias metabólicas e dos processos que regulam o crescimento. Participa da fotossíntese, a síntese de proteínas, da ativação enzimática, do transporte de solutos e fotoassimilados, assim como do fechamento e abertura dos estômatos.

Boro (B) – A deficiência mais frequente em beterraba é o boro e também uma das mais importantes. É observada como uma mancha negra, podridão do coração, podridão seca ou cancro. A deficiência de boro resulta em plantas subdesenvolvidas e deformadas que levam a morte dos meristemas apicais e, portanto, a lento crescimento. A coroa da raiz torna-se enegrecida e oca, devido ao acúmulo de água. Manchas ásperas pretas podem aparecer nas raízes, que pode causar o sabor amargo. As raízes podem, eventualmente, tornar-se inteiramente descoloridas, ocas ou se dividir. A falta de umidade agrava a deficiência de boro, e ocorre mais comumente em solos calcários ou muito viscosos que secaram. Pequenas quantidades de bórax (borato de sódio) podem ser adicionadas ao solo para aliviar os problemas causados pela deficiência de boro.

Sódio (Na) – Na forma de cloreto de sódio estimula o crescimento e elimina plantas invasoras, que geralmente são menos tolerantes ao sal do que a beterraba. Aplicação de sal em beterrabas crescendo nos solos argilosos pesados não é recomendada. Níveis baixos de potássio e sódio podem ocasionar problemas de crescimento, enquanto a deficiência de potássio pode ser aliviada pela adição tanto de cloreto de sódio como de potássio, já que se comportam como íons equivalentes.

Cálcio (Ca) – Alves et al. (2008), observaram que solos com omissão de cálcio inicialmente acarretaram anormalidades visíveis nas folhas mais novas, com encarquilhamento nas suas margens, e atraso de crescimento. Quando a desordem evolui, ocorre necrose, morte de brotações, encarquilhamento total da folha, flacidez dos pecíolos e deformação das folhas novas. Na fase final observou-se necrose do ápice das folhas e

dilaceração das margens, na raiz tuberosa não houve prejuízo no crescimento, sendo ele similar ao controle.

Como acontece com as espécies não hospedeiras de micorrizas pertencentes à ordem Caryophyllales, existem dificuldades para as micorrizas colonizarem as beterrabas. Isso pode ser devido às camadas de periderme suberificada das raízes, que dificultam a sua associação ou pela ação de metabólitos secundários inibidores do fungo. Microrganismos endofíticos associados à beterraba pode ser uma alternativa eficaz para a promoção do crescimento.

11. Translocação

A grande maioria da água e solutos necessários à vida da beterraba é absorvida pelas raízes, num transporte a curta distância, ou lateral, feito célula a célula. A água representa cerca de 85-95% do peso da planta sendo que aproximadamente 90% da água captada apenas transita pela planta, sendo libertada para a atmosfera sob a forma de vapor.

A água tende a deslocar-se de zonas com elevado potencial hídrico para zonas de baixo potencial hídrico. Nas células da raiz a solução citoplasmática é hipertônica (menor potencial hídrico) devido a todos os conteúdos celulares habituais. Este fato faz com que haja uma translocação passiva por difusão e osmose da água, arrastando alguns solutos mais concentrados no solo, para as células do córtex radicular e daí até ao xilema.

A solução do solo é geralmente muito diluída, mas as raízes podem acumular íons em concentrações centenas de vezes superiores, pelo que este movimento contra o gradiente de concentração é feito por transporte ativo. Este transporte torna a solução interna ainda mais hipertônica, diminuindo o potencial hídrico e causando mais entrada de água por osmose. Este transporte continua pelo interior da planta até ao xilema, originando um gradiente osmótico que passa a água do córtex para o xilema.

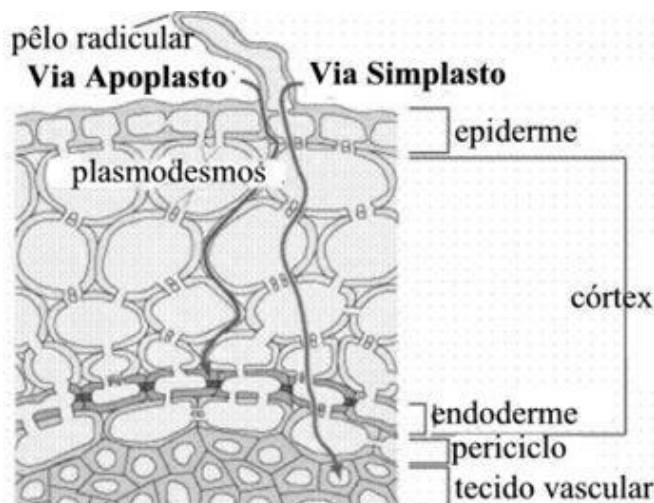


Figura 2. Percursos seguidos pelos solutos e água absorvidos pelas raízes (Adaptado de Raven, 2013).

Os percursos seguidos pelos solutos e água absorvidos pelas raízes até ao xilema, podem ser divididos em duas vias:

Via simplasto – Transporte pelo interior dos citoplasmas das células do córtex, seguindo os plasmodesmas entre elas;

Via apoplasto – Transporte através da matriz das paredes celulares e espaços intercelulares. Considera-se que este deva ser o percurso preferencial, dada à rapidez registrada no movimento de água no interior da raiz, cerca de 60 vezes superior à prevista para movimentos citoplasmáticos.

Segundo a teoria de transpiração-coesão-tensão, o motor do movimento da seiva bruta (água + solutos) é a tensão (pressão hidrostática negativa) criada pela transpiração. Quando as células do mesófilo libertam vapor de água para o exterior, em função de um gradiente de pressão de vapor entre os espaços intercelulares e a superfície da folha, o potencial hídrico da água (energia livre das moléculas) adjacente às células do mesófilo diminui. Como consequência dessa diminuição, e das forças de coesão entre moléculas de água, esta vai deslocar-se das células do xilema foliar adjacente (onde o seu potencial hídrico é mais elevado) para as células do mesófilo, pois a água desloca-se de zonas de potencial hídrico mais elevado (próximo de zero) para zonas de potencial hídrico mais baixo (mais negativo). Cria-se assim um gradiente de potencial hídrico que se propaga às colunas de água do xilema, desencadeando uma força de tensão que permite o movimento de água através do contínuo solo-planta-atmosfera. Devido à coesão entre as moléculas de água, e à sua adesão às paredes celulares dos vasos do xilema, formando uma coluna contínua que transmite a tensão desde as células do mesófilo até às raízes. A combinação das três forças – tensão, coesão e adesão,

permite manter a corrente de transpiração, responsável pela geração de um déficit hídrico ao nível da raiz e consequente absorção de água (Raven, 2013).

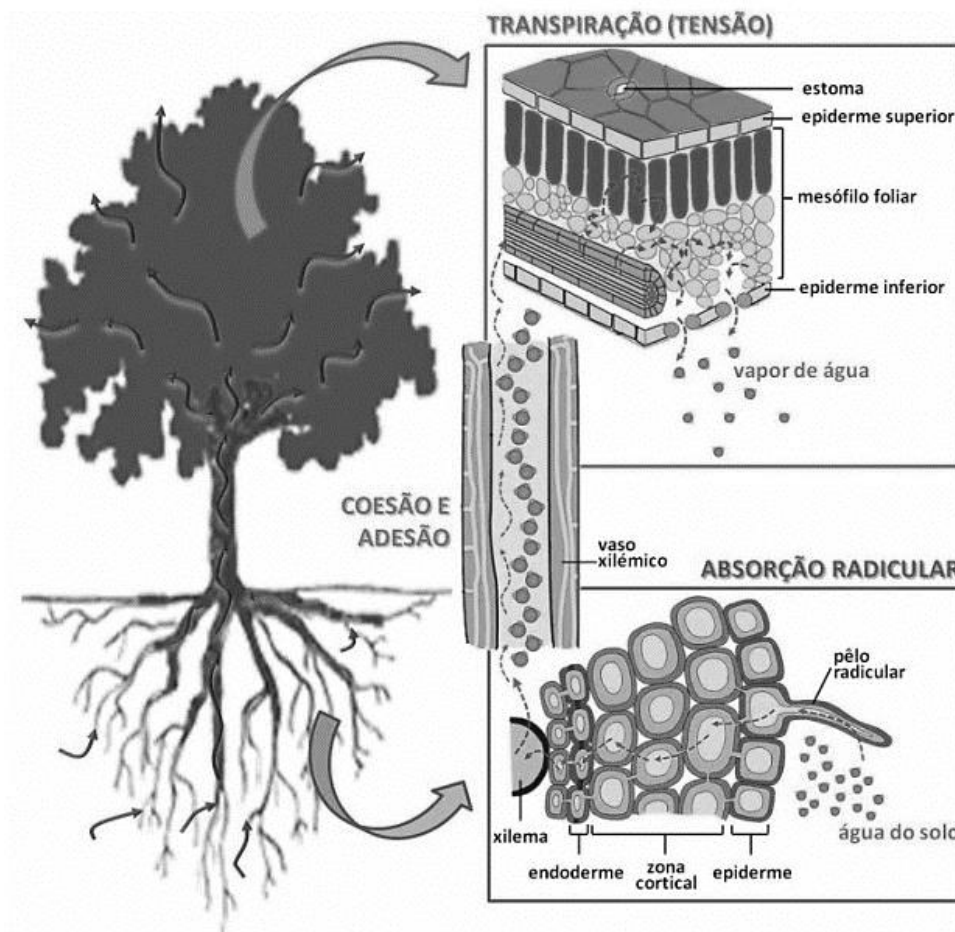


Figura 3. Teoria tensão-coesão-adesão (Adaptado de Raven, 2013).

12. Fotossíntese

O termo fotossíntese significa, literalmente, síntese usando a luz. Os organismos fotossintéticos captam e utilizam a energia solar para oxidar H_2O , liberando O_2 , e para reduzir CO_2 , produzindo compostos orgânicos, primariamente açúcares. Esta energia estocada nas moléculas orgânicas é utilizada nos processos celulares da planta e serve como fonte de energia para todas as formas de vida. A beterraba é uma planta C3 dessa maneira seu comportamento fotossintético segue os padrões desse grupo de plantas.

Com relação à translocação das moléculas produzidas na fotossíntese, a beterraba se diferencia pela sua capacidade em produzir substâncias anticongelantes reduzindo seu ponto de solidificação e dessa forma permitindo que o metabolismo se mantenha ativo em temperaturas baixas.

O transporte das fontes para o dreno (podem ser tecidos de armazenamento ou de consumo) ocorre através dos elementos de tubo crivado do floema. Embora o floema apresente um padrão de transporte fonte/dreno, existem vias específicas muitas vezes mais complexas dependendo da proximidade, do desenvolvimento, das conexões vasculares, e modificação dos caminhos de translocação. Em alguns casos as fontes apresentam drenos específicos.

13. Zoneamento agroclimático e adaptações ao meio ambiente

A beterraba vermelha trata-se de uma cultura típica de países de clima temperado, sendo que apresenta uma notável resistência a geadas leves (Haseloff, 1975). Desenvolve-se melhor em clima temperado para frio, com temperaturas entre 7 e 22°C. Requer bastante calor e água em abundância (Filgueira, 1982).

As plantas novas são sensíveis à geada. O melhor desenvolvimento vegetativo ocorre em temperaturas de 10 a 20°C. Nas regiões frias pode ser plantado o ano todo. Para o florescimento, a beterraba exige temperaturas entre 5 e 10°C. Alguns dias após a germinação, a planta se torna sensível à vernalização, sendo que o efeito aumenta até a idade de 30 a 40 dias. Temperaturas muito elevadas promovem a formação de anéis de coloração clara na raiz (Sonnenberg, 1985).

De acordo com Doorenbos e Kassam (1994), a beterraba é cultivada em climas diferentes. A germinação da semente é possível a 5°C, o mínimo efetivo é de 7 a 10°C. As temperaturas altas são as preferíveis durante o crescimento vegetativo. Os altos rendimentos de açúcar são obtidos quando as temperaturas noturnas estão entre 15 e 20°C, e as diurnas entre 20 e 25°C durante a última parte do período de crescimento. Durante este período, quando as temperaturas são superiores a 30°C, reduzem-se bastante os rendimentos de açúcar. Para a obtenção de altos rendimentos de açúcar e o melhor crescimento vegetativo, na última parte do ciclo fenológico da cultura, deve haver progressivamente noites frias acompanhadas de esgotamento do nitrogênio assimilável e da água disponível no solo. O intervalo de temperatura mais propício para o desenvolvimento situa-se entre 18 e 22°C.

Segundo Garde (1978), a beterraba suporta temperaturas relativamente baixas. Temperaturas prolongadas acima de 30°C reduzem fortemente a fotossíntese e podem provocar a destruição dos cloroplastídeos com a consequente quebra de açúcar.

Em função de requerer temperaturas baixas para o seu desenvolvimento a beterraba é uma cultura de inverno. A beterraba é cultivada principalmente nas regiões Sudeste e Sul. Das 100,5 mil propriedades produtoras de beterraba existentes no Brasil, 42% estão na Região

Sudeste e 35% na Região Sul. No estado de São Paulo existem, aproximadamente, 700 propriedades agrícolas, perfazendo 5 mil hectares, onde são produzidas 115 mil toneladas de beterraba por ano (Camargo Filho; Mazzei, 2002). A produtividade de raízes varia entre 20 e 35 t ha⁻¹ (Filgueira, 2000).

14. Estratégias para altas produções

A beterraba é uma das poucas espécies cultivadas que possui a sua espécie ancestral silvestre ainda existente na atualidade, a subespécie *Beta vulgaris* subsp. *maritima*, a qual se apresenta como um potencial recurso genético para obtenção de cultivares com características de interesse agrônomo, tanto por genes que confirmam tolerância à salinidade, resistência a doenças, ao controle do tempo de florescimento e resistência ao frio, entre outras tantas. As espécies da seção Beta com um complemento cromossômico de $2n=2x=18$, têm demonstrado interfertilidade, também com as espécies silvestres da seção. Ecotipos da beterraba do mar da região do Vale do Pó na Itália têm sido usados na melhoria da beterraba açucareira, na busca de resistência a doenças como a cercosporiose causada pelo fungo *Cercospora beticola*. Desses programas de melhoramento surgiram cultivares resistentes como Cesena, Mesano e a série Rovigo (Biancardi et al., 2010). Mas os principais recursos de resistências foram obtidos desde cruzamentos com espécies mais rústicas como as silvestres de seção *Procumbentes* e *Corollinae*. *Beta procumbens* tem sido usada como recurso contra nematoides da beterraba açucareira. O gene HS1-Pro-1 existente no cromossomo 1 de *B. procumbens* foi transferido para a beterraba açucareira via hibridização interespecífica e retrocruzamento. Também foram conseguidos híbridos interespecíficos entre variedades de acelga e duas espécies silvestres (*B. procumbens* e *B. webbiana*) para incorporar resistência contra patógenos (Goldman; Navazio, 2003). No entanto, a hibridização entre espécies silvestres das seções *Corollinae*, *Nanae* e *Procumbens* parecem se desenvolver com algumas dificuldades (Biancardi et al., 2010).

A irrigação com águas com baixo potencial osmótico pode ser uma alternativa sustentável em vistas a um futuro próximo. O gênero *Beta* é conhecido por ser relativamente tolerante a solos com potenciais hídricos baixos, em comparação com outros gêneros de grande importância econômica. A beterraba de mar e a beterraba comum incluem acessos capazes desenvolver mecanismos de fuga à escassez de água (mecanismo de ajuste osmótico). Sob uma leve seca, foi aumentada a transcrição da sacarose sintase1 e colina monooxigenase (que é uma enzima chave na síntese de glicinabetaína, um osmoprotetor acumulado por várias plantas em resposta ao estresse) o que pode indicar que o ajuste osmótico em parte é realizado pela incorporação de solutos compatíveis como a sacarose e a betaína. A colina monooxigenase

curiosamente é expressa constitutivamente em níveis muito maiores na espécie *maritima* do que na beterraba comum sob déficit (Vastarelli et al., 2012). Genes envolvidos no metabolismo de glicinabetaína podem ser, futuramente, relevantes na melhoria das beterrabas na resistência ao estresse por seca e salinidade.

A capacidade para conseguir retardar a diminuição do potencial do solo, provavelmente não é mediada por ABA, pois sabe-se que *Beta* é um gênero que não responde à seca fechando os estômatos. Esta resposta de dependência limitada mediada por ABA poderia explicar tanto a falta de indução de resposta das aquaporinas e o lento e pequeno aumento na transcrição na beterraba de DREB2A, que é um fator de transcrição conhecido em *Arabidopsis* a ser ativado durante a exposição precoce ao estresse por seca (Vastarelli et al., 2012).

Na cultura da beterraba há necessidade de se efetuar o controle das plantas invasoras, pois podem causar perdas significativas de produtividade, dependendo da densidade e da sua distribuição na lavoura. As plantas invasoras competem principalmente por água, luz e nutrientes, dificultando a operação de colheita e prejudicando a qualidade final do produto. Essa competição pode causar perdas de 79% a 96% na produção de raízes, sem mencionar a perda de qualidade. O período crítico de competição entre as plantas invasoras e a planta de beterraba ocorre entre a segunda e sexta semanas após a emergência das plantas. Uma das estratégias para evitar a competição é preparar a área de semeadura ou transplante com antecedência. O produtor permite que parte do banco de sementes de seu solo germine. As plantas invasoras que emergiram podem ser controladas através de um método físico ou químico. Para o método físico, o produtor pode usar o fogo aplicado através de um lança-chamas e com o método químico, o produtor pode aplicar herbicida para dessecar o mato que infesta a área com dicloreto de paraquat na dosagem de 1,5 a 3,0 L/ha do produto comercial. Outra estratégia é fazer uso do método químico de controle de plantas invasoras em pré ou pós-emergência precoce do mato (Tivelli et al., 2011).

A cultura da beterraba pode ser implantada pela semeadura direta no local de cultivo ou pelo transplante de mudas formadas em sementeira e/ou em bandejas. Apesar do transplante de mudas prolongar o ciclo da cultura, tal prática eleva a produtividade e a qualidade do produto final, além de reduzir o consumo de sementes. A técnica anula os efeitos dos inibidores ou reduz a concentração destes na semente, favorecendo o estabelecimento da cultura em campo (Tivelli et al., 2011).

Como foi explicado no capítulo de nutrição, excesso de nitrogênio pode levar a um aumento na massa das folhas às expensas do crescimento do tubérculo. Mas se objetivo for

produção de sementes, sua aplicação pode melhorar o vigor das sementes e o poder germinativo, pela acumulação de proteínas.

15. Efeitos de reguladores vegetais

O controle de germinação de beterraba sacarina (*Beta vulgaris* L.) por reguladores vegetais foi estudado comparando os frutos e as sementes. Tratamentos de frutos e sementes de beterraba com giberelinas, brassinosteroides, auxinas, citocininas e inibidores da biossíntese de hormônios, não afetaram a emergência da radícula de frutos ou sementes. No entanto, o tratamento com etileno ou o precursor de etileno, ácido 1-aminociclopropano-1-carboxílico (ACC) promoveu surgimento da raiz de frutos e sementes. O ácido abscísico (ABA) agiu como um antagonista do etileno e inibiu a emergência da radícula de sementes, mas não a emergência de frutos. Teores endógenos elevados de ACC e de ABA foram evidentes em sementes e pericarpo de frutos maduros secos, mas diminuíram rapidamente durante a embebição. Tratamento de sementes e frutos com ABA induziu o acúmulo de ACC na semente enquanto tratamento com ACC não afetou o conteúdo de ABA na semente. Os transcritos de ACC-oxidase (ACO, enzima formadora de etileno) e ABA 8'-hidroxilase (CYP707A, ABA-enzima degradante) acumularam-se em frutos e sementes mediante embebição. O acúmulo da transcrição do gene ACO nas sementes foi promovido pelo ABA e por remoção do pericarpo, mas não pelo ACC. Quantificação do ABA endógeno e conteúdo de ACC, ABA, e a produção de etileno, demonstraram que um ativo sistema de lixiviação de ABA mediado pelo embrião está envolvido na manutenção do baixo conteúdo de ABA endógeno na semente, enquanto que o pericarpo restringe ACC durante a embebição. O surgimento da radícula da beterraba parece ser controlado pelo pericarpo, por ABA e ACC, e por um antagonismo ABA-etileno que afeta a biossíntese de ACC e a expressão do gene ACO (Hermann et al., 2007).

