

## Capítulo 3

---

### **Fisiologia da Produção**

Paulo César Magalhães  
Frederico O. M. Durães

### 3.1 Introdução

A absorção, o transporte e a conseqüente transpiração de água pelas plantas são conseqüência da demanda evaporativa da atmosfera (evapotranspiração potencial), resistência estomática e difusão de vapor, água disponível no solo e densidade de raízes.

A planta absorve água do solo para atender às suas necessidades fisiológicas e, com isto, suprir a sua necessidade em nutrientes, que são transportados junto com a água, sob a forma de fluxo de massa. Do total de água absorvida pela planta, uma quantidade bem reduzida (cerca de 1%) é retida pela mesma. Embora se possa pensar que há desperdício, na verdade, isso não ocorre, pois é pelo processo da transpiração (perda de calor latente) que os vegetais controlam a sua temperatura.

As restrições causadas pela baixa disponibilidade de água do solo ou pela alta demanda evaporativa ativam certos mecanismos fisiológicos que permitem aos vegetais escapar ou tolerar essas limitações climáticas, modificando seu crescimento e desenvolvimento, e até mesmo atenuando as reduções na produção final.

Dentre os mecanismos que podem contribuir para a resistência à seca e que têm sido considerados em programas de melhoramento genético, apontam-se: a) sistema radicular extenso e/ou mais denso ou maior relação raiz/parte aérea; b) pequeno tamanho de células; c) cutícula foliar (com maior espessura e cerosidade); d) mudanças no ângulo foliar; e) comportamento e freqüência estomática; f) acúmulo de metabólito intermediário; g) ajuste osmótico; h) resistência à desidratação das células; i) outros.

O milho é cultivado em regiões cuja precipitação varia de 300 a 5.000 mm anuais, sendo que a quantidade de água consumida por uma lavoura de milho durante o seu ciclo está em torno de 600 mm. Dois dias de estresse hídrico no florescimento diminuem o rendimento em mais de 20%, quatro a oito dias diminuem em mais de 50%. O efeito da falta de água, associado à produção de grãos, é particularmente importante em três estádios de desenvolvimento da planta: a) iniciação floral e desenvolvimento da inflorescência, quando o número potencial de grãos é determinado; b) período de fertilização, quando o potencial de produção é fixado; nessa fase, a presença da água também é importante para evitar a desidratação do grão de pólen e garantir o desenvolvimento e a penetração do tubo polínico; c) enchimento de grãos, quando ocorre o aumento na deposição de matéria seca, o qual está intimamente relacionado à fotossíntese, desde que o estresse vai resultar na menor produção de carboidratos, o que implicaria menor volume de matéria seca nos grãos. Portanto, a importância da água está relacionada também com a fotossíntese, uma vez que o efeito do déficit hídrico sobre o crescimento das plantas implica menor disponibilidade de CO<sub>2</sub> para fotossíntese e limitação dos processos de alongação celular.

A falta de água é sempre acompanhada por interferência nos processos de síntese de RNA e proteína, caracterizada por um aumento aparente na quantidade de aminoácidos livres, como a prolina. A manutenção da pressão de turgescência celular, através do acúmulo de solutos (ajustamento osmótico), é um mecanismo de adaptação das plantas para seu crescimento ou sobrevivência em períodos de estresse de água. Apesar do alto requerimento de água pela planta de milho, ela é eficiente no seu uso para conversão de matéria seca.

Para um eficiente manejo de irrigação, de nutrientes e de outras práticas culturais, é de fundamental importância o conhecimento das diferentes fases de crescimento do milho, com suas diferentes demandas. Portanto, este capítulo enfatiza os diversos estádios de crescimento da planta de milho, desde a sua emergência até a maturidade fisiológica, em plantio de verão.

As considerações feitas neste tópico, com o genótipo de milho, referem-se a um material de ciclo normal, cuja floração acontece aos 65 dias após a emergência .

Todas as plantas de milho seguem um mesmo padrão de desenvolvimento, porém, o intervalo de tempo específico entre os estádios e o número total de folhas desenvolvidas podem variar entre híbridos, ano agrícola, data de plantio e local.

