

## CAULE

### Introdução

O *caule* é o órgão da planta que fornece o *suporte mecânico* para folhas, flores e frutos, e também é responsável pela disposição destas partes na planta. As folhas ficam em posição adequada à recepção de luz e ar, as flores em posição que facilite a polinização e depois a dispersão das sementes. Além de sustentar a parte aérea da planta, o caule pode desempenhar outras funções, tais como: condução de água e sais minerais das raízes para a copa; condução dos açúcares, aminoácidos, hormônios e outros metabólitos aí produzidos para as demais partes da planta; armazenamento de reservas nutritivas; e às vezes participar na propagação vegetativa da planta.

A organização básica de um caule consiste num eixo com *nós* e *entrenós* (ou internós). Nos nós existem *folhas* e *gemmas*, sendo esta a diferença fundamental entre o caule e a raiz. A gema existente no ápice de um eixo caulinar é a *gema terminal*, enquanto aquelas localizadas nas axilas das folhas (uma ou mais por axila) são denominadas *gemmas laterais* ou *axilares*.

### Origem

A origem do caule acontece durante o desenvolvimento do embrião. Um embrião bem desenvolvido consiste do *eixo hipocótilo-radicular*, que possui na sua porção superior um ou mais cotilédones e um primórdio de gema. Esta gema pode ser apenas um conjunto de células meristemáticas ou um eixo com entrenós bem curtos e um ou mais primórdios foliares. Este conjunto é denominado plúmula e a porção caulinar da plúmula é denominada *epicótilo*.

Durante a germinação da semente, o meristema apical é o responsável pelo desenvolvimento do eixo caulinar e pela adição de novas folhas.

### Morfologia externa

A *gema terminal* ou *apical* é formada pelo meristema caulinar e primórdios foliares que o recobrem. Os *nós* são os pontos de inserção de uma ou mais folhas, e *entrenós*, os espaçamentos entre os nós. No ponto de inserção de cada folha, entre a axila foliar e a superfície do caule, existe uma ou mais *gemmas laterais* ou *axilares*.

As gemas podem ser nuas, mas principalmente nas espécies de clima frio e/ou temperado, são protegidas por folhas modificadas, denominadas *catáfios*, que caem quando as condições climáticas voltam a ficar favoráveis, permitindo assim, o desenvolvimento do meristema apical e das folhinhas jovens. Com seu desenvolvimento as gemas podem formar ramos com folhas, flores ou ambos.

Geralmente, a gema apical é a mais ativa, e as gemas laterais permanecem dormentes em consequência da dominância apical exercida pela primeira (por meio de hormônios do grupo das auxinas). À medida que aumenta a distância entre o ápice caulinar e as gemas laterais, a influência retardadora do ápice diminui e as gemas laterais podem se desenvolver. A remoção da gema apical pela poda, prática comum dos jardineiros estimula o desenvolvimento das gemas laterais e resulta no desenvolvimento de plantas ramificadas.

### Tipos fundamentais de ramificação:

A morfologia do sistema caulinar é amplamente determinada pelo tipo de ramificação apresentada. Os principais tipos de ramificação são:

**Sistema monopodial:** onde o crescimento do caule se dá pela atividade de uma única gema apical, que persiste por toda a vida da planta (fig. 1). Neste sistema, o eixo caulinar primário formado por tecidos derivados de uma única gema apical, é mais desenvolvido que os demais e cresce verticalmente, enquanto, os ramos laterais têm crescimento oblíquo e são menos desenvolvidos, como se vê na maioria dos pinheiros (*Araucaria angustifolia* - Araucariaceae).



Figura 1 – Sistema monopodial

**Sistema simpodial:** onde várias gemas participam da formação de cada eixo (fig. 2). Isto acontece porque a gema apical cessa a sua atividade, sendo logo substituída por uma gema lateral, que passa a atuar como principal, e assim por diante, ou porque o eixo

principal perde a sua dominância sobre os ramos laterais. Deste modo, o eixo principal é formado por tecidos originados das diversas gemas que se substituem gradativamente. As árvores, de uma maneira geral, apresentam o sistema caulinar do tipo simpodial.