16. Senescência e aproveitamento de resíduos

Durante a primeira temporada, plantas de beterraba acumulam ativamente biomassa aérea e subterrânea, mas não avançam para o estado de floração; portanto, uma diminuição na atividade potencial da rubisco e no conteúdo de proteínas solúveis na fase de senescência é de especial interesse. Em contraste com os cereais, onde órgãos drenos são sementes, em beterraba drenos são as folhas fotossinteticamente ativas requerendo o influxo de nitrogênio. Portanto, quando as folhas avançam em idade, o agravamento da influência negativa de todos os fatores, provavelmente depende do acúmulo por movimento lento, de produtos da

proteólise. Como regra, o papel da senescência, como um fator regulador foi relacionado não só com o excesso de glicose e o nível de nutrição, mas também com a razão entre os produtos do metabolismo de nitrogênio e hidrato de carbono (C / N). O incremento na razão C/N nos tecidos é uma das maiores características da senescência. Beterraba era um caso particular, já que mesmo com altas concentrações de sacarose que em outras culturas estão relacionadas a um estágio diferente, ela continua crescendo sem manifestar efeitos negativos.

Rovanova et al. (2014), estudaram o papel da hexoquinase como sensor dos níveis de sacarose nas folhas e do efeito negativo ou da retroalimentação negativa na beterraba açucareira. Uma série de combinações de engenharia genética tem mostrado que a isoenzima HXK1 atuando como o sensor principal de glucose localiza-se predominantemente no citoplasma, e está aparentemente associada à mitocôndria. A senescência foliar acelerada é induzida pelo atraso do efluxo de fotossintatos. Excessos de glicose se manifestam no retardamento da síntese de certas proteínas fotossintéticas. Os autores mostraram que beterraba açucareira cultivada em concentrações com nível normal de nitrato (material de controle de N) e em condições de carência de nitrato em estádios finais da folha antes e depois da incubação de discos de folhas em água. Verificaram um incremento na razão carboidratos solúveis/proteínas solúveis (Cs\Ps) no transcurso da senescência em folhas controle com deficiência de nitrogênio, e especialmente após a incubação de discos de ambos os tipos de tratamento em água, também correspondiam com esse padrão. Mostraram a habilidade de folhas senescentes em estágio vegetativo em manter o crescimento, não só no órgão de reserva, mas também em folhas jovens crescendo apesar da total e prolongada ausência de nitrato no meio nutritivo.

As folhas da beterraba costumam ser jogadas no lixo após o uso do tubérculo. Folhas de beterraba desidratados podem ser utilizados na preparação de caldos, refeições e/ou adicionadas a outros alimentos, sendo que as folhas desidratadas tem um importante valor nutritivo. As folhas de beterraba constituem uma excelente fonte de ômega-3, além de ter significativa atividade antioxidante, boa quantidade de compostos fenólicos totais e macro e micronutrientes minerais. Durante as fases de desenvolvimento, em folhas de 100 dias, foi encontrada uma maior quantidade de constituintes químicos, de ômega-3 e 6, de compostos fenólicos totais e alguns minerais. O teor de proteína e lipídios foram os mais altos em folhas de 60 dias; assim, as folhas podem ser consumidas em mais do que um estágio de desenvolvimento (Biondo et al., 2013).

Referências

- ALVES, A.U. et al. Desenvolvimento e estado nutricional da beterraba: Do plantio à comercialização em função da omissão de nutrientes. **Horticultura Brasileira**, v. 26, p. 292-295, 2008.
- BIANCARDI, E. et al. Handbook of plant breeding root and tuber crops. **Sugar Beet**, v. 7, p. 173-269, 2010.
- BIONDO, P.B.F. et al. Evaluation of beetroot (*Beta vulgaris* L.) leaves during its developmental stages: a chemical composition study. **Food Science and Technology**, 2014.
- CAMARGO FILHO, W.P.; MAZZEI, A.R. Mercado de beterraba em São Paulo. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 2, p. 54-56, 2002.
- COOKE, D.A.; SCOTT, R.K. **The sugar beet crop**. Chapman and Hall 1993. 675 p.
- DOORENBOS, J.; KASSAM, A.H. **Efeito da água no rendimento das culturas**. Campina Grande: UFPB, 1994. 306 p. (FAO. Estudos: Irrigação e Drenagem, 33).
- FICK, G.W.; LOOMIS, R.S.; WILLIAMS, W.A. **Sugar beet crop physiology: some case histories**. Cambridge University Press, 1975.
- FILGUEIRA, F.A.R. **Manual de olericultura: cultura e comercialização de hortaliças**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1982. 451 p.
- FILGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa: UFV, 2000. 401p.
- GARDÉ, A.H.A. **Beterraba sacarina**. Lisboa: Clássica, 1978. 98 p.
- GOLDMAN, I.L.; NAVAIZIO, J.P. History and breeding of table beet in the United States. **Plant Breeding Reviews**, v. 22, p. 357-388, 2003.
- HASELOFF, B.K. **Dicionário técnico de agricultura**. São Paulo: Girassol, 1975. 561 p.
- HERMANN, K. et al. 1-Aminocyclopropane-1-carboxylic acid and abscisic acid during the germination of sugar beet (*Beta vulgaris* L.): A comparative study of fruits and seeds. **Journal of Experimental Botany**, v. 58, n. 11, p. 3047-3060, 2007.
- JAGGARD, K. W.; QI, A.; OBER, E.S. Capture and use of solar radiation, water and nitrogen by sugar beet (*Beta vulgaris* L.). **Journal of Experimental Botany**, p. 1-7, 2009.
- KADEREIT, G.; HOHMANN, S.; KADEREIT, J. A synopsis of Chenopodiaceae subfam. Betoidea and notes on the taxonomy of Beta. **Willdenowia**, v. 36, 2006.
- LANGE W.; BRANDERBURG, W.A.; DE BOCK, T.S.M. Taxonomy and cultonomy of beet (*Beta vulgaris* L.). **Botanical Journal of Linnean Society**, v. 130, p. 81-96, 1999.

MANSFELD, R. et al. **Verzeichnis landwirtschaftlicher und gärtnerischer Kulturpflanzen (ohne Zierpflanzen)**. Jürgen Schultze-Motel (Ed.), Springer, 1986. 1998 p.

METZNER, R. et al. **Frontiers in Plant Science**, v. 5, 2014.

NOTTINGHAM, S. **Beetroot electronic book review**:
<<http://www.stephennottingham.co.uk/beetroot.html>>. Acesso em: 12 set. 2004.

PUIATTI, M.; FINGER, F.L. **Olericultura teoria e prática**. Viçosa: UFV, 2005. 406 p.

SONNENBERG, P. E. **Olericultura especial**. 2ª parte, UFGO, Goiânia, 1985, 142 p.

TAYLOR, A.G. et al. Physico-chemical factors influence beet (*Beta vulgaris* L.) seed germination. In: **The biology of seeds: recent research advances**. CAB International, 2003.

TIVELLI, S.W. et al. **Beterraba**: do plantio à comercialização. Campinas: IAC, 2011. (Boletim Técnico, 210).

RAVEN, P.; EVERT, R.; EICHHORN, S. **Biology of plants**. W.H. Freeman; Worth Publishers, 2013.

ROMANOVA, A.K. et al. Variability of key biochemical parameters in senescent leaves of sugar beet at nitrate deficiency and surplus accumulation of glucose. **Russian Journal of Plant Physiology**, v. 61, n. 4, p. 503–511, 2014.

VASTARELLI, P. et al. Water stress in *Beta vulgaris*: Osmotic adjustment response and gene expression analysis in ssp. *vulgaris* and *maritima*. **American Journal of Plant Sciences**, v. 4, p. 11-16, 2013.

AZEVÉM



AZEVÉM (*Lolium multiflorum*)

Danilo Caçador Nunes

1. Origem e distribuição geográfica

Segundo Feng et al. (2021), o azevém é uma gramínea forrageira de clima temperado, tem origem entre o norte da África, sul da Europa e Ásia menor (mar mediterrâneo), muito utilizada em regiões temperadas e subtropicais do mundo como forragem ou pastagem, dentre estas Uruguai, Argentina, Estados Unidos e Nova Zelândia. No Brasil, é bastante cultivado nos Estados da Região Sul, que apresentam clima subtropical (Ihara, 2021).

2. Classificação botânica

De acordo com a classificação APG IV o azevém (*Lolium multiflorum* Lam.) pertence ao reino Plantae, filo angiosperma, classe das monocotiledôneas, pertencente à ordem Poales a família Poaceae, gênero *Lolium* (Reflora, 2021).

3. Morfologia e anatomia

Plantas anuais, eventualmente bianuais, cespitosas (touceiras), com altura entre 40 – 100 cm e prefoliação convoluta. Lâminas foliares 7,5 – 32 cm, glabras (desprovidas de tricomas) com presença de lígula com 0,7 – 1,7 mm. A espiga é dística, com espiguetas medindo entre 10 – 31 mm (excluindo as aristas), as glumas superiores apresentam comprimento maior que o restante da espiguetas, 5 – 7 nervuras (Reflora, 2021).

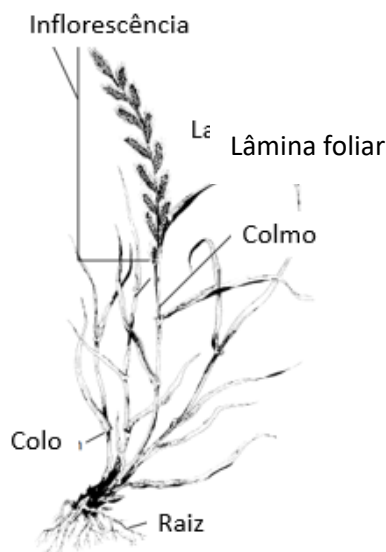


Figura 1. Planta de azevém anual com destaque suas estruturas (Adaptado de Hannaway et al., 1999)

Possui lemas estriadas, as primeiras lemas podendo ser míticas ou com arista menor que as lemas apicais e aristas com 5 a 10 mm. Elas são páleas equilongas ou pouco maiores que as respectivas lemas, além de cariopse lanceolada ou oblonga (Reflora, 2021).

Anatomia foliar está mostrada na Figura 2; possui estômatos em ambas as epidermes. Apresenta nervura central conspícua com 3 feixes vasculares, dispostos da seguinte forma: 1-212-12121. Possui células incolores em associação com feixes vasculares primários. Notam-se feixes vasculares primários, às vezes alguns semi-obstruídos devido à interposição de clorênquima abaxialmente, deixando os secundários livres. Feixes vasculares primários em número de 5 a 9, além de 11 a 25 secundários (Caro et al., 1978).

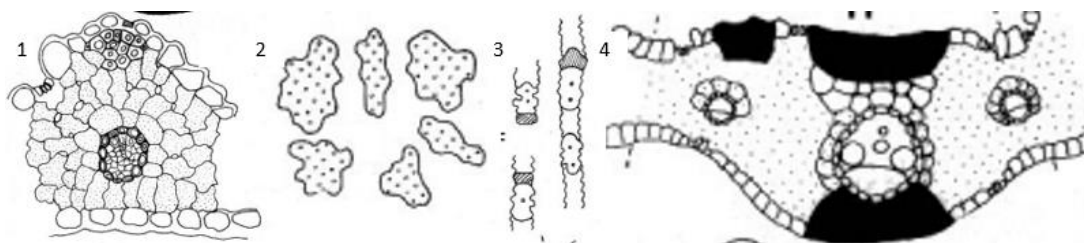


Figura 2. Observamos (1) detalhe de um feixe vascular secundário com suas bainhas e clorênquima; em (2) notamos células de clorênquima; (3) mostra associações silício-suberosas e (4) detalhe da nervura central (Adaptado de Caro et al., 1978).

4. Germinação e propagação vegetativa

Uma semente é um óvulo maduro envolvido por uma lema e uma palea. A lema, a bráctea inferior, tem 4 a 8 mm de comprimento, com um arco reto e fino de até 15 mm. O segmento da ráquila é em forma de cunha, a espécie não possui outras estruturas propagativas (Hannaway et al., 1999)

A semente apresenta uma dormência primária, que é perdida após a exposição a baixas temperaturas (Rodriguez et al., 1998), porém quando esta dormência é quebrada, a germinação é promovida por alta incidência luz, em especial, nos comprimentos vermelho e vermelho distante e por temperaturas alternadas (Deregibus et al., 1994).

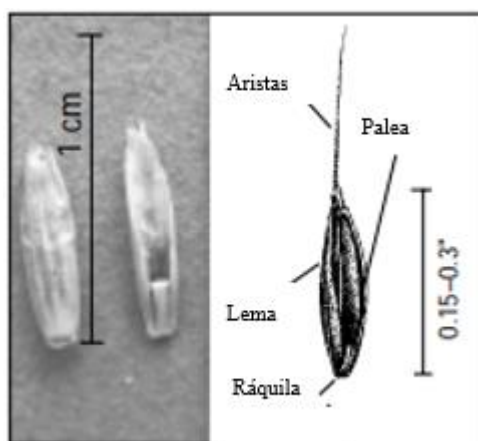


Figura 3. Semente de azevém (Adaptado de Hannaway et al., 1999).

5. Desenvolvimento de raízes

O sistema radicular do azevém é fasciculado, altamente ramificado e denso, com raízes adventícias que se desenvolvem a partir dos nós inferiores de cada rebento é responsáveis pela maior parte da absorção de água e nutrientes, ainda pode haver raízes

seminais, que tem origem embrionária, estas raízes são cobertas pela coleorriza e o tempo de duração destas raízes é curto (Hannaway et al., 1999).

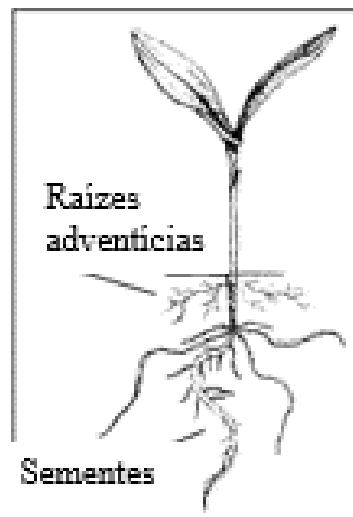


Figura 4. Desenvolvimento das raízes (Adaptado de Hannaway et al., 1999).

6. Desenvolvimento do caule

Os caules são compostos de nós e entrenós. Cada nó desenvolve uma folha. O segmento superior do colmo é chamado de pedúnculo, estrutura que sustenta a inflorescência. Os colmos anuais de azevém têm de 30 a 100 cm de altura, dependendo da variedade, umidade e condições do local. A base do caule do azevém anual geralmente é verde pálido ou amarelado (Hannaway et al., 1999).

7. Desenvolvimento das folhas

As lâminas das folhas têm 4 a 10 mm de largura e 6 a 20 cm de comprimento, elas são afiadas e pontiagudas. As lâminas são verdes brilhantes e proeminentemente sulcadas na superfície superior. A superfície inferior é lisa, brilhante e sem pelos, com uma nervura central proeminente. As margens das folhas são ligeiramente ásperas ao toque. A lâmina é unida à bainha no colar, uma zona de tecido meristemático. A bainha da folha é dividida e sobreposta, sem pelos (Hannaway et al., 1999).

A região do colar é uma faixa estreita de tecido meristemático responsável pelo aumento do comprimento da lâmina. Uma vez que a folha atinge seu comprimento máximo, as células do colar param de se dividir. No azevém anual, esta região é estreita, sem pêlos e

verde-amarelada a esbranquiçada. A lígula, de 1 a 4 mm, é membranosa. As aurículas são estreitas e sem pelos (Hannaway et al., 1999).

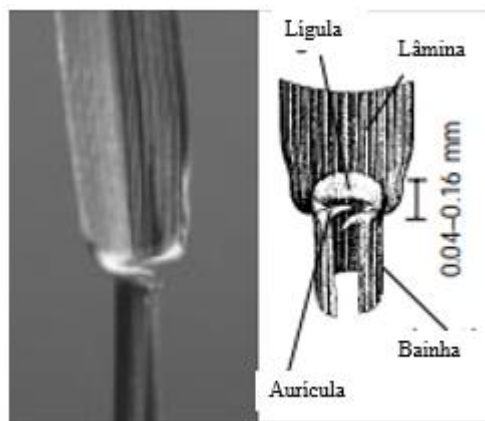


Figura 5. Estruturas foliares do azevém (Adaptado de Hannaway et al., 1999).

8. Relações hídricas

Uma estratégia para reduzir a frequência de irrigação é realizar adubação em conjunto com a irrigação como mostrado por Abraha et al. (2015), que conseguiu manter a produtividade mesmo reduzindo a irrigação pela metade somente realizando adubação em conjunto com a irrigação (fertirrigação).

9. Solos, nutrição e micorrizas

A nutrição mineral é muito importante para a cultura, porém, há grande variação nas concentrações dos nutrientes entre os cultivares, como vemos na Tabela 1.

Tabela 1. Concentração de nutrientes nas plantas de azevém (Adaptado de Beddows 1973).

N	K	Ca	P	Mg	Na
2 - 6%	1,2 - 4,5%	0,5 - 0,9%	0,21 - 0,41%	0,08 - 0,36%	0,009 - 0,14%

Concentração dos principais nutrientes para a cultura de acordo com sua fração na planta dividida entre espiga, folha e caule, como podemos ver na Tabela 2, há variação nas concentrações dos nutrientes de acordo com a fração da planta analisadas.

Tabela 2. Teor de nutrientes em diferentes partes da planta: espiga, folhas e caule (Adaptado de Fleming).

Nutriente	Espiga	Folha	Caule	unidade
N	2,2	2,1	0,8	%
Cl	0,31	0,43	0,48	%
P	0,42	0,32	0,27	%
Ca	0,23	0,87	0,3	%
Mg	0,13	0,17	0,009	%
Fe	63	148	27	ppm
Mn	57	65	69	ppm
Zn	18	8	7	ppm
Cu	3-9	43	18	ppm
Mo	0-23	0-41	0-10	ppm
Co	0-0,4	0-0,5	0-0,2	ppm

O azevém adapta-se a quase todos os tipos de solo, preferindo os de textura média. Em solos baixos e ligeiramente úmidos, desenvolve-se melhor do que em solos altos e secos. Tolerância à umidade, mas não resiste ao encharcamento. As raízes são superficiais (5 a 15 cm) e, por isso, sensíveis à seca (Fontanelli et al., 2012).

De acordo com Gonçalves (2017), as exigências nutricionais no azevém em sistemas convencionais, são atendidas com maior frequência com a aplicação do calcário e adubos químicos solúveis. Os adubos NPK são utilizados na base e a ureia é utilizada como cobertura no perfilhamento e após cada utilização da pastagem, a acidez do solo é normalmente corrigida com a utilização do calcário, objetivando atingir o pH entre 5,5 e 6,0 em água, recomendado pela (CQFS, 2004).

Pesquisas demonstraram que *L. multiflorum* possui relações com pelo menos duas espécies de fungos endotróficos formadores de micorrizas, da classe dos ficomicetos (Beddows, 1973). As rizobactérias e as bactérias promotoras do crescimento vegetal promovem o desenvolvimento através do aumento da absorção e assimilação de minerais, em especial nitrogênio, bem como através da produção direta de hormônios vegetais ou efeitos indiretos na produção desses hormônios. Assim, a inoculação de gramíneas com bactérias pode resultar no aumento da produção de matéria seca da parte aérea. Para plantas perenes de azevém, a produção de matéria seca da parte aérea e especialmente da raiz, foi aumentada

pela inoculação de plantas com uma rizobactéria promotora do crescimento. Portanto, a aplicação de bactérias promotoras de crescimento pode aumentar a produção de matéria seca da pastagem (Zaman et al., 2016).

Alguns fungos micorrízicos arbusculares (AMF) e fungos endofíticos (EPF) podem aumentar o crescimento da planta por meio do aumento da absorção e/ou assimilação de minerais em especial de fósforo. Esses fungos também podem produzir hormônios vegetais diretamente ou indiretamente, influenciando na produção hormonal. Algumas espécies destes fungos podem ser patogênicos para as plantas. Plantas de azevém são frequentemente associadas a fungos endofíticos, como *Neotyphodium* spp, o que leva ao aumento da absorção de fósforo e aumento da tolerância ao estresse biótico e abiótico. O aumento na tolerância ao estresse é provavelmente atribuído à capacidade do fungo de produzir hormônios, como ácido abscísico, ácido salicílico e jasmônico (Zaman et al., 2016).

Trabalhos demonstraram que *L. multiflorum* possui relações com pelo menos duas espécies de fungos endotróficos formadores de micorrizas da classe dos ficomicetos (Beddows et al., 1973).