### **3.2 Identificação dos estádios de crescimento /desenvolvimento**

O sistema de identificação empregado divide o desenvolvimento da planta em **vegetativo (V)** e **reprodutivo(R)**, conforme mostra a Tabela 3.1. Subdivisões dos estádios vegetativos são designados numericamente como V1, V2, V3 até V(n); em que (n) representa a última folha emitida antes do pendoamento (Vt). O primeiro e o último estádios V são representados, respectivamente, por (**VE, emergência**) e (**Vt, pendoamento**).

Durante a fase vegetativa, cada estádio é definido de acordo com a formação visível do colar na inserção da bainha da folha com o colmo. Assim, a primeira folha de cima para baixo, com o colar visível, é considerada completamente desenvolvida e, portanto, é contada como tal.

**Tabela 3.1.** Estádios vegetativos e reprodutivos da planta de milho.

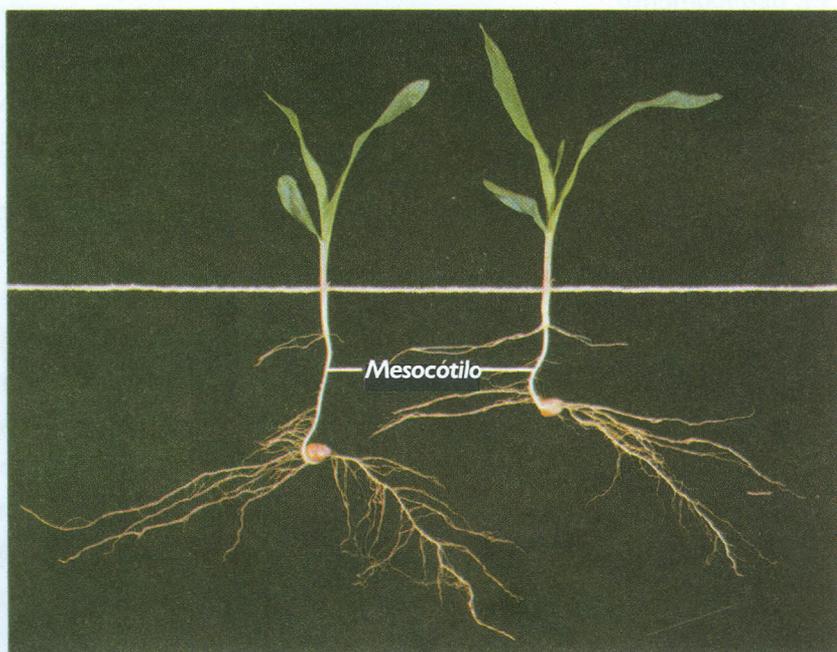
<b>Vegetativo</b>	<b>Reprodutivo</b>
VE, emergência	R1, Embonecamento
V1, 1ª folha desenvolvida	R2, Bolha d'água
V2, 2ª folha desenvolvida	R3, Leitoso
V3, 3ª folha desenvolvida	R4, Pastoso
V4, 4ª folha desenvolvida	R5, Formação de dente
V(n), nª folha desenvolvida	R6, Maturidade Fisiológica
VT, pendoamento	

### 3.2.1 Germinação e emergência (estádio VE)

Em condições normais de campo, as sementes plantadas absorvem água, incham e começam a crescer. A radícula é a primeira a se alongar, seguida pelo coleóptilo, com plúmula incluída. O estágio VE é atingido pela rápida alongação do mesocótilo, o qual empurra o coleóptilo em crescimento para a superfície do solo. Em condições de temperatura e umidade adequadas, a planta emerge dentro de quatro a cinco dias, porém, em condições de baixa temperatura e pouca umidade, a germinação pode demorar até duas semanas ou mais. Assim que a emergência ocorre e a planta expõe a extremidade do coleóptilo, o mesocótilo pára de crescer.

O sistema radicular seminal, que são as raízes oriundas diretamente da semente, tem o seu crescimento nessa fase e a profundidade onde elas se encontram depende da profundidade do plantio. O crescimento dessas raízes, também conhecido como sistema radicular temporário, diminui após o estágio VE e praticamente não existe no estágio V3.

O ponto de crescimento da planta de milho, nesse estágio, está localizado cerca de 2,5 a 4,0 cm abaixo da superfície do solo e se encontra logo acima do mesocótilo. Essa profundidade onde se acha o ponto de crescimento é também a profundidade onde se vai originar o sistema radicular definitivo do milho, conhecido como raízes nodais ou fasciculada. A profundidade do sistema radicular definitivo independe da profundidade de plantio, uma vez que a emergência da planta vai depender do potencial máximo de alongamento de mesocótilo, conforme pode ser visto na Figura 3.1.