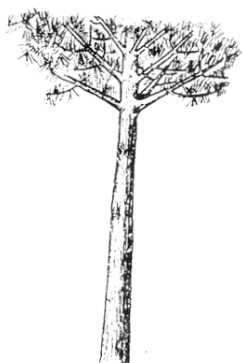


Figura 2 – Sistema simpodial

O caule pode ser classificado de diferentes maneiras, dependendo da característica analisada.

**Quanto à consistência:** os caules podem ser classificados em:

**Herbáceos:** caules tenros, geralmente clorofilados, flexíveis, não lignificados, característico das ervas. Exemplo: moréia (*Dietes bicolor* - Iridaceae).

**Sublenhosos:** caules lignificados apenas na região basal, mais velha, junto às raízes e tenros no ápice. Ocorrem em muitos subarbustos. Exemplo: coroa-de-cristo (*Euphorbia milii* - Euphorbiaceae).

**Lenhosos:** caules intensamente lignificados, rígidos, geralmente de grande porte e com um considerável aumento em diâmetro, como por exemplo, os troncos das árvores. Exemplo: mogno (*Swietenia macrophylla* - Meliaceae).

**Quanto ao desenvolvimento do caule (hábito):**

**Ervas:** Plantas, geralmente, pouco desenvolvidas, de consistência herbácea, tenra devido à ausência de crescimento secundário. Exemplo: amor-perfeito (*Viola wittrockiana* - Violaceae).

**Subarbustos:** Plantas que alcançam aproximadamente 1,5m de altura, cujos ramos são

sublenhosos. Exemplo: arnica (*Arnica chamissonis* - Asteraceae).

**Arbusto:** Plantas de altura média inferior a 5m, resistentes, com ramos lenhosos sem um tronco predominante, porque o caule ramifica-se a partir da base. Exemplo: ixora (*Ixora undulata* - Rubiaceae).

**Árvore:** Plantas de altura superior a 5m, geralmente com um tronco nítido que apresenta crescimento secundário sendo que a parte ereta constitui a haste e a ramificada constitui a copa. Exemplo: pinheiro-dourado (*Chamaecyparis obtusa* - Cupressaceae).

**Arvoreta:** Árvore de pequeno porte, ou com tronco principal muito curto. Exemplo: pêssego-do-mato (*Hexachlamys edulis* - Myrtaceae).

**Trepadeira:** Caule tipo cipó, trepador, sarmentoso, lenhoso, por muitas vezes atingindo vários metros de comprimento. Exemplo: cipó-de-São-João (*Pyrostegia venusta* - Bignoniaceae).

**Quanto ao habitat:** de modo semelhante à raiz, o caule pode ser aéreo, subterrâneo ou aquático.

**Caules aéreos:** podem ser classificados em:

**Haste:** caule de diâmetro relativamente pequeno, ereto, herbáceo, não lignificado e clorofilado. Os nós geralmente são evidenciados pela presença das folhas. Exemplo: copo-de-leite (*Zantedeschia aethiopica* - Araceae).

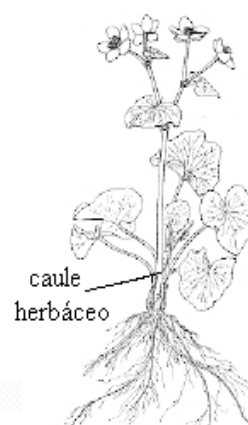


Figura 3 – Haste

**Tronco:** caule robusto, com desenvolvimento maior na base e com ramificações no ápice, característico das árvores (fig. 4). Há um tipo especial de tronco, o tronco suculento que se apresenta intumescido pelo acúmulo

de água. Exemplo: paineira (*Chorisia speciosa* - Bombacaceae).

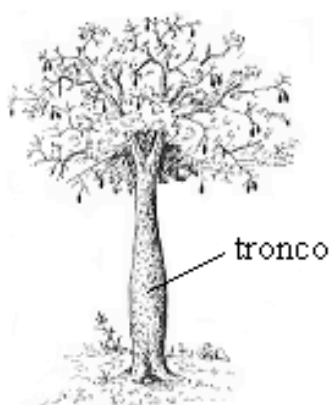


Figura 4 – Tronco

**Estipe:** caule geralmente cilíndrico, não ramificado, com uma coroa de folhas apenas no ápice (fig. 5). Exemplo: pandano (*Pandanus veitchi* - Pandanaceae).