10. Fotossíntese

A taxa fotossintética líquida de folhas individuais aumenta com intensidade de luz, até um valor máximo de cerca de $20 \text{ mg CO}_2\text{dm}^{-2}.\text{h}^{-1}$, em uma saturação de luz nível de 20.000-30.000 lux, A fotossíntese líquida mostra uma curva de resposta de topo plano à temperatura, com valores ótimos entre 15 e 20°C, porém, ocorre um declínio na fotossíntese líquida quando a umidade do solo baixa para níveis abaixo de 30% e cessa abaixo de 10% (Beddows, 1973). O azevém é uma gramínea com metabolismo fotossintético C3 (Soriano et al., 1991), ou seja, não possui adaptações para evitar a fotorrespiração.

Gifford (1972), mostra que em uma prática recorrente na cultura, que é o corte da parte aérea, a espécie tem estratégias para contornar estas perdas e compensar a fotossíntese. Em geral, os resultados mostram que o estresse imposto pela desfolha é compensado de maneira eficiente pela rápida reorganização da economia de carbono na planta. O aumento na taxa de fotossíntese pelas folhas remanescentes, e a proporção de assimilado exportado das folhas mais velhas, e a mudança do padrão de distribuição, permitem que os perfilhos recebam o máximo apoio da parte intacta da parte aérea. Além disso, os resultados enfatizam a importância do equilíbrio fonte-dreno na organização fisiológica da planta.

11. Florescimento e frutificação

Oliveira et al. (2019), consideram que a espécie apresenta capacidade de ressemeadura natural, o que também contribui para a disseminação da espécie, dispensando a aquisição de sementes todos os anos, favorecendo o produtor. Isso se deve ao fato de que após a maturação fisiológica, ocorre abscisão das sementes, que caem no solo iniciando o processo de germinação no final do verão (Romam et al., 2010).

Em inflorescência na qual as espigas estão ligadas diretamente à raque, espiguetas são a unidade da inflorescência de gramíneas, geralmente composta por duas glumas e uma ou mais flores, cada uma suportada entre uma lema e a palea. As espiguetas do azevém possuem 8 a 30 mm de comprimento, excluindo arestas, e contém 10 a 20 flores. As flores têm entre 6 a 10 mm e estão presas à ráquila.

Segundo Haviilah, a hibridação na espécie, com a duplicação dos cromossomos em variedades diploides normais, gera variedades tetraploides. Os tetraploides têm açúcares mais altos, maior digestibilidade, tamanho maior de folhas e sementes, além de perfilhos menores, porém maiores do que as variedades diploides. Os perfilhos são mais abertos e menos competitivos com as leguminosas e também são preferencialmente pastados. No entanto, os diploides geralmente crescem melhor, são mais tolerantes ao pastejo e desenvolvem mais rapidamente, proporcionando mais pastagens.



Figura 6. Detalhes da inflorescência de azevém (Adaptado de Hannaway et al., 1999).

12. Zoneamento agroclimático e adaptações ao meio ambiente

No Brasil não há zoneamento climático para a espécie segundo Ávila (2013), a espécie adapta-se a diversos tipos de solos.

A semeadura deve ser realizada no outono, preferencialmente de março a maio, podendo ser a lanço ou em linhas, com profundidade máxima de 2 cm. A temperatura ótima situa-se em torno dos 20°C, paralisando o crescimento em temperaturas menores de 5°C.

13. Estratégia para altas produções

Segundo Yolcu et al. (2011), a utilização de esterco e fontes alternativas orgânicas de fertilizantes, pode elevar a produtividade do *Lolium multiflorum*, como observou em seu experimento, que foi conduzido a campo sob condições semiáridas para investigar o efeito de esterco bovino (20 e 40 t ha⁻¹), zeólita (250, 500 e 750 kg ha⁻¹) e leonardita (250, 500 e 750 kg ha⁻¹), na produtividade de feno e na qualidade de nutrientes do azevém anual. A aplicação de esterco, leonardita e zeólita aumentou a produção de feno de azevém em 4, 24 e 47%, respectivamente, em comparação com o controle. Em todos os níveis de fertilizantes, o teor de proteína bruta foi maior que o controle e aumentou à medida que o nível de cada fertilizante foi aumentado, o aumento da proteína bruta melhora a qualidade do produto, pois esta proteína gera ganho de peso ou de produtividade para os animais. Segundo Gonçalves (2017), a aplicação de esterco na adubação de base e de ureia em cobertura, promoveram maiores produções de matéria seca, maior acúmulo de N e maior rendimento de grãos, que podemos verificar nas Figuras seguintes.

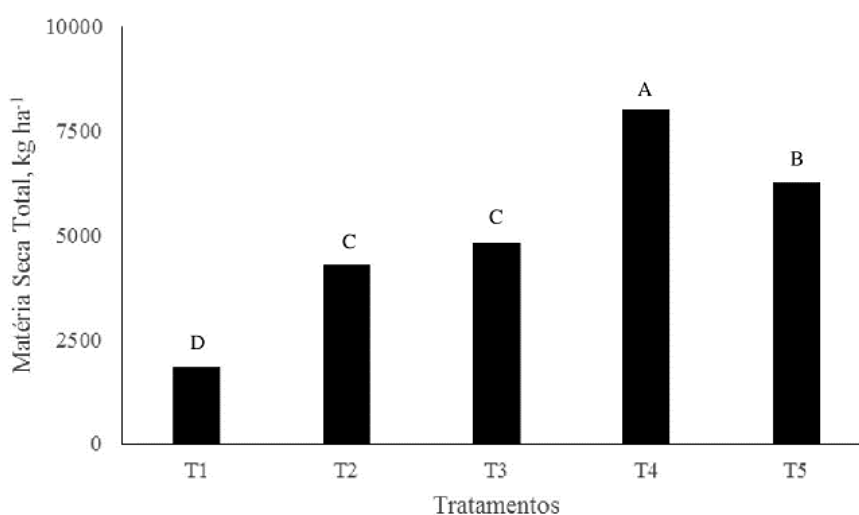


Figura 7. Produção de matéria seca total em função dos tratamentos utilizados: T1: testemunha; T2: esterco; T3: esterco e pó de rocha; T4: esterco e ureia; T5: adubação química. Médias seguidas na coluna preta e pela mesma letra minúscula na coluna listrada não diferem entre si pelo teste de Duncan (5%), (Adaptado de Gonçalves, 2017).

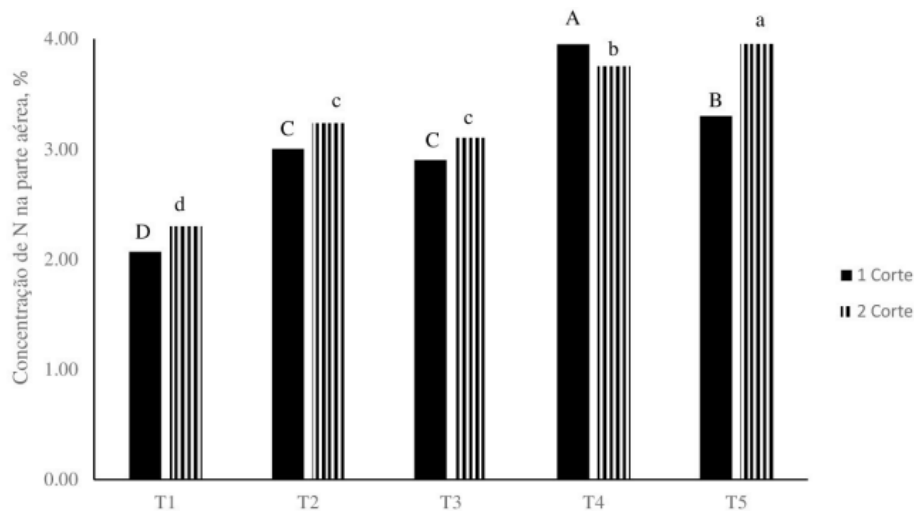


Figura 8. Concentração de N na parte aérea em função dos tratamentos utilizados: T1: testemunha; T2: esterco; T3: esterco e pó de rocha; T4: esterco e ureia; T5: adubação química. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna preta e pela mesma letra minúscula na coluna listrada não diferem entre si pelo teste de Duncan (5%), (Adaptado de Gonçalves, 2017).

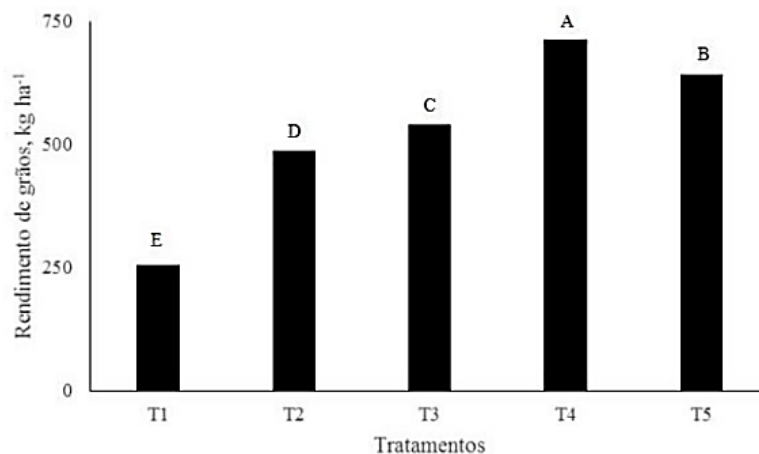


Figura 9. Rendimento de grãos de azevém em função dos tratamentos utilizados: T1: testemunha; T2: esterco; T3: esterco e pó de rocha; T4: esterco e ureia; T5: adubação química. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna preta e pela mesma letra minúscula na coluna listrada não diferem entre si pelo teste de Duncan (5%), (Adaptado de Gonçalves, 2017).

14. Efeito de reguladores vegetais

O uso de reguladores vegetais visa aperfeiçoar e potencializar o desempenho da cultura, gerando consequentemente aumentos na sua produtividade. Segundo Betha (2021), mesmo em condições de estresse o uso de giberelina na planta promoveu um melhor desenvolvimento da cultura nas diferentes doses aplicadas como vemos na Figura 9.

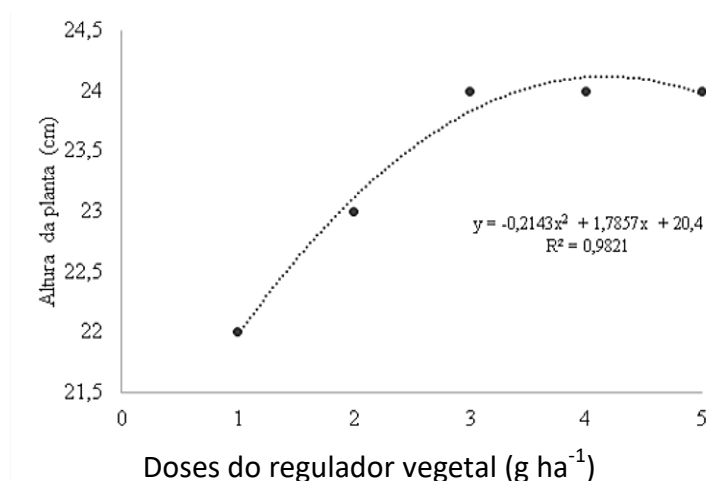


Figura 9. Curva dose/resposta à aplicação de giberelina em azevém (Adaptado de Betha, 2021).

Ácido abscísico (ABA) e paclobutrazol inibem a germinação as sementes de azevém e fluridone a estimula, mas as plântulas resultantes são albinas e incapazes de continuar seu desenvolvimento. KNO₃ estimula a germinação na maioria dos casos e anula parcialmente os efeitos inibitórios de ABA (Schaeffer, 2020).

O aumento na biossíntese de giberelinas (GAs) no crescimento ativo é responsável pela promoção da germinação de sementes, expansão foliar e alongamento dos entrenós do caule. A aplicação de giberelinas pode resgatar plantas anãs que são deficientes na biossíntese de GAs. Quando aplicadas também podem promover o crescimento de brotos de genótipos normais de plantas cultivadas em ambientes controlados e também em condições de campo. Giberelinas ativas também podem regular a mobilização de açúcar para o crescimento foliar após pastejo. A aplicação de retardadores de crescimento que inibem a biossíntese de GAs e reduzem o crescimento das brotações, podem promover a produção de sementes, e estão sendo atualmente usados comercialmente. Finalmente, a aplicação de giberelina em pastagens da Nova Zelândia rendeu até 40% de aumento na produção de matéria seca da parte aérea, e quando co-aplicada com ureia, o aumento obtido foi de até 45%, em relação à aplicação de ureia isoladamente (Zaman et al., 2016).

As auxinas regulam o desenvolvimento dos perfilhos com níveis supra ótimos diminuindo ou aumentando o perfilhamento. Além disso, as auxinas aplicadas podem prevenir a abscisão das sementes e aumentar a tolerância ao estresse térmico. No entanto, o principal uso de auxinas (aplicadas em níveis baixos para não afetar o crescimento da parte aérea), pode estar na promoção do desenvolvimento da raiz e na estimulação da biossíntese endógena de GAs nos tecidos da parte aérea (Zaman et al., 2016).

As citocininas são responsáveis pela divisão celular e desenvolvimento radicular, entre outros processos. Foi demonstrado que a citocinina ativa o crescimento foliar em plantas anuais de azevém, mas ao custo da inibição do desenvolvimento radicular (Zaman et al., 2016).

Os brassinosteroides (BRs), provavelmente por meio de sua interação com auxinas e giberelinas, podem estar envolvidos na regulação do perfilhamento. No entanto, seu efeito provavelmente será indireto, por meio de uma interação com auxinas e/ou giberelinas. Infelizmente, o uso de BRs provavelmente não será economicamente viável devido aos seus altos custos. Se os custos da síntese de brassinosteroides forem reduzidos, há um uso potencial para brassinosteroides na melhoria da produção de matéria seca de pastagens de plantas estressadas abioticamente. Por exemplo, a aplicação de brassinosteroides aumentará a tolerância ao estresse térmico em várias espécies de plantas, por meio de um aumento induzido por eles na produção de ácido abscísico (Zaman et al., 2016).

O estresse hídrico aumenta os níveis de ácido abscísico endógeno e esse aumento ativa a expressão de CBF, que então incrementa a tolerância à seca. Embora a superexpressão de genes biossintéticos de ABA leve ao aumento da tolerância à seca em várias espécies, o constitutivo aumento no teor de ácido abscísico pode suprimir a germinação das sementes, como foi demonstrado para azevém. Portanto, apenas aplicações de ácido abscísico antes ou no início do estresse por seca (ou calor) podem aumentar a tolerância da planta à seca, levando assim a um aumento na produção de matéria seca da parte aérea da pastagem (Zaman et al., 2016).

O etileno, embora crítico para o crescimento e desenvolvimento da planta em doses baixas, inibe o crescimento em doses mais altas. O etileno é frequentemente produzido em resposta a estresses mecânicos e outros estresses bióticos e abióticos. A aplicação de inibidores biossintéticos de etileno, como aminoetoxivinilglicina, pode melhorar o rendimento de sementes de azevém e/ou produção de matéria seca de pastagem para plantas submetidas a estresses mecânicos, como pastejo ou vento forte, mas seu custo pode não ser economicamente viável (Zaman et al., 2016).

Os extratos de algas marinhas são usados comercialmente para promover o crescimento de várias espécies de plantas. O efeito promotor do crescimento dos extratos de algas marinhas é supostamente devido aos minerais assimilados e aos hormônios vegetais presentes na época da colheita da alga. Portanto, pode ser usado em pastagens forrageiras para aumentos de rendimento. No entanto, seu efeito na produção de matéria seca do pasto pode

variar, dependendo das concentrações dos minerais assimilados e hormônios vegetais produzidos (Zaman et al., 2016).

Referências

ABRAHA, A.B. et al. Forage yield and quality response of annual ryegrass (*Lolium multiflorum*) to different water and nitrogen levels. **African Journal of Range & Forage Science**, v. 32, n. 2, p. 125-131, 2015.

ALBERDA, T.H. The effects of cutting, light intensity and night temperature on growth and soluble carbohydrate content of *Lolium perenne*. **Plant and Soil**, v. 8, n. 3, 1957, p. 199-230. 2023.

ÁVILA, M.R. Efeito da adubação nitrogenada e sobressemeadura de azevém anual em campo nativo no aporte de biomassa morta, solo descoberto, altura e proporção de material verde e morto da vegetação. In: SIMPÓSIO DE SUSTENTABILIDADE E CIÊNCIA ANIMAL, 3, 2013, São Paulo. **Anais...**

BEDDOWS, A.R. *Lolium multiflorum* Lam. **Journal of Ecology**, v. 61, n. 2, 1973, p. 587-600.

CARO, J.A.; SANCHEZ, E.; ELISETCH, M. Las espécies de *Lolium* (gramineae) de la flora argentina. **Dominguezia**, Buenos Aires, abr. 1978. Disponível em <<https://dominguezia.org/volumen/articulos/0111.pdf>>. Acesso em: 10 jul. 2023.

DALLA-BETHA, T.V.; TRAVI, M.R.L. Produtividade e qualidade da pastagem de azevém (*Lolium multiflorum* Lam) sob uso de regulador de crescimento vegetal. **Anais de Agronomia**, v. 2, n. 1, p. 142-165, 2022. Disponível em: <<https://uceff.edu.br/anais/index.php/agronomia/article/view/322>>. Acesso em: 10 jul. 2023.

DEREGIBUS, V.A. et al. Evidence that heavy grazing may promote the germination of *Lolium multiflorum* seeds via phytochrome-mediated perception of high red/far-red ratios. **Functional Ecology**, v. 8, p. 536-542, 1994.

FENG, Q. et al. Comparative physiological and metabolic analyzes of two Italian ryegrass (*Lolium multiflorum*) cultivars with contrasting salinity tolerance. **Physiologia Plantarum**, v. 172, p. 1688-1699, 2021.

FONTANELI, R.S. et al. Gramíneas forrageiras anuais de inverno. In: FONTANELI, R.S.; SANTOS, H.P.; FONTANELLI, R.S. (Ed.). **Forrageiras para integração lavoura-pecuária-floresta na região sul-brasileira**. 2. ed. Passo Fundo: EMBRAPA Trigo, 2012. p. 127-172. Disponível em: <<http://www.cnpt.EMBRAPA.br/biblio/li/li01-forrageiras/cap4.pdf>>. Acesso em: 15 maio 2023.

GUNDEL, P.E. et al. Effects of the *Neotyphodium* endophyte fungus on dormancy and germination rate of *Lolium multiflorum* seeds. **Austral Ecology**, v. 31, p. 767-775, 2006.

HANNAWAY, D.B. et al. **Annual ryegrass (*Lolium Multiflorum* Lam.)**. Oregon State University Extension Service, Washington State University Cooperative Extension, University of Idaho Cooperative Extension Service, 1999.

IHARA; **Ficha técnica azevém**. 2021, Disponível em: <<https://ihara.com.br/wp-content/uploads/sites/96/2021/03/ficha-tecnica-azevem-ihara.pdf>>, Acesso em: 15 maio 2023.

OLIVEIRA, A.P.T. et al. Características e utilização do azevém (*Lolium multiflorum* L.) na alimentação de ruminantes: revisão de literatura. **Revista Científica Rural**, Bagé, v. 21, n. 3, p. 347-368, 2019.

REFLORA. *Lolium*. In: JARDIM BOTÂNICO DO RIO DE JANEIRO. **Flora e fungos do Brasil**. Disponível em: <<https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB116988>>. Acesso em: 14 maio 2023.

RODRIGUEZ, A.M.; JACOBO, E.J.; DEREGIBUS, V.A. Germination behaviour of italian ryegrass in flooding pampa rangelands. **Seed Science Research**, n. 8, p. 521-528, 1998.

ROMAN, J. et al. Características produtivas e perdas de forragem em pastagem de azevém com diferentes massas de forragem. **Revista Brasileira Agrociência**, v.16, n.1/4, p.109-115, 2010.

SCHAEFFER, A.H. **Estratégias para depleção do banco de sementes de azevém do solo**. 2020. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2020.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos (métodos químicos e biológicos)**. 3. ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2009. 235 p.

YOLCU, H. et al. Application of cattle manure, zeolite and leonardite improves hay yield and quality of annual ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.) under semiarid conditions. **Australian Journal of Crop Science**, v. 5, p. 926-931.

ZAMAN, M. et al. Evaluating the use of plant hormones and biostimulators in forage pastures to enhance shoot dry biomass production by perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.). **Journal of Science Food and Agriculture**, v. 96, p. 715-726, 2016.

AZALEIA



AZALEIA (*Rhododendron* sp.)