**Figura 3.1.** Duas profundidades de plantio, mostrando detalhe do alongamento do mesocótilo.

O sistema radicular nodal se inicia, portanto, no estágio VE e o alongamento das primeiras raízes se inicia no estágio VI, indo até o R3, após o qual muito pouco crescimento ocorre.

No milho, não é constatada a presença de fatores inibitórios ao processo de germinação, visto que, sob condições ótimas de umidade, os grãos podem germinar imediatamente após a maturidade fisiológica, mesmo ainda estando presos à espiga.

Em síntese, na germinação, ocorre a embebição da semente, com a conseqüente digestão das substâncias de reserva, síntese de enzimas e divisão celular.

Baixa temperatura no plantio geralmente restringe absorção de nutrientes do solo e causa lentidão no crescimento. Esse fato pode ser parcialmente superado por uma aplicação de pequena quantidade de fertilizante no sulco de plantio, ao lado ou abaixo da semente.

A lentidão na germinação predispõe a semente e a plântula a uma menor resistência a condições ambientais adversas, bem como ao ataque de patógenos, principalmente fungos do gênero *Fusarium*, *Rhizoctonia*, *Phyitium* e *Macrophomina*. Para uma germinação e emergência mais rápidas, em plantio mais cedo, deve-se optar por uma profundidade de plantio mais rasa, onde a temperatura do solo é mais favorável. Em plantios tardios, as temperaturas do solo são geralmente adequadas em qualquer profundidade e a umidade do solo, nesse caso, é o fator limitante para rápido crescimento.

Se a irrigação está disponível ou uma chuva recente aconteceu, não há com que se preocupar. No entanto, na falta dessas situações, as camadas mais profundas do solo possuem maior teor de umidade, nos plantios tardios.

### 3.2.2 Estádio V3 (três folhas desenvolvidas)

O estágio de três folhas completamente desenvolvidas ocorre aproximadamente duas semanas após o plantio. Neste estágio, o ponto de crescimento ainda se encontra abaixo da superfície do solo e a planta possui ainda pouco caule formado (Figura 3.2).



**Figura 3.2.** Estádio de três folhas completamente desenvolvidas.



**Figura 3.3.** Planta no estágio V3, mostrando o ponto de crescimento abaixo da superfície do solo.

Pêlos radiculares do sistema radicular nodal estão agora em crescimento e o desenvolvimento das raízes seminais é paralisado.

Todas as folhas e espigas que a planta eventualmente irá produzir estão sendo formadas no V3. Pode-se dizer, portanto, que o estabelecimento do número máximo de grãos, ou a produção potencial, está sendo definido nesse estágio. No estágio V5 (cinco folhas completamente desenvolvidas), tanto a iniciação das folhas como das espigas vai estar completa e a iniciação do pendão já pode ser vista microscopicamente, na extremidade de formação do caule, logo abaixo da superfície do solo.

O ponto de crescimento, que se encontra abaixo da superfície do solo, é bastante afetado pela temperatura do solo nesses estágios iniciais do crescimento vegetativo. Assim, temperaturas baixas podem aumentar o tempo decorrente entre um estágio e outro, alongando, assim, o ciclo da cultura, podendo aumentar o número total de folhas, atrasar a formação do pendão e diminuir a disponibilidade de nutrientes para a planta. Uma chuva de granizo ou vento, nesse estágio, vai ter muito pouco ou nenhum efeito na produção final de grãos, uma vez que o ponto de crescimento estará protegido no solo. Disponibilidade de água nesse estágio é fundamental; por outro lado, o excesso de umidade ou encharcamento, quando o ponto de crescimento ainda se encontra abaixo da superfície do solo, pode matar a planta em poucos dias.

Controle de plantas daninhas nessa fase é fundamental para reduzir a competição por luz, água e nutrientes. Como o sistema radicular está em pleno desenvolvimento, mostrando considerável porcentagem de pêlos absorventes e ramificações diferencia-

das, operações inadequadas de cultivo (profundas ou próximas à planta) poderão afetar a densidade e a distribuição de raízes, com conseqüente redução na produtividade. Portanto, é recomendada cautela no cultivo.