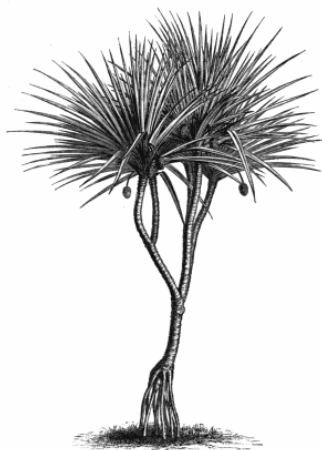


Figura 5 – Estipe

**Colmo:** caule geralmente ramificado e com uma nítida divisão entre nós e entrenós e com folhas desde a base. Os colmos podem ser:

**Cheios:** apresenta os entrenós com medula (fig. 6). Exemplo: cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* - Poaceae) e milho (*Zea mays* - Poaceae).



Figura 6 – Colmo cheio

**Fistulosos (ocos):** quase toda a medula desaparece na região dos entrenós, permanecendo apenas na região dos nós (fig. 7). Exemplo: bambu (*Bambusa vulgaris* - Poaceae).

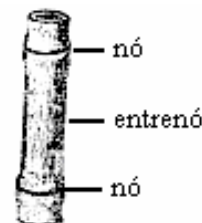


Figura 7 – Colmo fistuloso

Há ainda alguns caules aéreos que não conseguem sustentar o peso da copa da planta, sendo então denominados:

**Caules rastejantes:** são aqueles que crescem paralelamente ao solo. Podem ser classificados em:

**Estolonífero ou estolão:** caule que cresce paralelamente à superfície do solo formando raízes adventícias e ramos aéreos em nós consecutivos, em nós intercalados ou, às vezes, vemos vários nós e entrenós sem que as raízes e ramos se formem (fig. 8). Este tipo de caule pode servir à reprodução vegetativa da planta, e de cada nó pode desenvolver uma nova planta, que finalmente se torna independente. Exemplo: morangueiro (*Fragaria vesca* - Rosaceae).



Figura 8 – Rastejante do tipo estolão

**Sarmentoso ou prostrado:** caule que se prende ao solo por um único ponto de fixação e cresce rastejando, sem formar outros pontos de enraizamento (fig. 9). Exemplo: abóbora (*Cucurbita pepo* - Cucurbitaceae).



Figura 9 – Rastejante do tipo sarmentoso

Eventualmente, um caule rastejante ao encontrar um suporte pode tornar-se trepador, subindo por meio de elementos de fixação, tais como raízes grampiformes ou gavinhas, como em hera (*Hedera helix* - Araliaceae) e chuchu (*Sechium vulgare* - Cucurbitaceae).

**Caule volúvel:** caule aéreo que se enrola em um suporte (fig. 10). Os caules volúveis são dotados de irritabilidade e enrolam-se ao tocar em um suporte, podendo fazê-lo pela direita ou pela esquerda. Se o caule volúvel, ao passar por trás do suporte, dirige-se para a direita, é chamado *dextrorso*. Se, no entanto, dirige-se para a esquerda, ele é chamado *sinistrorso*. É importante salientar que o enrolamento é constante para cada espécie. Exemplo: campainha (*Ipomoea carnea*, Convolvulaceae) e cipó-uva (*Serjania grandifolia* - Sapindaceae).