Thaís Akemi Sillmann

1. Origem e distribuição geográfica

São várias as formas e adaptabilidade das azaleias devido ao grande número de espécies e híbridos existentes, originando mais de dez mil exemplares cultiváveis. Essa gama de espécies oferece muitas possibilidades na paisagem, pois engloba desde plantas anãs a grandes arbustos, com flores de diversas colorações e épocas de florescimento. As diferentes espécies podem ser divididas entre dois grupos, as espécies decíduas, que perdem as folhas

durante os meses mais frios e secos do ano, e as espécies perenes, que mantêm as folhas durante todo o ano (Lorenzi; Souza, 1999).

As espécies perenes são as mais importantes e são originárias do leste da Ásia: no Japão, China, Coreia, Vietnã, Taiwan e Filipinas. No Brasil, a espécie mais cultivada é a *Rhododendron simsii* Planch, nativa de regiões temperadas do sul e centro da China, leste de Taiwan, Myanmar e Tailândia, conhecida como azaleia e azaleia-belga (Galle, 1995). É um híbrido natural desenvolvido por seleção de outras espécies, mas principalmente da *R. indicum* Sweet, originária do Japão, conhecida como ‘Satsuki’ (Lorenzi; Souza, 1999).

Já a maioria das espécies decíduas são nativas da América do Norte, dos Estados Unidos e Canadá, e assim como muitas espécies perenes, foram introduzidas na Europa, lugar em que muitos híbridos foram selecionados e distribuídos para outros continentes. A azaleia é amplamente utilizada em jardins, vasos e bordaduras, devido a sua floração decorativa, que varia em cor e forma, suportando clima mediterrâneo, subtropical e temperado. E se destaca como importante planta ornamental na Ásia, América do Norte e Europa Ocidental (Galle, 1995; Lorenzi; Souza, 1999).

2. Classificação botânica

A família Ericaceae compreende 124 gêneros e mais de 4000 espécies, incluindo, além das azaleias, espécies como mirtilo e cranberry. São distribuídos amplamente, com exceção dos desertos. Nos trópicos são relacionados a altitudes elevadas e climas amenos, encontrados geralmente em solos ácidos e em associação com micorrizas (Julio, 2013).

Segundo A. Engler e A. Cronquist, a azaleia apresenta a classificação botânica conforme a Tabela 1.

Tabela 1. Classificação botânica da Azaleia segundo Engler e Cronquist.

	Engler	Cronquist
Divisão	Angiospermae	Magnoliophyta
Classe	Dicotyledoneae	Magnoliopsida
Subclasse	Asteridae	Dilleniidae
Ordem	Ericales	Ericales
Família	Ericaceae	Ericaceae
Gênero	<i>Rhododendron</i>	<i>Rhododendron</i>

A complexidade de classificação, devido a algumas semelhanças e elementos de difícil distinção, entre os gêneros *Rhododendron* e *Azalea*, fez com que os botânicos transferissem todas as espécies para o mesmo gênero *Rhododendron*. Portanto, todas as azaleias são *Rhododendron*, mas nem todos os *Rhododendron* são azaleias (Julio, 2013).

O gênero *Rhododendron* é o maior da família, com mais de 1000 espécies, organizadas em 8 subgêneros: *Rhododendron*, *Pseudoazalea*, *Hymenanthus*, *Pentanthera*, *Tsutsutsi*, *Rhodorastrum*, *Azaleastrum* e *Pseudorastrum*. A espécie *R. Simsii* faz parte do subgênero *Tsutsutsi* (Galle, 1995).

Mais recentemente, Goetsch et al. (2005) propuseram a classificação em 5 subgêneros, baseado em uma pesquisa filogenética, sendo *Rhododendron*, *Hymenanthus*, *Azaleastrum*, *Choniastrum* e *Therorhodion*. Nesse caso, a espécie *R. Simsii* se encontra no subgênero *Azaleastrum*.

3. Morfologia e anatomia

A azaleia é uma planta perene de porte arbustiva e muito florífera, que possui variações em tamanhos e diferentes características de folhas e flores. Galle (1995) descreveu as variações morfológicas das espécies de azaleias em seu livro, e, resumidamente, pode-se dizer que as espécies decíduas possuem de 4 a 6 m e é possível encontrar também espécies silvestres com mais de 7 m, essas espécies são mais abertas, com ramificações mais livres. As espécies perenes abrangem arbustos com menos de 1 até 3 m, essas são, normalmente, densamente ramificadas.

As folhas das azaleias possuem grande variedade, em formato, tamanho, cor, arranjo, e presença de estruturas, como tricomas, sendo as diferenças morfológicas existentes chaves para ajudar a identificar espécies e a derivação parental de híbrido (Galle, 1995). É comum dizer que as folhas das espécies perenes possuem de 2 a 5 cm e são verde escuras, enquanto as folhas das espécies decíduas possuem de 7 a 10 cm e são verde claras. Atualmente, existem híbridos com coloração variegada, com único objetivo de serem ornamentais. As formas variam de oval, lanceolada, oblanceoladas, e algumas redondas e oblongas. E podem ser arrançadas em padrão alternado ou em espiral (Galle, 1995).

As flores também têm grande variação de forma, cor e tamanho. Porém, uma flor típica de azaleia é actinomorfa, bissexual, possui uma corola gamopétala com 5 pétalas, 5 sépalas livres de coloração verde, estames em números múltiplos de 5, livres, com abertura da antera em poro e gineceu sincárpico, com 5 lóculos no ovário. O fruto é do tipo cápsula com sementes pequenas e numerosas, sendo as espécies perenes não aladas e as espécies decíduas

aladas. A espécie *R. simsii* é descrita como um arbusto lenhoso, ramificado, com folhas elípticas e longas, coriáceas, aglomeradas na extremidade e permanentes, muito florífero, com alturas que variam de 1 a 2 m (Lorenzi; Souza, 1995).

4. Germinação e propagação

As espécies de azaleia podem ser multiplicadas de maneiras diferentes, tanto sexuada quanto assexuadamente. Para a maioria das espécies, a reprodução por sementes é desejável, principalmente, visando a hibridização. Comercialmente, é mais comum que as plantas sejam propagadas vegetativamente, pois são desejadas plantas com características genéticas similares (Galle, 1995).

A germinação é feita em bandejas, com substrato de qualidade e esterilizado, é recomendada a utilização de esfagno, que é moderadamente ácido e possui os nutrientes necessários para manter a fase de plântula. Esta emerge entre 2 a 4 semanas após o plantio, e quando o segundo par de folhas surge pode ser feito o transplântio para canteiros ou vaso individual (Galle, 1995).

Nas espécies decíduas é possível utilizar o método de mergulhia ou alporquia, embora demande mais tempo para o estabelecimento da planta. Porém, é mais comum para espécies perenes e decíduas a propagação por estaquia, devido a facilidade de propagação de muitas plantas a partir de uma planta matriz, em pouco tempo e com baixo custo. A estaquia é um método de propagação simples, em que são retiradas da planta matriz partes como hastes, folhas e raízes, baseando-se na capacidade de regeneração dos tecidos. Na estaquia de azaleias, são utilizadas hastes de brotações novas e semi-lenhosas, preferencialmente, por ser mais fácil manter a turgidez das estacas (Carvalho et al., 2002; Feliciano et al., 2017).

A formação de raízes, muitas vezes, é dificultada, por isso, alguns fatores devem ser considerados para o enraizamento. É importante que a planta seja vigorosa, livre de patógenos e pragas, bem nutrida e com idade conhecida, sendo recomendado o uso de plantas mais jovens. Fatores ambientais como temperatura, luz, umidade e substrato, também são importantes para garantir o enraizamento, assim como, a utilização de reguladores vegetais, que são essenciais para acelerar e uniformizar o processo, bem como melhorar o enraizamento das estacas (Julio, 2013).

Novos estudos estão sendo feitos para determinar recomendações específicas para a produção de azaleia. Carvalho et al. (2002), observaram ser possível obter o enraizamento da espécie *R. simsii* mesmo sem o fitorregulador ácido naftalenacético (NAA), pois seu uso não resultou em melhoria significativa na formação de estacas de azaleia. Já Castro et al. (2016),

observaram que para a espécie *R. simsii* a melhor concentração de ácido indolbutírico (IBA) foi de 500 mg L⁻¹ e o melhor tipo de estaca foi a apical com seis folhas inteiras.

Ferriani (2006), também observou na espécie *R. thomsonii* que somente a utilização de IBA não foi suficiente para promover o enraizamento de estacas, pois além das concentrações de auxinas e de outros cofatores, o enraizamento depende de características anatômicas de cada espécie, como, por exemplo, a presença de fibras esclereides no floema primário do caule da estaca, que inibe a emissão dos primórdios radiculares.

Yamashita e Okamoto (2008), verificaram que a época em que se faz o enraizamento das estacas também influencia no resultado, para estacas de *Kurume azalea* 'Chikushibeni' o tratamento com NAA não teve efeito no verão, quando não foi possível o enraizamento, sendo os melhores resultados foram obtidos entre o inverno e primavera, determinando que possivelmente para essa espécie, a variação sazonal seja o fator de maior determinação do potencial de enraizamento.

No experimento de Nawrocka-Grześkowiak e Grześkowiak (2003), foi possível observar que, independentemente do grupo a que a espécie pertence, quanto maior a lignificação da estaca ou quando são cortadas muito precocemente, menor o enraizamento ou não enraízam. Além disso, o melhor momento observado para colher as estacas foi entre pleno florescimento até o final do florescimento.

5. Desenvolvimento de raízes

As raízes de uma planta adulta não são muito extensas, e, geralmente, apresentam um eixo principal que afunila rapidamente, também desenvolve quase igualmente eixos laterais, todos possuem massa de raiz fibrosa extremamente fina, que formam um emaranhado sistema fechado, o qual não consegue penetrar profundamente no solo (Baron, 1931).

6. Desenvolvimento do caule

As azaleias possuem caule ereto ou prostrado, cilíndrico, e com a base foliar preferencialmente proeminente. A produção de casca acontece cedo, normalmente, no primeiro ano de crescimento, sendo diferente entre as espécies, podendo ser lisa, sulcada ou áspera (Baron, 1931).

Dias longos e noites curtas promovem o crescimento vegetativo das azaleias. Após a completa formação de uma haste, gemas vegetativas são formadas na extremidade. Em algumas espécies as gemas são misturadas combinando haste, folhas e flores rudimentares, então é possível que essas gemas terminais também possam produzir flores (Galle, 1995).

7. Desenvolvimento das folhas

A maior divisão das azaleias ocorre em função da persistência das folhas. As espécies decíduas perdem as folhas no outono-inverno e produzem novas folhas na primavera. Já as espécies perenes não perdem as folhas, mas as possuem de dois tipos, denominadas folhas de primavera e folhas de verão. As folhas de primavera aparecem no florescimento, são mais finas, mais claras, e um pouco maiores do que as de verão, normalmente, se espalham por todo o galho, e se mantem por pouco tempo, ficando amarelas e caindo no outono. As folhas de verão aparecem durante o verão, são pequenas, escuras, grossas e mais coriáceas, ficam aglomeradas na ponta do galho e são persistentes (Galle, 1995).

8. Desenvolvimento das flores

As flores de azaleia são pentâmeras e apresentam forma de funil. A pétala, contada como número um, é a que apresenta um padrão de manchas, após essa são contadas as outras, sendo a abertura da corola entre a terceira e quarta pétalas. Porém, essa configuração pode ser diferente entre as espécies e pode ser alterada na hibridização (Galle, 1995).

São encontradas formas como: a flor única, pentâmera, com 5 ou 10 estames e um único pistilo; a flor dobrada com cálice verde, resultado da metamorfose completa ou quase completa dos estames em pétalas; a flor semi-dobrada resultado da metamorfose de apenas alguns estames; e a flor *hose in hose* que desenvolve o cálice como pétalas, podendo manter como flor única, dobrada ou semidobrada (Galle, 1995).

Há também uma grande diversidade de tamanhos entre as espécies, mas pode-se dizer que o diâmetro da flor aumenta com o aumento do diâmetro da haste e o diâmetro diminui quanto maior o tempo que a planta permanece em florescimento, sendo assim são encontradas desde flores muito pequenas como na *R. schonoskii* até com 12 cm nos novos cultivares (Galle, 1995).

O número produzido de flores também varia entre as espécies, pois as gemas florais podem produzir uma única flor, um agrupamento de flores, ou uma umbela racemosa, com mais de 20 flores. Características como idade, época do ano, ambiente e vigor da planta também influenciam o número de flores (Galle, 1995).

A coloração também se altera e é, muitas vezes, uma forma de criar variedades. As novas cores podem surgir pela síntese de um novo pigmento ou podem ser causadas por uma alteração nas antocianinas ou nos flavanoides. Os híbridos da espécie *R. simsii*, normalmente, variam de branco, rosa, vermelho rosado, laranja, escarlata a magenta e violeta (De Loose, 1969).

Os padrões de cores também variam e a flor pode ter uma única cor; ou uma mancha mais acentuada na pétala um, que pode se estender até as pétalas laterais; listradas com uma cor principal e faixas com outra cor; e com uma coloração diferente marginalmente (Galle, 1995).

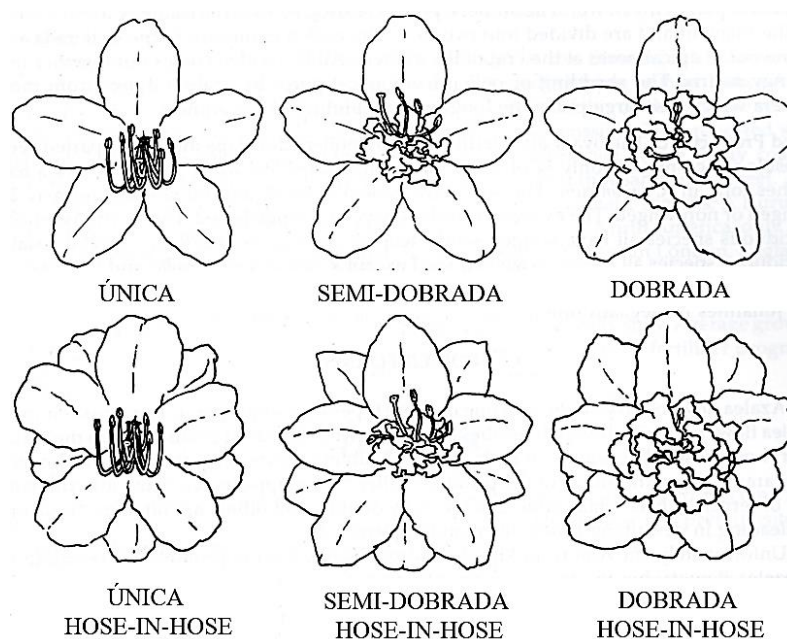


Figura 1. Representação dos tipos de flores de azaleia (Adaptado de Galle, 1995).

9. Efeitos dos fatores ecológicos

9.1 Temperatura

As azaleias são adaptadas a climas mais amenos. De acordo com o Plant Hardiness Zone Map, escala americana utilizada para definir a resistência de plantas a baixas temperaturas, muitas espécies e híbridos de azaleias podem suportar bem baixas temperaturas, chegando a até temperaturas de -20°C . A espécie *R. simsii*, cultivada no Brasil, está adaptada a climas mais quentes, mesmo assim, ainda pode suportar temperaturas de até -10°C . Porém, as baixas temperaturas podem resultar em injúrias, principalmente nas flores (Galle, 1995).

9.2 Radiação

Apresentam boa vegetação quando cultivadas a pleno sol, pois necessitam de bastante luminosidade. Porém, em ambientes de meia-sombra, com pelo menos 4h de sol, também se desenvolvem bem (Relf et al., 2015).

9.3 Vento

A azaleia é sensível aos ventos, e seu florescimento é prejudicado em áreas expostas, sendo comum a queima de folhas ou rachadura nas cascas das hastes. As plantas devem ser protegidas, declives e construções são boas barreiras, podem ser utilizados também quebra-ventos com a composição de árvores (Relf et al., 2015).

10. Relações hídricas

Segundo Nilsen (2019), a maioria das espécies do gênero *Rhododendron* tem estômatos apenas na face abaxial da folha, ou seja, são hipostomáticas. As espécies perenes têm baixo potencial de transpiração e maior conservação de água, o que pode ser explicado pelo tamanho do estômato ser menor, pela interferência de pelos e escamas da epiderme, traços anatômicos ou a interação de um ou todos esses processos.

A baixa transpiração permite que essas espécies sejam tolerantes à seca, mas devido à anatomia vascular e seus efeitos no fluxo hídrico, as espécies se tornam restritas a ambientes úmidos. Isso ocorre devido aos vasos serem mais estreitos, o que aumenta a resistência do fluxo de água, restringindo a quantidade de água transportada para as folhas. Devido a isso, o conteúdo de água na folha pode diminuir rapidamente na ocorrência de muita transpiração, provocando estresse. Por isso, essas espécies têm características de baixas taxas de transpiração, fechamento estomático no início do dia e componentes de conservação de água nas folhas, quando crescem em ambientes com alta demanda evaporativa.

Os vasos estreitos, também podem causar tensão quando a demanda evaporativa é maior do que a capacidade de fluxo de água no caule podendo criar embolias, que podem bloquear o fluxo de água, causando a morte do tecido. Assim, a transpiração foliar deve ser mantida relativamente baixa para garantir a sobrevivência da planta.

11. Solos, nutrição e micorrizas

O solo deve ser cuidadosamente preparado para o cultivo das azaleias, pois essas possuem raízes delicadas e por isso são incapazes de penetrar em solos compactados e com pedras, além disso, apodrecem facilmente, devido a isso preferem solos bem drenados (Relf et al., 2015).

São comumente encontradas em solos ácidos, sendo o pH recomendado na faixa entre 4,5 e 6,0. Nesses solos, a concentração de nutrientes é relativamente menor, e elementos como alumínio e manganês, que são tóxicos, ficam mais disponíveis. Por isso, as azaleias têm baixa necessidade de nutrição e resistência a níveis altos de elementos tóxicos (Galle, 1995).

A exigência nutricional de azaleias baseia-se em três fatores, recomendados para todas as plantas desse grupo, primeiro, são adaptadas a solos ácidos; segundo, aplicações moderadas e altas de fertilizantes provocam injúrias nas plantas; e terceiro, possuem necessidades de nutrição baixas, comparadas com outras espécies (Galle, 1995).

A fertilização com N-P-K deve ser em níveis baixos a moderado, sempre de acordo com a análise do solo, e evitando produtos que aumentem o pH do solo. Para nitrogênio, o íon amônio é a forma mais disponível em solos ácidos, e é preferencialmente mais absorvido nessas espécies, por isso não se recomenda aplicação de nitratos e fertilizantes nitrogenados alcalinos. Para fósforo, é recomendado o uso de superfosfato ou sulfato de cálcio. E para potássio, é recomendado o cloreto de potássio (Galle, 1995).

As associações com micorrizas ajudam as azaleias a sobreviver em solos ácidos. A família Ericaceae possui micorrizas especiais, chamadas de micorrizas ericóides, que são endomicorrizas com micélios que se estendem até a superfície do solo, por isso são capazes de rapidamente absorver os nutrientes quando eles são decompostos, impossibilitando que os nutrientes sejam absorvidos por outras espécies (Relf et al., 2015).

12. Fotossíntese

Segundo Nilsen (2019), as espécies do gênero *Rhododendron* adaptaram a fotossíntese a radiação relativamente baixa, sendo assim, em ambiente com alta radiação, as plantas reduzem o tamanho e encurtam a longevidade das folhas, para evitar mudanças drásticas nos padrões de resposta à luz.

Os estudos sobre fotossíntese das espécies perenes de *Rhododendron* mostram que a baixa concentração de nitrogênio nas folhas e a baixa condutância estomática tornam as taxas fotossintéticas baixas. Em algumas espécies, os maiores valores acontecem durante o primeiro ano, após a formação de folhas e depois diminuem até a abscisão. Em outras, a fotossíntese é comandada, todos os anos, por novas folhas, já que as folhas maduras servem apenas para a conservação de nutrientes (Nilsen, 2019).

As descrições expostas nesse tópico são referentes a plantas em ambientes temperados. Os padrões para espécies perenes em ambientes tropicais devem diferir bastante dos ambientes temperados, mas ainda não se tem dados que mostrem isso, pois são poucos os estudos existentes sobre o assunto (Nilsen, 2019).

13. Florescimento e hibridização

Na maioria das plantas lenhosas de clima temperada o processo de florescimento começa com a iniciação dos botões florais no verão ou no outono, permanecendo dormentes durante o inverno e ocorrendo a antese na primavera. Nos cultivares de azaleias se encontram diferenças na indução floral, devido a influência do fotoperíodo e da temperatura. Geralmente, sob temperaturas de 15° C as plantas são consideradas neutras, enquanto à temperatura de 20° C são consideradas de dias-curtos, além disso, altas temperaturas (acima de 25°C) podem diminuir o período vegetativo e induzir o florescimento. Ainda, o estresse causado por deficiência de água e nutrientes podem acionar sistemas de sobrevivência que induzem o florescimento (Christiaens, 2014).