### 3.2.3 Estádio V6 (seis folhas desenvolvidas Figura 3.4)

Nesse estágio, o ponto de crescimento e o pendão estão acima do nível do solo (Figura 3.5), o colmo está iniciando um período de alongação acelerada. O sistema radicular nodal (fasciculado) está em pleno funcionamento e em crescimento.



**Figura 3.4.** Estádio de seis folhas completamente desenvolvidas.



**Figura 3.5.** Planta no estágio V6, mostrando o ponto de crescimento acima da superfície do solo.

Nesse estágio, pode ocorrer o aparecimento de eventuais perfilhos, os quais se encontram diretamente ligados à base genética da cultivar, ao estado nutricional da planta, ao espaçamento adotado, ao ataque de pragas e às alterações bruscas de temperatura (baixa ou alta). No entanto, existem poucas evidências experimentais que demonstram a sua influência negativa na produção.

No estágio V8, inicia-se a queda das primeiras folhas e o número de fileiras de grãos é definido. Durante esse estágio, constata-se a máxima tolerância ao excesso de chuvas. No entanto, encharcamento por períodos de tempo maior que cinco dias poderá acarretar prejuízos consideráveis e irreversíveis.

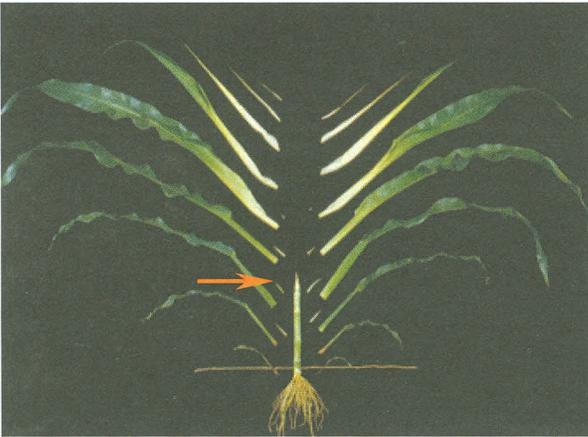
Estresse hídrico nessa fase pode afetar o comprimento de internódios, provavelmente pela inibição da alongação das células em desenvolvimento, concorrendo, desse modo, para a diminuição da capacidade de armazenagem de açúcares no colmo. O déficit de água também vai resultar em colmos mais finos, plantas de menor porte e menor área foliar.

Evidências experimentais demonstram que a distribuição total das folhas expostas nesse período, mediante ocorrência de granizo, geada, ataque severo de pragas e doenças, além de outros agentes, acarretará quedas na produção da ordem de 10 a 25%.

Períodos secos, aliados à conformação da planta, característica dessa fase (conhecida como fase do “cartucho”), conferem à cultura do milho elevada suscetibilidade ao ataque da lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*), exigindo constante vigilância. De V6 até o estágio V8, deverá ser aplicada a adubação nitrogenada em cobertura.

### 3.2.4 Estádio V9

Nesse estágio, muitas espigas são facilmente visíveis, se for feita uma dissecação da planta (Figura 3.6). Todo nó da planta tem potencial para produzir uma espiga, exceto os últimos seis a oito nós abaixo do pendão. Assim, uma planta de milho teria potencial para produzir várias espigas, porém, apenas uma ou duas (caráter prolífico) conseguem completar o crescimento.



**Figura 3.6.** Estádio V9, mostrando detalhes de várias espigas potenciais.

Nesse estágio, ocorre alta taxa de desenvolvimento de órgãos florais. O pendão inicia um rápido desenvolvimento e o caule continua alongando. A elongação do caule ocorre através dos entrenós. Após o estágio V10, o tempo de aparição entre um estágio foliar e outro vai encurtar, geralmente ocorrendo a cada dois ou três dias.

Próximo ao estágio V10, a planta de milho inicia um rápido e contínuo crescimento, com acumulação de nutrientes e peso seco, os quais continuarão até os estádios reprodutivos. Há uma grande demanda no suprimento de água e nutrientes para satisfazer as necessidades da planta.