Figura 10 – Caule volúvel

**Caules subterrâneos:** podem ser considerados formas incomuns de caule, principalmente, porque uma das funções primárias do caule é a de expor as folhas à luz. Os caules subterrâneos, geralmente, são estruturas que associam as funções de armazenamento de reservas e formas de propagação vegetativa. Os caules servem também para garantir a vida da planta quando as partes aéreas não sobrevivem, quer pelo frio, seca ou queimada. Os caules subterrâneos podem ser classificados em:

**Rizoma:** caule mais ou menos cilíndrico, com folhas modificadas em catáfilos. O caule apresenta crescimento horizontal na superfície do solo ou levemente enterrado, mas próximo à superfície do solo, podendo ser delgado ou suculento, mas em ambos os casos, geralmente, é armazenador de substâncias (fig. 11). O rizoma apresenta todas as características de um sistema caulinar comum: nós, entrenós e gemas além de habitualmente formar raízes adventícias. Exemplo: bananeira (*Musa paradisiaca*, Musaceae), lírio-do-brejo (*Hedychium coronarium* - Zingiberaceae) e espada-de-São-Jorge (*Sansevieria trifasciata* - Liliaceae).



Figura 11 – Rizoma

**Tubérculo:** caule subterrâneo que apresenta a porção terminal de seus ramos longos e delgados, dilatada e cheia de reservas (fig. 12). Como o rizoma, o tubérculo apresenta-se envolvido por catáfilos membranosos (ou apenas as suas cicatrizes) e gemas. O tubérculo difere do rizoma pelo fato do seu espessamento (acúmulo de substâncias) limitar-se às porções terminais e por não formar raízes adventícias a partir dos nós. Exemplo: batata inglesa (*Solanum tuberosum* - Solanaceae).

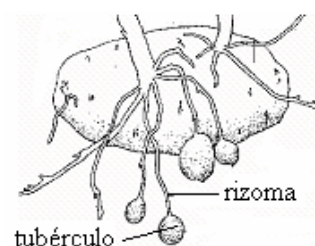


Figura 12 – Tubérculo

**Observação:** Algumas plantas formam tubérculos aéreos como o caso do cará-do-ar (*Dioscorea bulbifer* -, Dioscoreaceae).

**Cormo:** sistema caulinar espessado e comprimido verticalmente, geralmente envolvido por catáfilos secos. É uma estrutura sólida que serve para armazenar reservas. Um cormo difere de um tubérculo

por ter o caule com a base espessada e não seu ápice. Exemplo: palma-de-Santa-Rita (*Gladiolus hortulanus* - Iridaceae).

**Bulbo:** sistema caulinar comprimido verticalmente, onde o caule propriamente dito é reduzido a um “disco basal” do qual partem muitos catáfilos densamente dispostos, os mais externos secos e os mais internos suculentos. Podemos reconhecer dois tipos de bulbos:

**Tunicado:** bulbo que apresenta catáfilos suculentos, concêntricos, derivados de bainhas de folhas que já morreram (fig. 13). Exemplo: cebola (*Allium cepa* - Liliaceae). No alho (*Allium sativus* - Liliaceae) o bulbo é composto de vários bulbilhos, cada um deles com a mesma estrutura básica.

**Escamoso:** bulbo que apresenta catáfilos derivados de folhas internas, que não se dispõem concentricamente. Exemplo: lírio-japonês (*Lilium longiflorum* - Liliaceae).

**Xilopódio:** sistema subterrâneo muito espessado, geralmente lignificado e duro, comum em diversas espécies de cerrados e campos brasileiros, cuja estrutura anatômica não é ainda bem conhecida, podendo ser formado parcialmente por caule e raiz. Após a seca ou queimada, rebrotam dos xilopódios ramos com folhas e flores. Exemplo: camará (*Camarea hirsuta* - Malpighiaceae).

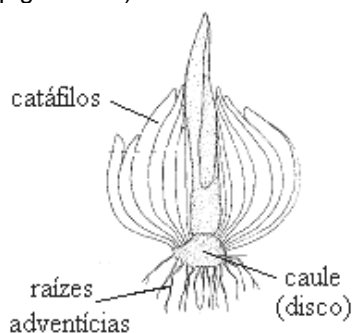


Figura 13 – Bulbo tunicado

**Nota:** Escapo é um pedúnculo originado a partir de um caule subterrâneo como, por exemplo, (bulbo, rizoma). Geralmente são áfilos (sem folhas) ou providos de pequenas folhas escamiformes ou brácteas. No ápice produzem uma flor ou inflorescência. O escapo ocorre nas plantas ditas “acaules”. Exemplo: lírio (*Hemerocallis flava* - Liliaceae).