Após a indução floral, ocorre a iniciação da flor com a multiplicação do meristema floral seguido da sua diferenciação em órgãos, mas antes do desenvolvimento completo do botão e da abertura da flor, existe um período de repouso, denominado de dormência, que previne que o florescimento ocorra em condições desfavoráveis. A necessidade desse período é diferente entre os cultivares, mas normalmente, é induzido pela diminuição do comprimento do dia e baixas temperaturas. Por fim, ocorre a abertura floral, caracterizada pelo crescimento da pétala devido a divisão celular e seu desdobramento dado pela expansão celular, que são influenciados pelas reservas energéticas da planta (Galle, 1995).

Os diversos fatores que influenciam o florescimento e as diferenças entre as espécies, fazem com que o período de florescimento seja diferente. Por exemplo, em ambiente tropical, os cultivares de azaleia belga podem florescer o ano todo, pois produzem constantemente novas gemas e novas flores. Pode-se dizer que quanto mais temperado o clima, menor será o período de florescimento, porém será mais concentrado e com melhor exibição das flores, e quanto mais tropical maior será o período de florescimento, porém terá florescimento mais disperso e com menor exibição das flores (Galle, 1995).

De acordo com Christiaens (2014), é possível dividir os cultivares em grupos de florescimento de acordo com o tempo de florescimento natural em ambientes temperados: cultivares de florescimento precoce (agosto), cultivares de florescimento semi-precoce (novembro) e cultivares de florescimento tardio (fevereiro).

A grande diversidade de flores de azaleia, faz com que muitos polinizadores sejam atraídos, entre esses estão os pássaros e os insetos como espécies de abelhas, mamangavas e borboletas. Os polinizadores são indispensáveis, pois as azaleias se reproduzem por polinização cruzada. Após a polinização, o ovário é fertilizado pelo pólen, e se desenvolve uma cápsula com sementes pequenas e numerosas (Berry; Geeta, 2019).

Comercialmente, a produção de sementes só é interessante quando se trabalha com a seleção de novos cultivares, em que se deseja o cruzamento de características visando muitos objetivos como compactação da planta, produção de flores dobradas, aumentar a resistência ao frio, aumentar a resistência radicular, obter novas cores de flores e folhas, fragrância das flores, melhorar a reprodução vegetativa, dentre outros (Galle, 1995).

Normalmente, as características de seleção se concentram em cor e forma das flores, forma das folhas, vigor do crescimento, arquitetura, floração precoce, qualidade pós-produção (longevidade das flores, ausência de podridão) e resistência a doenças e pragas (Christiaens, 2014).

O cruzamento convencional nem sempre é simples para azaleia, pois os cultivares possuem diferentes tempos de floração e ainda podem ter flores que são estéreis, como em flores dobradas que carecem de estames ou esses são deformados. Além disso, apesar da polinização ser cruzada, a autopolinização é possível, mas resulta em depressão por endogamia (Galle, 1995).

Outro método utilizado, inclui o rastreamento de um indivíduo que exibe uma anormalidade espontânea repentina, que ultrapassa os desvios de variação individual, geralmente causado por uma mutação. Nas flores, uma mutação aleatória no botão, pode fazer com que uma flor da planta tenha cor diferente, esse local de mutação pode ser propagado vegetativamente para formar um novo cultivar, que manterá a nova característica morfológica da cor e que possui as mesmas características vegetativas do progenitor (Galle, 1995).

14. Efeitos de reguladores vegetais

Os fitohormônios são substâncias produzidas em pequena quantidade pelas plantas e que auxiliam no seu crescimento e desenvolvimento. Os reguladores vegetais são substâncias que são produzidas sinteticamente e que podem ser aplicadas nas plantas para atuar como os hormônios vegetais, melhorando qualidades de interesse agrônômico (Feliciano et al., 2017).

14.1 Auxinas

São conhecidas como sendo reguladores vegetais por promover o alongamento celular. Seu principal uso é no enraizamento de estacas, melhorando a velocidade, uniformidade e qualidade do enraizamento e, promovendo o aumento da porcentagem de estacas enraizadas (Feliciano et al., 2017).

Sua forma natural mais relevante é o ácido indolilacético (IAA) que é, normalmente, sintetizado nas gemas apicais e em folhas novas e translocado até a base da planta por um

mecanismo polar (Julio, 2013). As principais auxinas sintéticas usadas são o ácido indolbutírico (IBA) e o ácido naftalenacético (NAA), sendo o IBA mais vantajoso, devido à baixa toxicidade em altas concentrações para a maioria das espécies, possibilitando o uso de diferentes concentrações, e por ser mais estável e efetivo em muitas espécies (Feliciano et al., 2017).

Quando aplicada a auxina, o aumento da concentração na base da estaca estimula a formação do calo, ativando as células da endoderme, formando os primórdios das raízes. Sua ação principal no enraizamento é na indução dos primórdios e estimulação da síntese de etileno, que favorece a emissão de raízes. Como o enraizamento de estacas de azaleia não é simples, a aplicação desse biorregulador se torna essencial, porém o excesso pode inibir o enraizamento, provocar queda e amarelecimento de folhas e ocasionar a morte da estaca (Julio, 2013).

14.2 Giberelinas

Podem ser encontradas nas raízes das plantas, nas folhas jovens, nas sementes em fase de germinação e nos frutos, a forma mais estudada é o ácido giberélico (GA_3) que tem como principal ação o estímulo do crescimento do caule e das folhas, regulando a altura, atuando no desenvolvimento dos frutos e no retardamento do envelhecimento dos tecidos vegetais (Lavagnini et al., 2014). Em concentrações altas, a giberelina também inibe o enraizamento, sendo que o efeito contrário pode ser observado quando utilizados os inibidores da síntese de giberelinas, como o Paclobutrazol e ácido succínico 2,2-dimetilhidrazida (Julio, 2013).

Em algumas espécies, a giberelina pode estimular o florescimento, mas em outras pode inibir, sendo o florescimento estimulado pelo inibidor de síntese de GA, que diminui os níveis de GA endógena (Christiaens, 2014). Plantas de azaleia tratadas com ácido giberélico apresentam resultados significativos na uniformização da floração e a combinação de ácido giberélico e cinetina pode antecipar a floração (Castro et al., 2016).

Em plantas envasadas, a redução na altura é desejável, o que pode ser obtido pelo uso de inibidores da síntese de giberelinas que influenciam a formação de células e alongamento do entrenó abaixo do meristema, produzindo plantas pequenas com flores de tamanho normal (Neves et al., 2009). Os retardadores mais utilizados são chlormequat e a daminozide, que diminuem o crescimento vegetativo e promovem rápida iniciação de botões florais em diversos cultivares de azaleia. Além disso, esses dois retardantes apresentaram bons resultados para o tratamento de azaleias resistentes ao frio, sendo que a aplicação dos dois

bioreguladores pode conservar as folhas e aumentar a sobrevivência sob baixas temperaturas (Castro et al., 2016).

14.3 Citocininas

Atuam na divisão celular e são normalmente encontradas na região dos ápices radiculares, folhas, frutos e sementes, sendo o principal local de síntese o ápice radicular, migrando para o restante da planta pelo xilema. Sua forma natural mais comum é a zeatina, enquanto a forma sintética mais usada é a cinetina. Sua ação está em restringir a dominância apical, estimulando as gemas laterais, promovendo divisão celular e retardando a senescência da planta. Na presença de auxinas, ocorre o estímulo à formação de calos, porém, em grandes concentrações de citocininas, o processo de enraizamento se torna difícil, ou seja, sua utilização pode inibir o enraizamento de estacas (Julio, 2013).

Referências

- BARON, A.M. **Anatomical and physiological studies in rhododendron**. 1931. 222 f. Thesis PhD) - University of Edinburgh, 1931.
- BERRY, E.; GEETA, R. Floral morphology of *rhododendron* and its relation with pollinators. In: Rhododendrons International, **American Rhododendron Society**, New York, v. 3, p. 82-97, 2019.
- CARVALHO, D.B.; SILVA, L.M.; ZUFFELLATO-RIBAS, K.C. Indução de raízes em estacas semilenhosas de azaleia através da aplicação de ácido naftalenoacético em solução. **Scientia Agraria**, v. 3, n. 1/2, p. 97-101, 2002.
- CASTRO, P.R.C.; ARAÚJO, D.K.; MENDES, A.C.C.M. **Biorreguladores na agricultura**. Piracicaba, ESALQ, Divisão de Biblioteca, 2016. 154 p. (Série Produtor Rural, nº especial).
- CHRISTIAENS, A. **Factors affecting flower development and quality in *Rhododendron simsii***. 2014. 182 f. Thesis (PhD) - Ghent University, Ghent, 2014.
- DE LOOSE, R. The flower pigments of the Belgian hybrids of *Rhododendron simsii* and other species and varieties from rhododendron subseries obtusum. **Phytochemistry**, v. 8, p. 253-259, 1969.
- FELICIANA, A.M.C. et al. Influência de auxinas e tamanho de estacas no enraizamento de azaleia (*Rhododendron simsii* Planch.). **Global Science and Technology**, Rio Verde, v. 10, n. 1, p. 43-50, 2017.
- FERRIANI, A.P. Propagação vegetativa de estaquia de Azaleia arbórea (*Rhododendron thomsonii* Hook. F.). **Semina**, Ciências Agrárias, v. 27, n. 1, p. 35-42, 2006.

GALLE, F. C. **Azaleas**. Portland: Timber, 1995. 519 p.

GOETSCH, L.; ECKERT, A.J.; HALL, B.D. The molecular systematics of *Rhododendron* (Ericaceae): a phylogeny based upon RPB2 gene sequences. **Systematic Botany**, v. 30, p. 616-626, 2005.

JULIO, J.R. **Moinha de carvão como substrato alternativo na produção de mudas de azaleia**. 2013. 68 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.

LAVAGNINI, C.G. et al. Fisiologia vegetal: hormônio giberelina. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**, v. 25, n. 1, p. 48-52, 2014.

NAWROCKA-GRZEŚKOWIAK, U.; GRZEŚKOWIAK, W. Rooting of azalea shoot cuttings depending on the degree of lignification. **Dendrobiology**, v. 49, p. 53-56, 2003.

NEVES, M.B. et al. Uso de daminozide na produção de girassol ornamental cultivados em vaso. **Revista Eletrônica de Agronomia**, v. 16, n. 2, p. 31-37, 2009.

NILSEN, E.T. Mini-review of *Rhododendron* ecophysiology. **Rhododendrons International**, v. 3, p. 27-42, 2019.

LORENZI, H.; SOUZA, H.M. de. **Plantas ornamentais no Brasil**: arbustivas, herbáceas e trepadeiras. Nova Odessa: Plantarum, 1995. 720 p.

LORENZI, H.; SOUZA, H.M. de. **Plantas ornamentais no Brasil**: arbustivas, herbáceas e trepadeiras. 2. ed. Nova Odess: Plantarum, 1999. 1088 p.

RELF, D.; APLLETON, B.; CLOSE, D. **Growing azaleas and rhododendrons**. Communications and Marketing, College of Agriculture and Life Sciences, Virginia Polytechnic Institute and State University, 2015. p. 1-11, 2015.

YAMASHITA, M.; OKAMOTO, A. Seasonal variation in rooting potential of Kurume azalea 'Chikushibeni' (*Rhododendron* Kurume group). **Plant Root**, v. 2, p. 54-57, 2008.

BEGÔNIAS



BEGÔNIAS (*Begonia* sp.)

Isabella Theresa de Almeida Martins

Thays da Silva Mandu

1. Origem, distribuição geográfica e classificação

As begônias são plantas do gênero *Begonia*, família Begoniaceae, existindo apenas outra espécie de origem havaiana, única representante do gênero *Hillebrandia*, que não pertence a este gênero. São, de maneira geral, plantas ornamentais de folhagem característica e folhas atraentes (Clement et al., 2004).

A família Begoniaceae apresenta cerca de 1400 espécies tropicais e subtropicais, sistematicamente pertencem à ordem Cucurbitales e ao clado das Rosideas/Fabídeas das Eudicotiledôneas, segundo APG III (Angiosperm Phylogeny Group, 2009). A família Begoniaceae no Brasil está representada pelo gênero *Begonia* L. com cerca de 208 espécies, das quais 184 são endêmicas (Forzza, 2010).

O gênero *Hillebrandia*, do arquipélago do Havaí, é monoespecífico (*H. sandwicensis* Oliv.), enquanto *Begonia* possui ampla distribuição nas regiões tropicais e subtropicais. A Região Neotropical e a Ásia são os centros de diversidade da família, que ocorre preferencialmente em ambientes florestais sombreados, com elevados índices higrométricos (Clement et al., 2004).

A classificação botânica da begônia sofreu alterações ao longo do tempo. A título de curiosidade, por exemplo, Bentham e Hooker (1983), incluíram Begoniaceae em Passiflores; já Cronquist (1968), posicionou Begoniaceae em Violales. Posteriormente, Hutchinson (1976), posicionou Begoniaceae em Cucurbitales, que é a classificação mais aceita até hoje. Dessa forma, temos a seguinte classificação:

Divisão	Magnoliophyta
Classe	Magnoliopsida
Ordem	Cucurbitales
Família	Begoniaceae
Gênero	<i>Begonia</i>

2. Morfologia e anatomia

A grande maioria das begônias brasileiras forma touceiras mais ou menos perenes e pode ser encontrados na forma de ervas, arbustos, subarbustos ou até trepadeiras (Brade, 1961); um considerável número de espécies possui caule suculento ou lenhoso, rasteiro e radífero, de crescimento ilimitado, indiviso e composto de entrenós curtos, encontrando-se muitas vezes um rizoma tuberoso e escandente; em sua maioria se caracteriza pelo porte ereto, caules simples ou bastante ramificados (Smith, 1971).

Suas folhas possuem filotaxia normalmente alternas ou raramente subverticiladas, podendo ser inteiras, serradas, lobadas, ou digitadamente partidas e assimétricas, às vezes são peltadas com duas estípulas livres, persistentes ou decíduas; a base foliar é cordada e seu ápice, acuminado (Jacques, 1996).

As belas inflorescências geralmente são axilares e cimosas, formadas de dicásios compostos, às vezes uniflorais, geralmente dicotômicas, unissexuais ou bissexuais (Dau et al., 1971).

A flor unissexual masculina possui duas sépalas de prefloração valvar; quando coloridas, variam de rosa à branca, duas pétalas alternadas com as sépalas, às vezes nulas ou em número de 3-7; os filetes podem ser livres, inteiramente condescidos ou só unidos na base, a deiscência das anteras é bilocular, rimosas ou poricidas, o pólén, é oblongo e liso ou de 1-3 sulcados. A flor unissexual feminina apresenta cinco tépalas coloridas ou não, com prefloração quincuncial; 3 estiletes, geralmente bifurcados e condescidos na base, com papilas estigmáticas cobrindo totalmente os ramos dos estiletes ou formando fita em espiral; o ovário é ínfero de 3-4 lóculos, triângulo ou quadrialado com placenta no ângulo interno, inteira ou bipartida, os óvulos estão presentes em grande número (Pereira, 1957).

O fruto é seco, do tipo cápsula loculicida, e as sementes, obovadas, elipsoides, cilíndricas ou fusiformes com testa reticulada-foveolada (Pereira, 1957).

3. Propagação

As begônias geralmente são fáceis de propagar. No entanto, nem todos os tipos de propagação funcionam com cada tipo de begônia. Em relação a esse aspecto, as begônias podem ser classificadas em dois grupos: begônias rizomatosas ou tuberosas; e begônias arbustivas. As primeiras se propagam através de tubérculos, que deverão ser retirados do solo quando suas folhas iniciarem o processo de envelhecimento. Já as begônias arbustivas geralmente são propagadas por meio da divisão da touceira.

Begonia semperflorens é propagada a partir de sementes, embora possa ser propagada por estacas de ramos, de folha, divisão ou por sementes. Por apresentar um tamanho extremamente pequeno, as sementes das begônias necessitam de cuidados especiais ao serem semeadas. Para proteção, sugere-se a cobertura das sementes com uma leve camada de solo. A germinação é esperada para ocorrer em duas ou três semanas, a 20°C, sob-boas condições de luminosidade (Hill, 1996; Larson, 1980).

As begônias tuberosas também podem ser propagadas por sementes, contudo, o trato e transplantio das mudas devem ser realizados com especial cuidado. Para o cultivo de novas plantas, podem-se cortar as grandes raízes semelhantes a bulbos das begônias tuberosas e *Begonia rex*, no entanto, certifique-se de que exista um broto em cada parte. A multiplicação destas variedades também pode ser realizada por meio de estacas do ramo ou da folha, que deverão ser colhidas no início da estação, quando irão enraizar-se mais facilmente (Hill, 1996).

4. Desenvolvimento de raízes, caule e folhas

Em relação ao desenvolvimento das raízes, algumas espécies apresentam tubérculos subterrâneos que as mantêm vivas por muitos anos, embora a parte aérea normalmente apareça no fim de cada ciclo anual. Assim, as chamadas begônias tuberosas, são apreciadas por serem plantas duradouras, que podem ser armazenadas em forma de tubérculos na terra durante algum tempo para rebrotar na época apropriada. Existem também outras begônias, que, mesmo sem tubérculos, podem se tornar espécies bastante longevas, sobrevivendo por décadas. Quase todas as espécies se propagam por meio de rizomas (Clement et al., 2004).

Algumas espécies de begônias apresentam tubérculos, que são reservas energéticas subterrâneas, constituídas por um caule arredondado e ovoide. Não exibem nós ou entrenós, e podem originar novas plantas a partir de suas gemas ou botões, que se formam nas pequenas depressões presentes na superfície do tubérculo.

As folhas das begônias são, sem dúvida, o seu maior atrativo. De forma reniforme (em forma de rim), incomum, e usualmente extremamente coloridas, são muito visadas para canteiros sombreados (onde normalmente as espécies mais apropriadas têm folhagem verde-escura). De todas as espécies, a que mais se destaca neste aspecto é a *Begonia rex*, com folhas enormes, com cores que variam do bronze ao rosado, ou vermelho, algumas prateadas ou brancas, com pintas, estrias e manchas de cores alternadas. Outras espécies, como a begônia-cruz-de-ferro (*Begonia massoniana*) e a begônia-preta (*Begonia boverii*) também se destacam por sua folhagem ornamental (Clement et al., 2004).

5. Efeitos de fatores ecológicos

Algumas plantas possuem a coloração de suas folhas alteradas principalmente nos meses de outono, devido à biossíntese de antocianinas, que se relaciona com a fotoproteção devido à condição de estresse provocada pelos fatores climáticos (Zhang et al, 2010, 2016).

Sob condições de variação de fotoperíodo e temperatura, exemplares de *Begonia semperflorens* apresentaram efeitos significativos quanto à biossíntese de antocianinas sob condições de dias curtos e baixa temperatura. Sob condições de fotoperíodo longo e baixas temperaturas, observou-se aumento nas atividades de duas enzimas relacionadas à síntese das antocianinas, indicando possível resposta da planta às condições de estresse. O conteúdo de ácido abscísico (ABA) determinado nas amostras de tecido das plantas sob condições de dias curtos e baixa temperatura, apresentaram-se significativamente maiores, enquanto o conteúdo de giberelina não se apresentou expressivo, indicando relação destes hormônios com a biossíntese de antocianinas (Zhang et al., 2016).

6. Relações hídricas

A distribuição dos vegetais na superfície terrestre depende mais da disponibilidade de água do que de qualquer outro fator ambiental (Turner, 1986). Em áreas com grande disponibilidade de água, como nas florestas tropicais úmidas, encontra-se a maior diversidade biológica, e em áreas de baixa precipitação, como o Saara, tem-se a menor proliferação de vida. O conteúdo celular de água é superior a 90% na maioria dos tecidos vegetais de plantas herbáceas, chegando a mais de 95% em folhas de alface, em meristemas e em frutos; contudo, ela pode constituir apenas 5% da massa de certos líquens, esporos e sementes secas, o que lhes permite sobreviver longos períodos em condições de desidratação (anidrobiose), mas, para se tornarem metabolicamente ativos, um aumento do conteúdo de água é essencial para o seu desenvolvimento. A diminuição no conteúdo de água na célula, abaixo de um valor crítico, em geral em torno de 75%, provoca mudanças estruturais e, em última instância, a morte celular (Koster, 1988).