### **3.2.5 - Estádio VI2**

O número de óvulos (grãos em potencial) em cada espiga, assim como o tamanho da espiga, são definidos em VI2, quando ocorre perda de duas a quatro folhas basais. Pode-se considerar que, nessa fase, inicia-se o período mais crítico para a produção, o qual estende-se até a polinização.

O número de fileiras de grãos na espiga já foi estabelecido; no entanto, o número de grãos/fileira só será definido cerca de uma semana antes do florescimento, em torno do estágio VI7.

Em VI2, a planta atinge cerca de 85% a 90% da área foliar e observa-se o início do desenvolvimento das raízes adventícias (“esporões”).

Devido ao número de óvulos e tamanho da espiga serem definidos nessa fase, a deficiência de umidade ou nutrientes pode reduzir seriamente o número potencial de sementes, assim como o tamanho das espigas a serem colhidas. O potencial desses dois fatores de produção está também relacionado com o período de tempo disponível para o estabelecimento deles, o qual corresponde ao período de VI0 a VI7. Assim, genótipos precoces, geralmente, nesses estádios, possuem um período mais curto de tempo e usualmente têm espigas menores que os genótipos tardios. Uma maneira de compensar essa desvantagem dos precoces seria aumentar a densidade de plantio.

### **3.2.6 Estádio VI5**

Esse estágio representa a continuação do período mais importante e crucial para o desenvolvimento da planta, em termos de fixação do rendimento. Desse ponto em diante, um novo

estádio foliar ocorre a cada um ou dois dias. Estilos-estigmas iniciam o crescimento nas espigas.

Em torno do estágio VI7, as espigas atingem um crescimento tal que suas extremidades já são visíveis no caule, assim como a extremidade do pendão já pode também ser observada.

Caso ocorra estresse de água no período de duas semanas antes até duas semanas após o florescimento, haverá grande redução na produção de grãos. Porém, a maior redução na produção poderá ocorrer com déficit hídrico na emissão dos estilos-estigmas (início de RI). Isso é verdadeiro também para outros tipos de estresse, como deficiência de nutrientes, alta temperatura ou granizo. O período de quatro semanas em torno do florescimento é o mais importante para irrigação.

### **3.2.7 Estádio VI8**

É possível observar que os “cabelos” ou estilos-estigmas dos óvulos basais alongam-se primeiro em relação aos “cabelos” dos óvulos da extremidade da espiga. Raízes aéreas, oriundas dos nós acima do solo, estão em crescimento nesse estágio. Essas raízes contribuem na absorção de água e nutrientes.

Em VI8, a planta do milho encontra-se a uma semana do florescimento e o desenvolvimento da espiga continua em ritmo acelerado.

Estresse hídrico nesse período pode afetar mais o desenvolvimento do óvulo e da espiga que o desenvolvimento do pendão. Com esse atraso no desenvolvimento da espiga, pode haver problemas na sincronia entre emissão de pólen e recepção pela espiga. Caso o estresse seja severo, ele pode atrasar a emis-

são do “cabelo” até a liberação do pólen terminar, ou seja, os óvulos que porventura emitirem o “cabelo” após a emissão do pólen não serão fertilizados e, por conseguinte, não contribuirão para o rendimento.

Híbridos não prolíficos (produzem apenas uma espiga) produzirão cada vez menos grãos com o aumento da exposição ao estresse, porém, tendem a render mais que os prolíficos em condições não estressantes. Os prolíficos (produzem duas ou três espigas), por sua vez, tendem a apresentar rendimentos mais estáveis em condições variáveis de estresse, uma vez que o desenvolvimento da espiga é menos inibido pelo estresse.

### **3.2.8 Pendoamento, VT**

Esse estágio inicia-se quando o último ramo do pendão está completamente visível e os “cabelos” não emergiram. A emissão da inflorescência masculina antecede de dois a quatro dias a exposição dos estilos-estigmas; no entanto, 75% das espigas devem apresentar seus estilos-estígmata expostos, após o período de 10-12 dias posterior ao aparecimento do pendão. O tempo decorrente entre VT e RI pode variar consideravelmente, dependendo do híbrido e das condições ambientais. A perda de sincronismo entre a emissão dos grãos de pólen e a receptividade dos estilos-estigmas da espiga concorre para o aumento da porcentagem de espigas sem grãos nas extremidades. Em condições de campo, a liberação do pólen geralmente ocorre nos finais das manhãs e início das noites. Nesse estágio, a planta atinge o máximo desenvolvimento e crescimento. Estresse hídrico e temperaturas elevadas (acima de 35° C) podem reduzir drasticamente a produção. Um pendão de tamanho médio chega a ter 2,5 milhões de grãos de pólen, o que equivale dizer que a espiga em condi-

ções normais dificilmente deixará de ser polinizada pela falta de pólen, uma vez que o número de óvulos está em torno de 750 a 1000.