**Caules aquáticos:** são aqueles que se desenvolvem em meio aquático, e como as raízes

aquáticas, também podem desenvolver grandes quantidades de aerênquima (fig. 14). Exemplo: aguapé (*Eichornia crassipes* - Pontederiaceae).

### Adaptações caulinares

O caule pode assumir aspectos diferentes dos tipos mais comuns, e essas modificações geralmente são adaptações a condições especiais. O caule pode ser transformado em espinhos, gavinhas, ou então, adquirir uma forma achatada, em substituição às folhas ausentes, reduzidas ou ainda transformadas em espinhos.

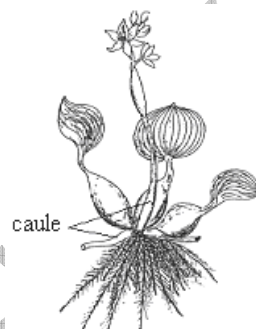


Figura 14 – Caule aquático

Podemos reconhecer que estamos diante de um caule pela presença de gemas, folhas escamiformes, flores e também pela posição axilar de toda a estrutura.

As adaptações caulinares podem ser classificadas como:

**Gavinhas caulinares:** são ramos modificados formados na axila das folhas e que servem como elementos de fixação para o caule trepador (fig. 15). As gavinhas podem ser volúveis enrolando-se em hélice no substrato. Exemplo: maracujá (*Passiflora alata* - Passifloraceae). Outras são diferenciadas em garras, como por exemplo, no cipó-unha-de-gato (*Macfadyena unguis* - Bignoniaceae). Podem ainda se diferenciar em ventosas ou discos adesivos, como por exemplo, na cortina-japonesa (*Parthenocissus tricuspidata* - Vitaceae).

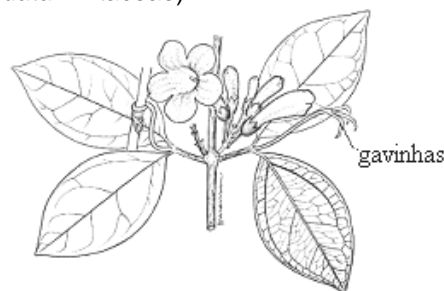


Figura 15 – Gavinhas caulinares

**Espinhos:** são gemas desenvolvidas com função de proteção contra predação (fig. 16). Exemplo: limoeiro (*Citrus limon* - Rutaceae). Não devem ser confundidos com acúleos de rosa (*Rosa sinensis* - Rosaceae), juá (*Solanum aculeatissimum* - Solanaceae) ou paineira (*Chorisia speciosa* - Bombacaceae), que são meras formações epidérmicas, sem vascularização, geralmente sem posição definida no caule.

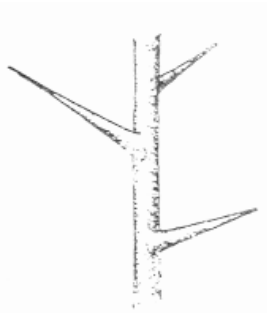


Figura 16 – Espinhos

**Cladódio:** caule modificado que assume a aparência e a função fotossintetizante de uma folha, mas que apresenta crescimento contínuo, devido à presença de uma gema apical (fig. 17). Geralmente, o cladódio se forma em plantas áfilas (sem folhas), com as folhas reduzidas ou transformadas em espinhos, como por exemplo, nos cactos (*Opuntia compressa* - Cactaceae), no caule alado da carqueja (*Bacharis trimera*, Asteraceae) ou em fita-de-moça (*Muehlenbeckia platyclada* - Polygonaceae).



Figura 17 - Cladódio

Quando o crescimento deste caule achatado e clorofilado é limitado e sua estrutura é semelhante a uma folha sendo esta modificação denominada *filocládio* (fig. 18). A sua natureza caulinar só pode ser percebida pela presença de flores (flores só se

desenvolvem a partir de gemas existentes no caule). Exemplo: aspargo (*Asparagus densiflorus* - Asparagaceae)



Figura 18 – Filocládio