Pelo fato de ser um solvente, conhecida como solvente universal, a água tem a capacidade de dissolver a maior quantidade e variedade de substâncias do que qualquer outro solvente, essa característica da água deve-se a sua natureza polar, possibilitando que esta desempenhe um bom papel tanto para substâncias iônicas e moléculas que contêm resíduos polares, ou com açúcares e proteínas (Veiga, 2006).

A molécula de água é constituída por dois átomos de hidrogênio e um de oxigênio, existe uma partilha dos elétrons de valência, aos pares, entre os átomos. Este tipo de ligação é chamado de covalente, onde cada átomo contribui com um elétron, sendo que os dois pares de elétrons compartilhados que constituem as ligações, são mantidos juntos por ambos os núcleos. As ligações covalentes são muito fortes, e assim, a molécula de água é extremamente estável (Costa, 2001).

A água também possui propriedades denominadas coesão e adesão que estão relacionadas à forte atração entre suas moléculas e entre as superfícies carregadas. Atração de cargas proporcionada por duas moléculas de água, resultante de pontes de hidrogênio é conhecida como coesão. Uma atração entre uma molécula de água e uma superfície sólida, como uma parede de xilema, por exemplo, é conhecida como adesão, são importantes para a subida de água em pequenos tubos (Veiga, 2006). As principais funções da água nas plantas podem ser divididas em: estrutura, crescimento, transporte e metabolismo.

7. Fotossíntese

A diversidade de cores e padrões de cores e texturas da superfície das folhas da begônia é comum em outros grupos que também crescem em condições de sombra (Gould; Lee, 1996; Jacobs et al., 2016). A iridescência azul nas folhas de begônia é causada pelo rearranjo dos tilacóides nos cloroplastos epidérmicos (= iridoplastos) que lhes permitem capturar a luz em comprimentos de onda verdes, os quais ocorrem muito em tais condições, e também aumenta o rendimento quântico, impulsionando substancialmente a eficiência da fotossíntese (Jacobs et al., 2016). Um aspecto interessante de algumas begônias é a cor azul iridescente. Essa cor vem de estruturas minúsculas e ajudam a planta a converter a luz fraca em energia (Conover, 2016).

Os cloroplastos das begônias, que usam a fotossíntese para converter a luz em energia, têm uma estrutura repetitiva que permite que as plantas absorvam eficientemente a luz. Isto é de extrema importância para uma planta que vive em condições de sombra em uma floresta. A estrutura atua como um cristal fotônico que reflete preferencialmente os comprimentos de onda azuis da luz e ajuda a planta a absorver melhor os vermelhos e os verdes para a produção de energia (Conover, 2016).

As cores em plantas e animais geralmente vêm de pigmentos e produtos químicos que absorvem certos comprimentos de onda, ou cores, de luz. Em casos raros, plantas e animais derivam seus matizes de microestruturas. Nas begônias, tais arquiteturas minúsculas e regulares podem ser encontradas dentro de certos cloroplastos, conhecidos como *iridoplastos*. À medida que a luz rejeita essas estruturas dentro de um iridoplasto, as ondas refletidas interferem em certos comprimentos de onda, criando um brilho azul e iridescente (Conover, 2016).

Os cloroplastos estruturados também oferecem um benefício de sobrevivência: eles ajudam as plantas a coletar luz. Em um híbrido de duas espécies – *Begonia grandis* x *Begonia pavonina* – as estruturas aumentam a absorção de comprimentos de onda verde e vermelho, concentrando esses raios em compartimentos de absorção de luz dentro dos iridoplastos. Um aspecto importante, é que as estruturas retardam a luz. A velocidade do grupo, ou a velocidade de um pacote de ondas de luz, é diminuída devido à interferência entre a luz entrante e a luz refletida. A desaceleração dá à planta mais tempo para absorver os raios de sol (Conover, 2016).

8. Zoneamento agroclimático e adaptações ao meio ambiente

As begônias são tipicamente plantas de climas equatorial, subtropical e tropical. Como principais adaptações ao meio ambiente, pode-se citar a presença de folhas aveludadas e em forma de rim; a presença de iridoplastos; e a capacidade de sobreviver em ambientes fechados, sem luz solar direta.

A presença de folhas aveludadas é uma adaptação morfológica e permite que as folhas ampliem sua superfície de captação da energia solar e funcionem como armadilhas de luz difusa. Esse tipo de folhas é característico da família das begônias e é o seu maior atrativo como plantas ornamentais. A sofisticação desse sistema ótico de captação da luz difusa multidirecional é enorme. Observadas em detalhe, algumas dessas superfícies aveludadas apresentam-se como se fossem recobertas por múltiplas bolhas. Essas superfícies côncavas funcionam como lupas: captam a luz difusa e a concentram num ponto no interior das células da folha (parênquima paliçádico), perpendiculares à superfície. Nesses casos, os cloroplastos, responsáveis pela fotossíntese, agrupam-se nesse ponto focal da lupa, ao invés de estarem dispersos em todo o citoplasma da célula, como ocorre na maioria das plantas. Além disso, há pouco espaço entre as células do parênquima paliçádico nas folhas das plantas de sombra o que reduz a reflexão a difusão dos gases e aumenta a eficiência da fotossíntese.

A forma de rim, pouco comum, das folhas das begônias também é uma adaptação mecânica. Elas são extremamente coloridas, variando do bronze quase negro ao rosado e vermelho. Muitas plantas de sub-bosque apresentam essas variações de cores e também folhas prateadas ou brancas, com pintas, estrias e manchas de verde alternadas com o branco e outras cores. Trata-se de outra adaptação morfológica e fisiológica.

A presença de iridoplastos, por sua vez, permite a adaptação às condições de sombra ou pouca luz de um ambiente, bem como garante maior eficácia da fotossíntese.

Um dos motivos para a popularidade das begônias é que elas são capazes de sobreviver em ambientes fechados, sem a luz solar direta. Isso ocorre porque, quando em habitat natural, elas recebem pouca luz para sobreviver. Os pesquisadores afirmam que essa capacidade de concentrar ondas específicas no aparato fotossintético foi aperfeiçoada conforme sua evolução. Logo, o mesmo poderia ser usado para aumentar o rendimento das colheitas ou dispositivos artificiais. No entanto, mais pesquisas precisam ser realizadas, porque a begônia ainda possui mais particularidades, sendo especialmente diferente das plantas comuns que cultivamos em casa.

9. Efeitos dos reguladores vegetais

A aplicação do bioestimulante Radifarm® no transplante de mudas de *Begonia semperflorens*, avaliada durante três anos consecutivos, promoveu maior produção de matéria fresca e seca de raízes; aumento no número de folhas em comparação com o controle, influenciando positivamente também no crescimento das begônias transplantadas (Paradikovic, 2016).

A mesma aplicação às raízes de plantas promove a absorção de nutrientes. Neste aspecto, a aplicação de Radifarm® às mudas de *Begonia semperflorens* pode ser relacionada à maior concentração de K^+ obtida nas raízes das plantas tratadas com o bioestimulante. Os demais nutrientes não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos. Em um ano durante a pesquisa, observou-se maior concentração de prolina nas plantas tratadas com bioestimulante, o que indica provável mecanismo da planta para adaptação à condição de estresse associada a fatores climáticos (Paradikovic, 2016).

O retardante chlormequat, quando aplicado via foliar na irrigação de exemplares de *begônia semperflorens*, promoveu a floração precoce, acompanhada de um maior número de flores, enquanto a aplicação de Phosphon-D e daminozide não apresentaram efeitos positivos no florescimento das plantas, sob as mesmas condições. A aplicação de ácido giberélico e ácido indolilacético promoveram maior produção de auxina, favorecendo a formação de flores femininas, enquanto o chlormequat resultou na formação de flores masculinas (Castro et al., 2016).

A redução do tamanho das plantas de *Begônia semperflorens* propagadas por estacas e cultivadas em areia foi observada após tratamento com daminozide, sendo que a aplicação via solo apresentou melhor resultado em comparação com a via foliar, obtendo-se plantas mais compactas, menor tamanho de caule, diâmetro da base e matéria seca, aliado ao maior número de nós (Castro et al., 2016).

10. Estratégias para altas produções

As estratégias para altas produções referem-se mais aos aspectos agronômicos e ambiente adequado, tais como: plantio na época correta, consideração das particularidades de cada espécie, ambiente adequado, irrigação adequada, solo com bom sistema de drenagem e adubação correta.

Para as begônias, um ambiente adequado deve apresentar uma temperatura geralmente na faixa de 15 e 23°C, uma elevada umidade relativa e presença de luz solar indireta. Em locais de clima frio, durante o inverno, é conveniente mantê-las dentro de casa, para protegê-

las do frio intenso. Também se recomenda colocar a begônia em um lugar ventilado, onde recebam a luz solar, mas sem que essa possa queimar suas folhas. Além disso, as begônias são sensíveis à geadas, portanto devem-se evitar regiões onde o inverno é muito rigoroso.

Quanto à irrigação das begônias, faz-se necessária uma irrigação abundante durante o verão e a época de floração, ainda que sempre com precaução para não encharcar e causar então o apodrecimento das raízes. Durante o inverno, podem-se reduzir as irrigações, sendo suficiente molhar uma vez por semana.

É importante que a terra conte com um bom sistema de drenagem para que esta não se acumule na superfície e possa ser absorvida corretamente. Normalmente, recomenda-se optar por um substrato leve, rico em húmus e onde as begônias possam ser crescer horizontalmente.

Um cuidado relevante é evitar molhar diretamente as folhas das begônias e molhar somente a terra, para evitar que apodreçam ou apareçam manchas. Outro cuidado a se considerar está em fazer orifícios nos vasos para ocorrer o escoamento do excesso de água que não entra no ciclo de absorção da planta. Também é interessante notar que potes de plásticos aumentam as chances de gerar umidade, por esse motivo a melhor indicação para cultivar está em composições de barro. Além disso, recomenda-se retirar as flores e folhas secas, para que a planta possa crescer com mais vigor.

O processo de adubação também representa em elemento importante para desenvolver a begônia. O adubo precisa ser aplicado a cada sessenta dias. Para se saber quando a planta precisa de aumento ou redução em termos de fertilização, é preciso notar as características da tonalidade de folhas. Quando estão marrons, por exemplo, indicam que há necessidade de se aumentar a quantidade de umidade do solo. Assim sendo, será fundamental adubar as begônias no verão com certa quantidade de potássio, aproximadamente, a cada quinze dias. No entanto, durante a temporada de inverno, as adubações devem cessar.

A poda deve ser realizada adequadamente. É interessante notar que assim como qualquer planta exótica, existe a necessidade de se ter o máximo de cuidado quando for podar a begônia. De forma prática, pelo menos uma vez por semana, os galhos que estão secos precisam ser retirados, principalmente quando se estabelecem entre as folhas e atrapalham de forma direta não apenas a respiração, como também influenciam no ato de captar nutrientes das raízes. A poda precisa acontecer de modo anual e jamais pode ser negligenciada por quem está responsável por cultivar. A melhor época para fazer o procedimento consiste nos meses da primavera. Quando for realizar o processo, é aconselhável que se faça de forma intensa, para que nasçam novos ramos com o processo de brotação. Além disso, deve-se sempre cortar na diagonal.

Quando as estruturas se encontram em vasos pequenos e começam a crescer, as raízes se entrelaçam entre si e por consequência atrapalham de forma direta no caminho da água e na absorção dos nutrientes. Portanto, nessa situação, é necessário adotar os cuidados necessários.

Em relação aos transplantes, eles devem ocorrer quando o crescimento ultrapassa dez cm. Uma prática interessante para passar de um vaso para o outro está em regar pelo menos uma hora antes do procedimento. Assim, a terra não vai desmanchar durante o processo.

Referências

- ANGIOSPERM PHYLOGENY GROUP. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 161, n. 2, p. 105-121, 2009.
- ARADIKOVIC, N. et al. Influence of biostimulant application on growth, nutrient status and proline concentration of begonia transplants. **Biological Agriculture & Horticulture**, p. 89-96, 2016.
- BRADE, A.C. **Arquivos do Jardim Botânico do Rio de Janeiro**, v. 17, p. 18, 1959/1961.
- CASTRO, P.R.C. et al. **Biorreguladores na agricultura**. Piracicaba: ESALQ, Divisão de Biblioteca, 2016. 154 p. (Série Produtor Rural, nº especial).
- CLEMENT, W.L. et al. Phylogenetic position and biogeography of *Hillebrandia sandwicensis* (Begoniaceae): a rare Hawaiian relict. **American Journal of Botany**, v. 91, n. 6, p. 905-917, 2004.
- CONOVER, E. **Blue leaves help begonias**. Science News, 2016. Disponível em: <<https://www.sciencenews.org/article/blue-leaves-help-begonias-harvest-energy-low-light>>. Acesso em: 15 abr. 2018.
- COSTA, A.R. **As relações hídricas das plantas vasculares**. Évora: Ed. Universidade de Évora, 2001. 75 p.
- DAU, L.; SEGADAS-VIANNA, F.; ORMOND, W.T. **Begoniaceae na flora ecológica de restingas do sudeste do Brasil**. v.20, p.7-20, 1971.
- FORZZA, R.C. et al. (Org.). Introdução: as angiospermas do Brasil. In: FORZZA, R.C. et al. (Org.). **Catálogo de plantas e fungos do Brasil**. Rio de Janeiro: Rio de Janeiro: Andrea Jakobsson Estúdio; Instituto de Pesquisa Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2010. v. 1, p. 78-89.
- HILL, L. **Segredos da propagação de plantas**. São Paulo: Nobel, 1996. 295 p.

JACQUES, E.L.; MAMEDE, M.C.H. Notas nomenclaturais em *Begonia* L. (Begoniaceae). **Revista Brasileira de Botânica**, v. 28, n. 3, 2005.

JACQUES, L.E. Reserva ecológica de Macaé de Cima: Nova Friburgo – RJ. In: JACQUES, L.E. **Aspectos florísticos das espécies vasculares**. Rio de Janeiro: Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 1996. v. 2, p. 93-133.

KOSTER, K.L.; LEOPOLD, A.C. Sugars and desiccation tolerance in seeds. **Plant Physiology**, v. 88, p. 829-832, 1988.

LARSON, R.A. **Introduction to floriculture**. New York: Academic Press, 1980.

PEREIRA, E. Flora da cidade do Rio de Janeiro. Família Begoniaceae Bonp. **Rodriguésia**, v. 20, n. 32, p. 203 – 224, 1957.

SMITH, L.B.; SMITH, R.C. **Begoniaceae**. In: REITZ, P.R. (Ed.). **Flora ilustrada catarinense**. Florianópolis: BEGO, 1971.

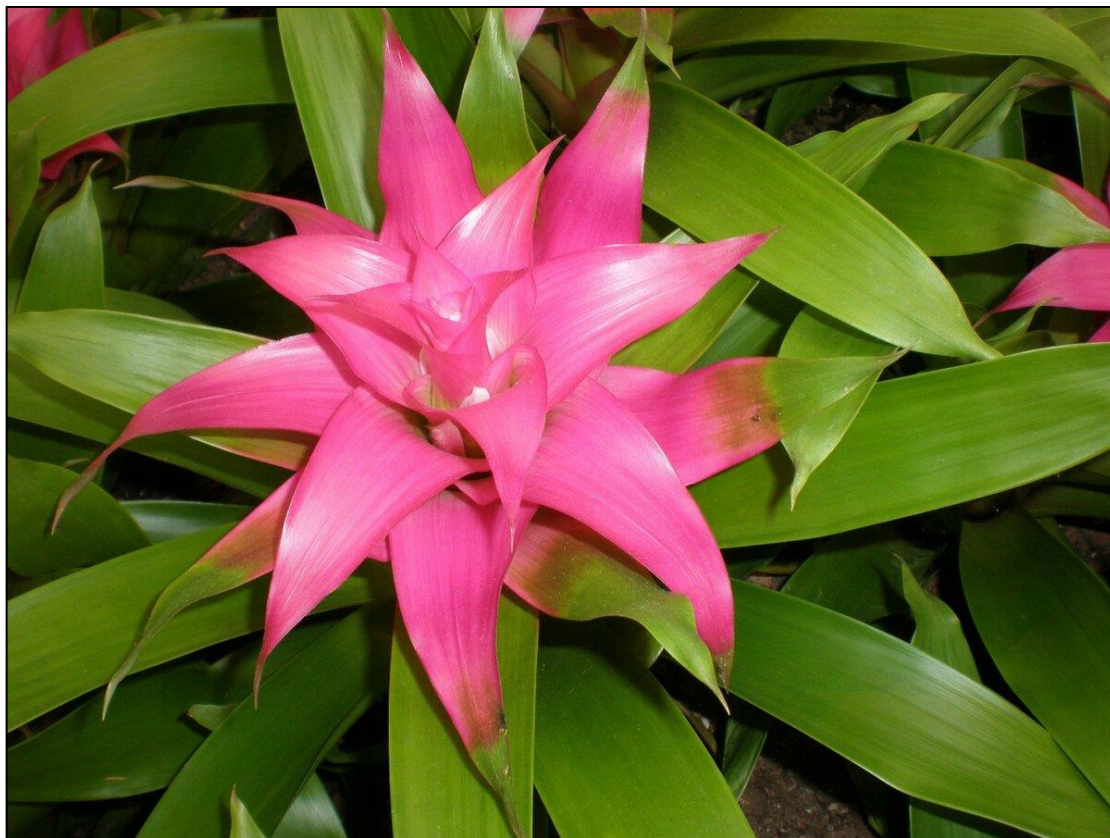
TURNER, N.C. Adaptation to water deficits: a changing perspective. **Functional Plant Biology**, v. 13, n. 1, p. 175-190, 1986.

VEIGA, A.D. et al. Tolerância de semente de soja a dessecação. **Ciência Agrotecnológica**, v. 31, n. 3, p. 773-780, 2006.

ZHANG, K.M. et al. Photoprotective roles of anthocyanins in *Begonia semperflorens*. **Plant Science**, n. 179, p. 202-208, 2010.

ZHANG, K.M. et al. Short-day signals are crucial for the induction of anthocyanin biosynthesis in *Begonia semperflorens* under low temperature condition. **Journal of Plant Physiology**, n. 204, p. 1092-1104, 2016.

BROMÉLIAS



BROMÉLIAS (*Bromeliaceae* spp.)

Guilherme Felisberto

Jonathas P. Graças

1. Origem e distribuição geográfica

A origem da maioria das bromeliáceas verificou-se na América, em regiões tropicais. Há registros de ocorrência de uma espécie no leste africano. Estudos fitogeográficos demonstram que das regiões tropicais da América as espécies irradiaram, tanto para o norte como para o sul, de modo a terem ampla distribuição no continente Americano (Figura 1).

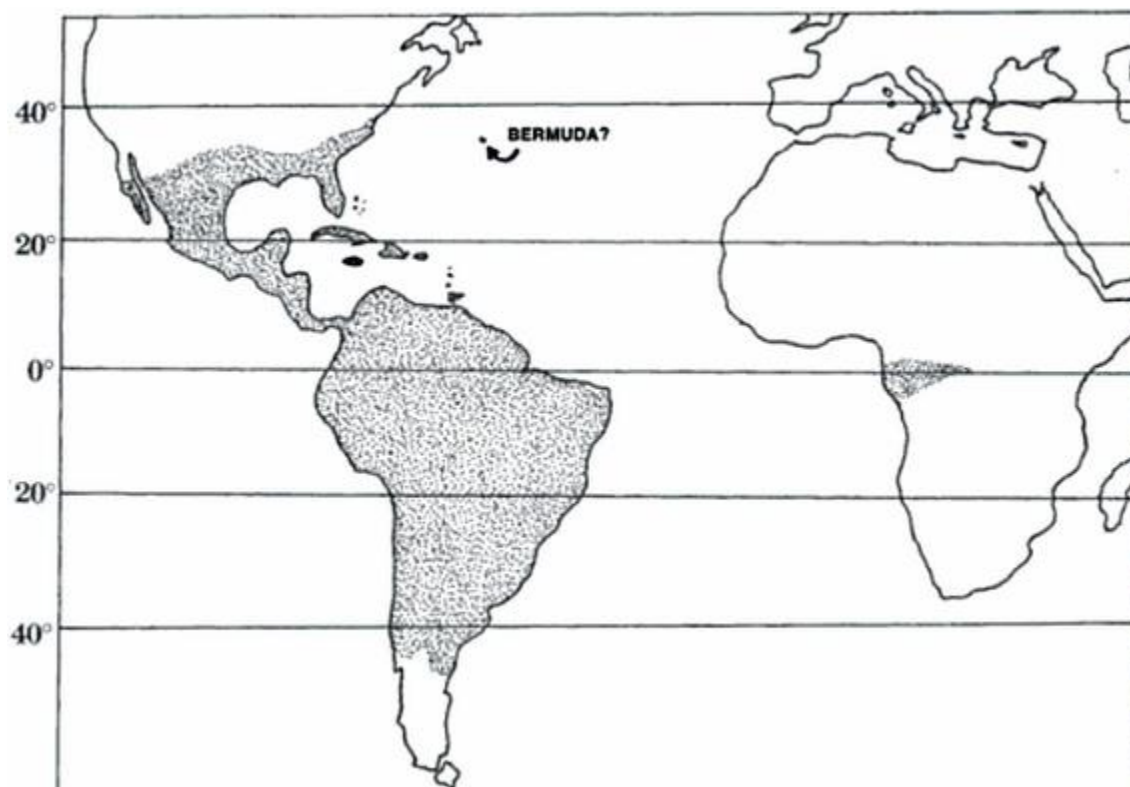


Figura 1. Distribuição geográfica das bromeliáceas (Adaptado de Benzing, 2000).

2. Classificação botânica

De acordo com a classificação proposta por Cronquist (1981), as bromeliáceas pertencem ao Reino Plantae, Divisão Magnoliophyta, Classe Liliopsida, Sub-classe Zingiberidae, Ordem Bromeliales, Família Bromeliaceae. A família é dividida em três subfamílias: Pitcarnioideae, Tillandsioideae e Bromelioideae. Em uma classificação mais recente proposta por Stevens, APGII (Angiosperm Phylogenetic Analysis), a diferença é que as bromélias estão na Sub-classe Commelinids e Ordem Poales (National Center for Biotechnology Information - NCBI, 2014), no demais segue o sistema mais antigo, como pode ser observado na Tabela 1.

Tabela 1. Classificação botânica das bromeliáceas de acordo com Cronquist (1981) e NCBI (2014).

	Cronquist 1981	Stevens 2009
Reino	Plantae	Plantae
Divisão	Magnoliophyta	Magnoliophyta
Classe	Liliopsida	Liliopsida
Sub-classe	Zingiberidae	Commelinids
Ordem	Bromeliales	Poales
Família	Bromeliaceae	Bromeliaceae
Subfamília	Pitcairnioidae	Pitcairnioidae
Subfamília	Tillandsioideae	Tillandsioideae
Subfamília	Bromelioideae	Bromelioideae

As bromeliaceae são plantas que ocorrem com hábito terrestre, rupícola ou epífitas em vários biomas. Nesta família estão incluídos 60 gêneros e 3170 espécies, no Brasil, ocorrem cerca de 44 gêneros e 1341 espécies (Luther, 2008; Forzza et al., 2014).

3. Morfologia e anatomia

O padrão morfológico das bromeliáceas apresenta grandes variações. Como irradiaram ocupando vários habitats, a diversidade morfológica ajuda a compreensão das adaptações ao ambiente. Em geral as folhas possuem ramificação simpodial que formam estruturas compactas e ligadas, há casos de filotaxia dística como em *Dyckia estevesii* (Figura 2). Os tricomas foliares são importantes adaptações, permitindo as plantas absorverem água e nutrientes em ambientes muito secos ou até mesmo a partir da umidade do ar no caso das epífitas. Algumas espécies podem ser caulescentes. Em outras o sistema caulinar é bastante rígido, como exemplo *Cottendorfia florida* que possui folhas curtas e caule robusto adaptado a estresse por alta temperatura, sendo capaz de rebrotar após a passagem de fogo por campo rupestre (Neves; Conceição, 2010). O sistema radicular, quando presente, é constituído de várias raízes, fasciculadas, mas em geral pouco desenvolvido. Em bromélias epífitas a absorção de água e nutrientes ocorre na maior parte pelos tricomas foliares, assim a raiz

assume função quase exclusivamente como suporte, ajudando a fixação da planta (Brighigna et al., 1990).

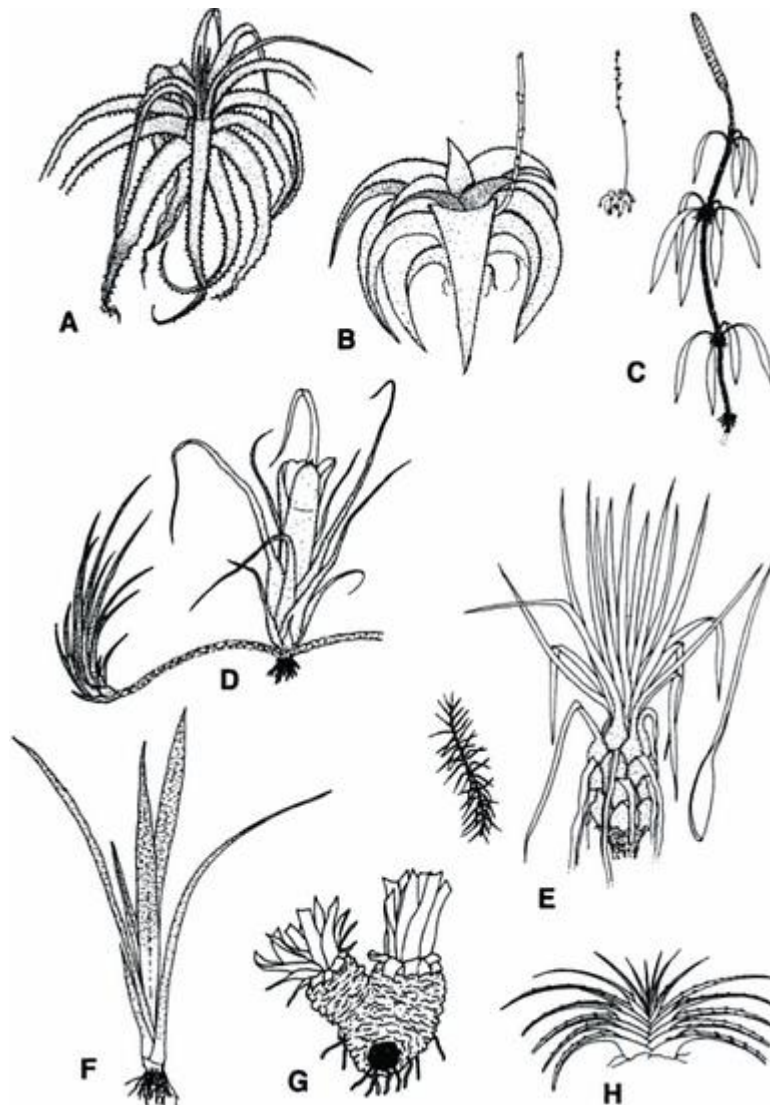


Figura 2. Morfologia das bromeliáceas. A = *Dyckia* sp no estado vegetativo. B = *Dyckia* sp com inflorescência lateral. C = *Pticaírnia* sp, uma bromélia hemi-epífita com padrão de heterofilia para arranjo das folhas. D = *Neoregelia abendrotae* com ramos de folhagem juvenil e adulta. E = *Brocchinia acuminata* com hábito sombroso (caulescente) e solar (compacto). F = *Ronnbergia ecuadoriana* com possível padrão morfológico primitivo. G = *Cottendorfia florida* com folhas curtas e caule resistente ao fogo. H = *Dyckia estevesii* com filotaxia dística (Adaptado de Benzing, 2000).

4. Germinação e propagação

Bromelia antiacantha, uma bromélia terrestre de matas galerias com importância ornamental, possui sementes com 26 % de umidade, peso de mil sementes de 40 g e que apresentaram 90 % de germinação após terem sido armazenadas a 5°C em refrigerador ou a 25°C em condições de laboratório por um ano. Isto indica que as sementes são plásticas se dispersas sob diferentes condições, isto é importante para o estabelecimento de gerações

sucessivas à planta matriz. As sementes dessa espécie falham em germinar quando a temperatura está abaixo de 20°C e germinam cerca de 80 % sob temperatura entre 25 e 35 °C. A alternância de claro e escuro diminui o tempo de germinação e mantém a taxa de germinação alta (Rosa; Ferreira, 1998). Sementes de *Dyckia tuberosa*, que ocorre no cerrado, germinaram entre 15 e 40°C e apresentaram a maior germinabilidade e maior velocidade de germinação a 30 e 35°C seja na luz ou escuro (Vieira et al., 2007). A germinação em ampla faixa de temperatura, assim como em luz ou escuro, indica que sob condições variadas a germinação é mantida, uma vez que a mesma pode estar recoberta por solo, em ambiente sombreado ou exposta na superfície, uma as razões para a ampla distribuição da espécie.

Algumas bromeliáceas apresentam dormência da semente. Conhecida no cerrado mato-grossense como caraguatá, a dormência em sementes de *Bromelia balansae* é superada quando as sementes são tratadas com ácido sulfúrico (H₂SO₄) por um minuto, sendo que posteriormente as sementes são colocadas em câmaras sob papel de filtro umedecido a 30 °C (Coelho et al., 2011). Este trabalho relata ainda que 40 dias após a semeadura a germinação se mantém estável. Como se trata de uma planta que pode ser explorada comercialmente devido seus atributos ornamentais e paisagísticos, é importante conhecer as características agrônômicas para o cultivo da espécie.

Além de se estudar a germinação e aumentar sua eficiência, técnicas de propagação *in vitro* também devem ser utilizadas. A propagação *in vitro* é uma estratégia não somente com o intento de se produzir mudas, mas no caso de espécies cuja o extrativismo não é controlado, pode ser um processo para a manutenção genética da espécie. Um outro fator importante a se considerar na propagação de bromélias *in vitro* são as condições de assepsia em que são realizadas, importante para minimizar a ocorrência de doenças e pragas, fatores que podem ser controlados, visando um mercado de exportação. *Neoglaziovia variegata* é popularmente conhecida como caroá, uma bromélia ocorrente na caatinga e vem sendo bastante explorada para obtenção de fibras. Suas sementes foram colocadas em meio MS solidificado com nutrientes e suplementado com sacarose. O mesmo trabalho relata que a germinação de sementes obtidas de frutos maduros iniciou por volta do décimo dia na presença de luz, com fotoperíodo de 16 h e atingiu 100 % de germinação cumulativa em torno do trigésimo dia de observação. Para obtenção de brotações a partir de mudas crescidas *in vitro* o melhor tratamento foi com o meio MS suplementado com 0,5 µM de NAA e 4,4 µM de BAP, onde uma média de 60 brotações por explante foi obtida.

5. Desenvolvimento de raízes

Pouco se tem estudado sobre a estrutura das raízes em bromeliáceas. Algumas plantas possuem importantes adaptações foliares para absorção de água e nutrientes, e apresentam um sistema radicular pouco desenvolvido. *Tillandsia sp.*, uma bromélia epífita, por vezes denominada “atmosférica” possui raízes livres e raízes com função de ancoragem, fixando a planta em superfícies muitas vezes restritas. A morfologia e ultraestrutura desses dois tipos de raízes revelou que células da coifa degeneram e morrem, criando uma espécie de capa que cobre e protege o meristema. No lado apical das raízes com função de adesão, as células acumulam material amorfo no citoplasma, constituído de proteínas e polissacarídeos. Além disso raízes com função de adesão apresentam projeções com material de natureza lipopolissacarídeo. Juntos, estes dados reforçam evidências de substâncias secretadas auxiliando a adesão da planta à superfície (Brighigna et al., 1990). *Bromelia anthiakantha* possui hábito terrestre apresenta raízes intracorticais e adventícias. As raízes intracorticais surgem a partir do periciclo e estão situadas entre o caule e o rizoma, garantindo a sustentação da planta. Anatomicamente as raízes adventícias estão organizadas em velame, córtex externo, córtex mediano e cilindro central. O velame, uma epiderme pluriestratificada, é importante na proteção contra dessecação e perda de água, uma vez que a planta está sujeita ao déficit hídrico durante a estação seca. No córtex mediano pode ser encontrado depósito de amido nas células. Nas células do córtex interno são encontrados canais para passagem de ar que podem auxiliar a aeração das raízes em períodos curtos de alagamento nas planícies onde ocorrem inundações (Dettke; Milaneze-Gutierrez, 2008).

6. Desenvolvimento do caule

Em algumas bromeliáceas o caule é reduzido, uma vez que as plantas não se desenvolvem muito em altura e a alocação de recursos se direciona para a formação de folhas exuberantes. Em outras com maior crescimento em altura, o caule se mostra bem desenvolvido. Anatomicamente, a parte externa do caule possui paredes celulares grossas e lignificadas. Na camada interna, as paredes são mais finas e podem acumular amido. Em geral, os caules são desprovidos de câmbio vascular, com o qual a planta inicia o crescimento secundário dos tecidos condutores (Benzing, 2000). Caracteres como lignificação e paredes celulares grossas são importantes para espécies em ambientes onde ocorrem queimadas, além da fortificação para sustentação das folhas grandes e exuberantes.

7. Desenvolvimento das folhas

Na classe das Liliopsidas, a qual pertence à família bromeliaceae, é notável o desenvolvimento das folhas em relação ao caule e a raiz. Folhas são importantes fontes de fotoassimilados para as plantas, e no caso das bromélias, a estrutura foliar pode ir muito além de realizar fotossíntese, desempenhando papéis comumente encontrados em caules e raízes. As folhas das bromeliáceas desenvolvem-se a partir de meristemas primários semelhantes a maioria das monocotiledôneas, todavia, quando maduras variam entre e dentro dos genótipos (Figura 2).

Na subfamília pitcarnioideae as plantas sincronizam a abscisão foliar como adaptação a períodos de pouca disponibilidade de umidade, lâminas canalizadas com bases fortes caracterizam as bromeliáceas que desenvolvem folhas com capacidade de retenção de água, semelhante a um tanque, o fitotelmo (Benzing, 2000). Uma relação entre o tamanho do fitotelmo e o corpo da planta foi encontrada, evidenciando que a água estocada pode conferir tolerância à dessecação em bromélias que ocorrem em ambientes que passam por escassez de água. Plantas pequenas tem um tanque menor que está mais sujeito a perda de água mais rápida, entretanto, mesmo pouca precipitação pode ser suficiente para reabastecer o tanque (Zotz; Thomas, 1999). Algumas folhas possuem venação pronunciada. Algumas podem ser pecioladas, semelhantes às folhas de dicotiledôneas. Pode ocorrer reserva de água nas folhas quando estão em ambientes de estresse hídrico e lâminas finas são comuns quando habitam locais com alta umidade. A epiderme foliar é sempre destacada pela presença de tricomas, mas a cutícula e cera possuem papel importante na manutenção do potencial hídrico e dissipação da radiação em ambientes secos (Benzing, 2000).

Uma análise da anatomia das folhas de espécies do gênero *Bromelia* mostra que são cobertas por uma camada epidérmica com células contendo paredes espessas. As folhas são hipoestomáticas, sendo que alguns estômatos se situam a um nível abaixo das células epidérmicas, pode ser uma estratégia para reduzir a perda de água por transpiração e possui importância para a classificação filogenética do grupo. Em ambos os lados da superfície foliar ocorre a hipoderme, com uma a cinco camadas de células esclerificadas. Internamente à hipoderme ocorre o parênquima aquífero. A hipoderme além da proteção contra herbívoros e suporte mecânico confere resistência à perda de água, e somado a presença do parênquima aquífero, constitui em estratégia para sobrevivência em ambientes xéricos. O colênquima ocorre intercalando com feixes vasculares, os quais são colaterais, arranjados em séries simples, alternando sempre grandes com pequenos. Feixes grandes são rodeados por células

esclerificadas. Uma bainha de células do parênquima circunda os feixes com células esclerificadas (Monteiro et al., 2011).

Um notável fator na epiderme foliar é a presença de tricomas. Muitos destes tricomas exercem a função de absorção de água e nutrientes. Quando chove, parte da água e nutrientes dissolvidos são captados pelos tricomas, levando a planta a depender pouco das raízes para esta função, como ocorre em bromélias que crescem como epífitas em árvores ou sobre rochas (Benzing, 2000). Somado a ocorrência dos fitotelmos, os tricomas auxiliam no epifitismo, carnivorismo, mimercofilia e fixação do nitrogênio. Na base de alguns fitotelmos são encontrados tricomas de absorção, aproveitando o material de digestão das presas (Givnish, 2005). *Aechmea mertensii* é uma bromélia que apresenta fitotelmo no qual se abrigam espécies de formigas. As formigas constroem seus ninhos nas folhas e as protegem de herbívoros, em retroefeito excretam compostos nitrogenados para as plantas. A absorção diferencial, de acordo com a espécie, resulta em diferente morfologia da folha (Leroy et al., 2009).

8. Efeitos de fatores ecológicos

As bromeliáceas ocuparam diferentes *habitats* em sua irradiação a partir da origem na América Central. Isto inclui diferentes biomas e domínios climáticos. Para o sucesso do cultivo, a temperatura, a umidade e radiação do local de ocorrência da espécie devem ser levadas em consideração.

8.1 Temperatura

Como se desenvolvem em condições tropicais, a temperatura ideal para o cultivo de bromélias pode variar entre 15 e 30°C, em geral, depende do ambiente ao qual a planta está relacionada. *Aechmea fasciata*, uma espécie ornamental, cultivada em estufa com tela para sombreamento vermelha, apresentou desenvolvimento satisfatório em temperatura média de 22,7°C (Holcman; Sentelhas, 2013). *Aechmea imperialis* foi cultivada *in vitro* em sala com temperatura controlada a 26°C ($\pm 2^\circ\text{C}$). No cultivo *ex vitro* a mesma temperatura foi mantida (Aoyama et al., 2012).

8.2 Umidade

A umidade relativa deve ser levada em consideração, principalmente se o objetivo for estabelecer o cultivo de bromélias que ocorrem em matas ou regiões serranas, ambientes sombreados, onde a umidade requerida para o desenvolvimento é alta. Por outro lado,

bromélias crescem em ambientes com alta irradiância, entre 650-900 μmol fótons $\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$ e baixa umidade, entre 50 e 60 %. Entre as bromélias, é comum encontrar as Tillandsioideae nas duas condições (Benzing, 2000). Plantas de *Aechmea fasciata* cultivadas em estufa com umidade relativa de 81 % apresentaram bom desenvolvimento (Holcman; Sentelhas, 2013).

8.3 Radiação

As bromélias possuem notável plasticidade quanto ao desenvolvimento, em função da radiação fotossinteticamente ativa. Certas Tillandsioideae crescem em ambientes com alta irradiância (Benzing, 2000). *Aechmea imperialis* demanda baixa irradiância para o crescimento. Em condições controladas, em sala de cultivo, as mesmas desenvolveram com 30 μmol fótons $\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$ (Aoyama et al., 2012).

9. Relações hídricas

As plantas vasculares, de acordo com Wood (2005), podem ser classificadas de acordo com suas respostas ao déficit hídrico como evitadoras de seca ou tolerantes a ela. As que evitam a seca dirigem seu metabolismo no sentido de manter o potencial hídrico elevado, diminuindo a percepção do déficit hídrico pelas células. Já as que toleram a seca, resistem a uma grande perda de água, acompanhada pela queda do potencial água e do conteúdo relativo de água.

Em diversas espécies, principalmente epífitas, de bromélias, observa-se a presença de fitotelmo, que pode armazenar água e nutrientes em momentos de seca esporádica. No caso de espécies que apresentam esta estrutura, as folhas possuem bases expandidas e são imbricadas, ricas em tricomas epidérmicos bem desenvolvidos, conferindo a estas espécies a capacidade de armazenar e absorver água proveniente da chuva, excretas de animais e detritos, prolongando a disponibilidade de água e nutrientes em períodos secos (Takahashi et al., 2007).

Em bromélias, uma estratégia para evitar a seca é fechar rapidamente os estômatos quando o suprimento de água do tanque se esgota, ou quando a desidratação dos tecidos atinge um nível crítico (Zotz; Andrade, 1998; Zotz; Hietz, 2001). Enquanto a tolerância à seca envolve a capacidade de resistir a altos déficits hídricos (Zotz; Hietz, 2001), mantendo, ainda assim, o metabolismo ativo (Zotz; Andrade, 1998; Graham; Andrade, 2004; Reyes-García et al., 2008a, 2008b).

Dados da literatura apontam para a possibilidade de que as formas com tanque utilizem preferencialmente a estratégia de evitar a seca, enquanto as arborícolas sejam tolerantes a elas (Reyes-García et al., 2008a, 2008b, 2011).

10. Solos, nutrição e micorrizas

Especialmente nos estudos de nutrição, o cultivo *in vitro* é muito apropriado, pois como as plantas são cultivadas em condições assépticas é possível controlar o fornecimento de nutrientes (Mercier, 2004).

O suplemento de nutrientes no meio de cultura é essencial no sistema *in vitro* (Tavares et al. 2008). Os meios de cultura utilizados na maioria das vezes são baseados em 6 formulações básicas modificadas (Kanashiro, 2005). Segundo Naves (2001), a importância da escolha de um meio de cultura ideal e uma concentração adequada de nutrientes são fundamentais, pois é o meio que supre as necessidades nutricionais para o crescimento da planta *in vitro*. Um balanço entre nitrogênio, fósforo e cálcio é essencial para a morfogênese e para o crescimento das plantas (Ramage; Williams 2002).

Debergh (1991), cita que durante a aclimatização, plantas obtidas pelo cultivo *in vitro* sofrem mudanças fisiológicas e morfológicas em resposta às alterações do ambiente e à utilização das reservas acumuladas ainda durante o período *in vitro*, sendo a principal forma da planta manter o seu crescimento durante as primeiras semanas em casa de vegetação. A utilização de fontes de nitrogênio, como KNO_3 , NH_4NO_3 e $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, vem se mostrando eficiente na otimização do desenvolvimento de plântulas cultivadas *in vitro*.

11. Fotossíntese e translocação

Locais mais secos frequentemente propiciam situações de estresse, para sobreviver a tais condições muitas espécies desenvolvem adaptações morfológicas e fisiológicas, como por exemplo o metabolismo ácido das crassuláceas (CAM), frequente em muitas espécies epífitas (Lambers et al., 1998). O CAM surgiu posteriormente e é possível que esteja relacionado à evolução de espécies mais xéricas, como, por exemplo, as que apresentam a forma arborícola (Givinish et al., 2011). No metabolismo CAM os estômatos estão fechados durante o dia e se abrem apenas a noite, acumulando malato que fica estocado no vacúolo. Durante o dia o malato é descarboxilado no cloroplasto e o CO_2 é utilizado pela rubisco. Esta separação temporal e espacial entre a captura do carbono e sua utilização no ciclo de Calvin reduz ao máximo a perda de água, tornando as plantas CAM altamente eficientes no uso de água.

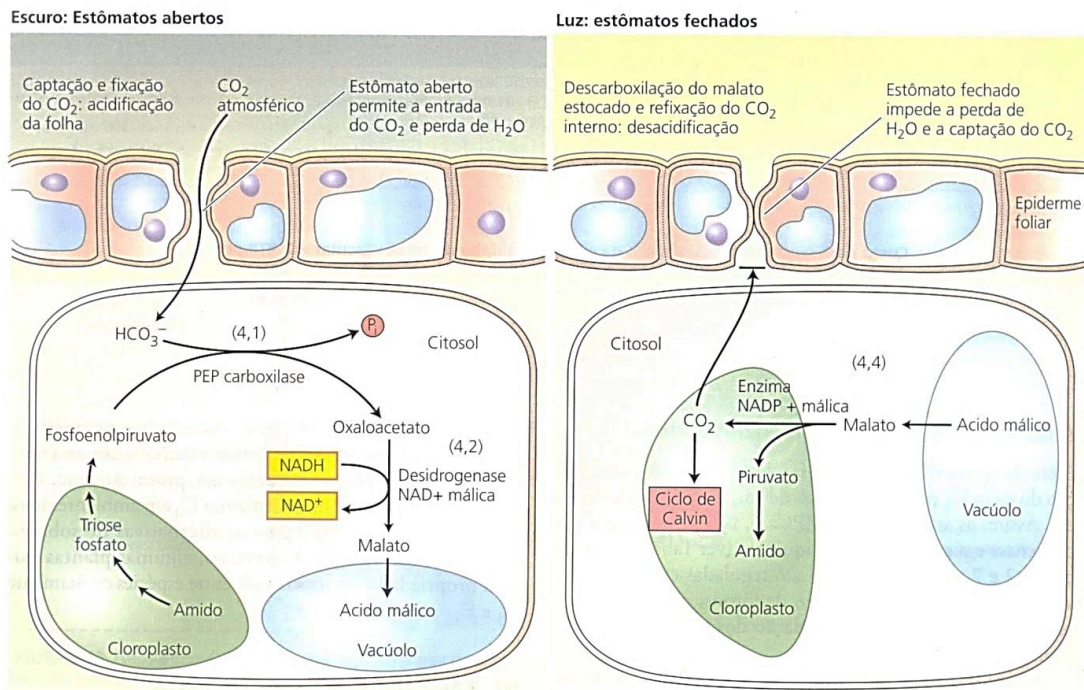


Figura 3. Metabolismo ácido das crassuláceas (CAM). Separação temporal da captação do CO₂ e das reações fotossintéticas. No escuro (esquerda) os estômatos se abrem, o CO₂ é fixado e o ácido málico é formado e estocado no vacúolo. Durante o dia os estômatos se fecham, o ácido málico é descarboxilado no cloroplasto, o CO₂ é então utilizado pela rubisco no ciclo de Calvin (Adaptado de Taiz e Zeiger, 2009).

A translocação deve seguir o padrão de fluxo de massa por pressão, como nas demais espécies. As folhas grandes e fotossintetizantes são fontes de carboidratos, que são enviados para os drenos como para a floração e frutificação.

12. Adaptações ao meio ambiente

A espécie *Guzmania monostachia* geralmente encontra-se em copas de árvores bem iluminadas, ocupando ambientes úmidos. Porém, ela pode ocorrer tanto em ambientes sombreados quanto totalmente expostos à luz, o que reflete sua alta adaptabilidade ao ambiente epifítico (Maxwell, 2002).

Maxwell et al. (1992, 1994, 1995, 1999), realizaram uma série de trabalhos nos quais verificaram que esta espécie apresenta respostas fisiológicas de fotoproteção quando expostas a altas luminosidades, como: (1) fotoinibição, (2) aumento de pigmentos protetores (dissipadores do excesso de energia luminosa) e (3) indução do CAM. Observaram que o CAM em *G. monostachia* mantinha alta taxa de transporte de elétrons através da descarboxilação do malato durante o período do meio-dia, o que pode ser importante como uma adaptação à exposição a luz no nicho epífita. Pereira et al. (2013), notaram que plantas adultas em fase vegetativa podem apresentar um aumento do CAM sob déficit hídrico.

13. Estratégias para altas produções

As bromeliáceas, principalmente as pertencentes à subfamília Bromelioidae, possuem uma grande importância ecológica no bioma da Floresta Amazônica, por serem fonte de frutos carnosos, néctar, água (armazenada entre as folhas) e por abrigar pequenos mamíferos, anfíbios, pássaros e insetos (Balke et al., 2008).

As bromélias também apresentam um importante valor comercial como plantas ornamentais, devido a beleza exótica de suas folhas e flores (Vesco et al., 2011). Assim, a extração ilegal visando complementação de renda, realizada em ambientes naturais, tem ameaçado algumas espécies de extinção.

Os métodos mais comuns para propagação de bromélias incluem a propagação por sementes e através de brotações laterais. No entanto, estes métodos não são apropriados para a propagação em larga escala, sendo a técnica de multiplicação *in vitro* a mais apropriada para alcançá-la (Pickens et al., 2006; Guerra; Vesco, 2010).

Phulwaria et al. (2012), sugerem como alternativa para redução do custo de propagação de plantas *in vitro*, o enraizamento *ex vitro*. Plântulas *ex vitro* apresentam vantagens potenciais, quando comparadas às *in vitro*, tais como, melhor sistema radicular, melhor adaptação e maior taxa de sobrevivência (Yan et al., 2010; Benmahiou et al., 2012; Phulwaria et al., 2013).

Outra estratégia para viabilizar a produção de mudas de bromélias em larga escala, é o manejo do substrato utilizado na aclimação das mesmas. Rodrigues et al. (2004), estudando o desenvolvimento de mudas de Bromélia-Imperial (*Alcantarea imperialis*) em diferentes substratos, observaram um melhor crescimento das mudas aclimatadas em substrato composto pela mistura igualitária entre terra de subsolo e casca de arroz carbonizada.

14. Efeitos de reguladores vegetais

Efeitos de fitorreguladores foram observados na morfogênese *in vitro* de bromélias, em *Neoglaziovia variegata* (Arr. Cam) Mez, *Guzmania Hilda* (Huang et al., 2011a), *Dyckia distachya* Hassler (Pompelli; Guerra 2005), *Vriesea gigantea* Gaudich e *Vriesea philippocoburgii* Wawra (Droste et al., 2005). Esses autores mostraram que as técnicas de cultura de tecidos são potencialmente importantes para a propagação destes grupos taxonômicos. Para a *Vriesea reitzii* Leme e Costa (Alves et al., 2006) e *Aechmea fasciata* Baker (Huang et al., 2011b), espécies com capacidade de rizogênese *ex vitro*, foram observados efeitos em brotações *in vitro*.

Martins et al., (2013), estudando o efeito de auxinas sintéticas no enraizamento *in vitro* e *ex vitro* de bromélias, observaram vantagens na rizogênese e na brotação, além de diminuir custos e o tempo de cultivo de *Neoregelia concentrica*.

Referências

- ALVES, G.M.; VESCO, L.L.D.; GUERRA, M.P. Micropropagation of the Brazilian endemic bromeliad *Vriesea reitzii* through nodule clusters culture. **Scientia Horticulturae**, v. 110, n. 2, p. 204-207, 2006.
- AOYAMA, E.M. et al. Avaliação da eficiência da propagação de *Alcantarea imperialis* (Bromeliaceae) cultivada *in vitro* e *ex vitro*. **Rodriguesia**, v. 63, n. 2, p. 321-331, 2012.
- BALKE, M. et al. Ancient associations of aquatic beetles and tank bromeliads in the neotropical forest canopy. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 105, n. 17, p. 6356-6361, 2008.
- BENMAHIOUL, B. et al. Micropropagation and *ex vitro* rooting of pistachio (*Pistacia vera* L.). **Plant Cell Tissue and Organ Culture**, v. 108, n. 2, p. 353-358, 2012.
- BENZING, D.H. **Bromeliaceae**: profile of an adaptive radiation. Cambridge: Cambridge University Press, 2000. 675 p.
- BRIGHIGNA, L.; FIORDI, A.C.; PALANDRI, M.R. Structural comparison between free and anchored roots in *Tillandsia* (Bromeliaceae) species. **Caryologia**, v. 43, n. 1, p. 27-42, 1990.
- COELHO, M.F.B. et al. Superação da dormência em sementes de *Bromelia balansae* (Bromeliaceae). **Horticultura Brasileira**, v. 29, n. 4, p. 472-476, 2011.
- DEBERGH, P. C. Acclimatization techniques of plants from *in vitro*. **Acta Horticulturae**, v. 289, p. 291-300, 1991.
- DETTKE, G.A.; MILANEZE-GUTIERRE, M.A. Anatomia vegetativa de *Bromelia antiacantha* Bertol (Bromeliaceae, Bromelioideae). **Balduinia**, n. 13, p. 1-14, 2008.
- DROSTE, A. et al. *In vitro* culture of *Vriesea gigantea* and *Vriesea philippocoburgii*: two vulnerable bromeliads native to Southern Brazil. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 48, n. 5, p. 717-722, 2005.
- FORZZA, R.C. et al. Bromeliaceae. In: INSTITUTO DE PESQUISAS JARDIM BOTÂNICO DO RIO DE JANEIRO. **Lista de espécies da flora do Brasil**. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB66>>. Acesso em: 04 nov.2014.
- GIVNISH, T.J. Hallmarks of the new world. **Systematic Biology**, v. 54, n. 2, p. 340-344, 2005.

GIVNISH, T.J. et al. Phylogeny, adaptive radiation, and historical biogeography in Bromeliaceae: insights from an eight-locus plastid phylogeny. **American Journal of Botany**, v. 98, p. 872–895, 2011.

GRAHAM, E.A.; ANDRADE, J.L. Drought tolerance associated with vertical stratification of two co-occurring epiphytic bromeliads in tropical dry forest. **American Journal of Botany**, v. 91, n. 5, p. 699-706, 2004.

GUERRA, M.P.; VESCO, L.L.D. Strategies for the micropropagation of bromeliads. In: JAIN, S.M.; OCHATT, S.J. (Ed.). **Protocols for *in vitro* propagation of ornamental plants: methods in molecular biology**. New York: Human Press, 2010. p. 47-66.

HOLCMAN, E.; SENTELHAS, P.C. Bromeliads production in greenhouses associated to different shading screens. **Horticultura Brasileira**, v. 31, n. 3, p. 386-391, 2013.

HUANG, P.L. et al. Micropropagation of the bromeliad *Guzmania* ‘Hilda’ via organogenesis and the effect of α -naphthaleneacetic acid on plantlet elongation. **Scientia Horticulturae**, v. 130, n. 4, p. 894-898, 2011a.

HUANG, P.L. et al. Micropropagation of bromeliad *Aechmea fasciata* via floral organ segments and effects of acclimatization on plantlet growth. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, v. 105, n. 1, p. 73-78, 2011b.

KANASHIRO, S. **Nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e o crescimento de plântulas de *Aechmea blanchetiana* (BAKER) L.B. Smith *in vitro***. 2005. 187 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

LAMBERS, H.; CHAPIN III, F.S.; PONS, T. **Plant physiological ecology**. New York: Springer-Verlag, 1998. 571 p.

LEROY, C. et al. Ants mediate foliar structure and nitrogen acquisition in a tank bromelioid. **New Phytologist**, v. 183, n. 1, p. 1124-1133, 2009.

LUTHER, H. E. **An alphabetical list of bromeliad binomials**, 11th ed. Sarasota: The Bromeliad Society International, 2008. 114 p.

MARTINS, J.P.R. et al. Effect of synthetic auxins on *in vitro* and *ex vitro* bromeliad rooting. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 43, n. 2, p. 138-146, 2013.

MAXWELL, C.; GRIFFITHS, H.; YOUNG, A.J. Photosynthetic acclimation to light regime and water stress by the C₃-CAM epiphyte *Guzmania monostachia*: gas-exchange characteristics, photochemical efficiency and the xanthophyll cycle. **Functional Ecology**, v. 8, p. 746-754, 1994.

MAXWELL, C. et al. Short term photosynthetic responses of the C₃-CAM epiphyte *Guzmania monostachia* var. *monostachia* to tropical seasonal transistions under field conditions. **Australian Journal of Plant Physiology**, v. 22, p. 771-781, 1995.

MAXWELL, C. et al. Chloroplast acclimation in leaves of *Guzmania monostachia* in response to high light. **Plant Physiology**, v. 121, p. 89-95, 1999.

MAXWELL, C. Resistance is useful: diurnal patterns of photosynthesis in C_3 and crassulacean acid metabolism epiphytic bromeliads. **Functional Plant Biology**, v. 29, p. 679-687, 2002.

MERCIER, H. **Estudos em Bromeliaceae**: desenvolvimento e metabolismo do nitrogênio. 2004. 48f. Tese (Livre-Docência) - Instituto de Botânica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

MONTEIRO, R.F.; FORZZA, R.C.; MANTOVANI, A. Leaf structure of *Bromelia* and its significance for evolution of Bromelioideae (Bromeliaceae). **Plant Systematic and Evolution**, v. 293, n. 1, p. 53-64, 2011.

NATIONAL CENTER FOR BIOTECHNOLOGY INFORMATION. **Taxonomy**. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/taxonomy/>>. Acesso em: 12 set. 2014.

NAVES, V.C. **Propagação *in vitro* da bromélia imperial *Alcantarea imperialis* (Carrière) Harms.** 2001. 64 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2001.

NEVES, S.P.S.; CONCEIÇÃO, A.A. Campo rupestre recém queimado na Chapada Diamantina, Bahia, Brasil: plantas de rebrotas e sementes, com espécies endêmicas na rocha. **Acta Botânica Brasílica**, v. 24, n. 3, p. 697-707, 2010.

PEREIRA, P.N.; PURGATTO, E.; MERCIER, H. Spatial division of phosphoenolpyruvate carboxylase and nitrate reductase activity and its regulation by cytokinins in CAM-induced leaves of *Guzmania monostachia* (Bromeliaceae). **Journal of Plant Physiology**, v. 170, n. 12, p. 1067-1074, 2013.

PICKENS, K.A. et al. Adventitious bud development and regeneration in *Tillandsia eizii*. **In vitro Cellular & Developmental Biology - Plant**, v. 42, n. 4, p. 348-353, 2006.

PHULWARIA, M. et al. An efficient *in vitro* regeneration and *ex vitro* rooting of *Ceropegia bulbosa* Roxb., a threatened and pharmaceutical important plant of Indian Thar Desert. **Industrial Crops and Products**, Amsterdam, v. 42, n. 1, p. 25-29, 2013.

POMPELLI, M.F.; GUERRA, M.P. Enraizamento *in vitro* e *ex vitro* de *Dyckia distachya* Hassler, sob diferentes concentrações de AIB. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v. 12, n. 2, p. 42-49, 2005.

RAMAGE, C.M.; WILLIAMS, R.R. Mineral nutrition and plant morphogenesis. **In vitro Cellular & Developmental Biology-Plant**, v. 38, n. 2, p. 116-124, 2002.

REYES-GARCÍA, C.; MEJIA-CHANG, M.; GRIFFITHS, H. Water vapour isotopic exchange by epiphytic bromeliads in tropical dry forest reflects niche differentiation and climatic signals. **Plant Cell and Environment**, v. 31, p. 828-841, 2008.

REYES-GARCÍA, C.; MEJIA-CHANG, M.; GRIFFITHS, H. Hight but not dry: diverse epiphytic bromeliad adaptations to exposure within a seasonally dry tropical forest community. **Plant Cell and Environment**, v. 193, p. 745-754, 2011.

REYES-GARCÍA, C. et al. Niche differentiation in tank and atmospheric epiphytic bromeliad of a seasonally dry forest. **Biotropica**, v. 40, n. 2, p. 168-175, 2008a.

RODRIGUES, T.M. et al. Desenvolvimento de mudas de bromélia-imperial (*Alcantarea imperialis*) em diferentes substratos. **Ciência Agrotecnica**, Lavras, v. 28, n. 4, p. 757-763, 2004.

ROSA, S.G.T.; FERREIRA, A.G. Germinação de sementes de espécies medicinais do Rio Grande do Sul: *Bromelia antiacantha* Bert., *Cuphea carthagenensis* (Jacq.) Macbride e *Talinum patens* (Jacq.) Willdenow. **Acta Botanica Brasilica**, v. 12, n. 3, p. 515-522, 1998.

SOUZA, F.V.D. et al. Micropropagation and *in vitro* conservation of *Neoglaziova variegata* (Arr. Cam.) Mez, a fiber producing bromeliad from Brazil. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 52, n. 4, p. 923-932, 2009.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2009. 848 p.

TAKAHASHI, C.A.; CECCANTINNI, G.C.T.; MERCIER, H. Differential capacity of nitrogen assimilation between apical and basal leaf portions of a tank epiphytic bromeliad. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 19, n. 2, p. 119-126, 2007.

TAVARES, A.R. et al. Efeito da adubação foliar com KNO₃ na aclimatização de bromélia cultivada *in vitro*. **Horticultura Brasileira**, v. 26, p. 175-179, 2008.

VESCO, L.L.D. et al. Induction and scale-up of *Billbergia zebrina* nodule cluster cultures: implications for mass propagation, improvement and conservation. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 28, n. 4, p. 515-522, 2011.

VIEIRA, D.C.M.; SOCOLOWSKI, F.; TAKAKI, M. Germinação de sementes de *Dyckia tuberosa* (Vell.) Beer (Bromeliaceae) sob diferentes temperaturas em luz e escuro. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 30, n. 2, p. 183-188, 2007.

WOOD, A.J. Ecophysiological adaptations to water limited environments. In: JENKS, M.A.; HASEGAWA, P.M. (Ed.). **Plant abiotic stress**. New Delhi: Blackwell, 2005. p. 1-13.

YAN, H. et al. *In vitro* and *ex vitro* rooting of *Siratia grosvenorii*, a traditional medicinal plant. **Acta Physiologiae Plantarum**, Heidelberg, v. 32, n. 1, p. 115-120, 2010.

ZOTZ, G.; ANDRADE, J.L. Water relations of two co-occurring epiphytic bromeliads. **Journal of Plant Physiology**, v. 152, p. 545-554, 1998.

ZOTZ, G.; HIETZ, P. The physiological ecology of vascular epiphytes: current knowledge, open questions. **Journal of Experimental Botany**, v. 52, n. 364, p. 2067-2078, 2001.

ZOTZ, G.; THOMAS, V. How much water is in the tank? Model calculations for two epiphytic bromeliads. **Annals of Botany**, v. 83, n. 2, p. 183-192, 1999.