A planta apresenta alta sensibilidade ao encharcamento nessa fase, o excesso de água pode contribuir, inclusive, com a inviabilidade dos grãos de pólen.

A falta de água nesse período, além de afetar o sincronismo pendão-espiga, pode reduzir a chance de aparecimento de uma segunda espiga, em materiais prolíficos.

Nos estádios de VT a R1, a planta de milho é mais vulnerável às intempéries da natureza que qualquer outro período, devido ao pendão e todas as folhas estarem completamente expostos. Remoção de folha nesse estágio certamente resultará em perdas na colheita.

O período de liberação do pólen se estende por uma a duas semanas. Durante esse tempo, cada “cabelo” individual deve emergir e ser polinizado para resultar num grão.

### **3.3 Estádios reprodutivos e desenvolvimento do grão**

#### **3.3.1 Estádio R1, embonecamento e polinização**

Esse estágio é iniciado quando os estilos-estigmas estão visíveis, para fora das espigas. A polinização ocorre quando o grão de pólen liberado é capturado por um dos estilos-estigmas.

O grão de pólen, uma vez em contato com o “cabelo”, demora cerca de 24 horas para percorrer o tubo polínico e fertilizar o óvulo; geralmente, o período requerido para todos os estilos-estigmas em uma espiga serem polinizados é de dois a três

dias. Os “cabelos” da espiga crescem cerca de 2,5 a 4,0 cm por dia e continuam a se alongar até serem fertilizados.

O número de óvulos que será fertilizado é determinado nesse estágio. Óvulos não fertilizados evidentemente não produzirão grãos.

Estresse ambiental nessa fase, especialmente o hídrico, causa baixa polinização e baixa granação da espiga, uma vez que, sob seca, tanto os “cabelos” como os grãos de pólen tendem à dissecação. Não se deve descuidar de insetos como a lagarta-da-espiga, que se alimentam dos “cabelos”. Deve-se combater essas pragas, caso haja necessidade. A absorção de potássio, nessa fase, está completa, enquanto nitrogênio e fósforo continuam sendo absorvidos.

A liberação do grão de pólen pode-se iniciar ao amanhecer, estendendo-se até o meio-dia; no entanto, esse processo raramente exige mais de quatro horas para sua complementação. Ainda sob condições favoráveis, o grão de pólen pode permanecer viável por até 24 horas. Sua viabilidade, entretanto, pode ser reduzida quando submetido a baixa umidade e altas temperaturas.

O estabelecimento do contato direto entre o grão de pólen e os pêlos viscosos do estigma estimula a germinação do primeiro, dando origem a uma estrutura denominada de tubo polínico, que é responsável pela fecundação do óvulo inserido na espiga. A fertilização ocorre de 12 a 36 horas após a polinização, período esse variável em função de alguns fatores envolvidos no processo, tais como teor de água, temperatura, ponto de contato e comprimento do estilo-estigma.

Assim, o número de óvulos fertilizados apresenta estreita correlação com o estado nutricional da planta, com a temperatura, bem como com a condição de umidade contida no solo e no ar.

Evidencia-se, portanto, a decisiva influência do ambiente nessa etapa de desenvolvimento, recomendando-se criterioso planejamento da cultura, com referência principal à época de semeadura e à escolha da cultivar, de forma a garantir as condições climáticas favoráveis exigidas pela planta nesse estágio.

A escolha do genótipo para uma determinada região, assim como a época de semeadura, deve ser fundamentada em fatores como finalidade da produção, disponibilidade de calor e água, ocorrência de veranicos durante o ciclo, bem como no nível tecnológico a ser adotado, entre outros.

### **3.3.2 Estádio R2, grão bolha d'água**

Os grãos, aqui, se apresentam brancos na aparência externa e com aspectos de uma bolha d'água. O endosperma, portanto, está com uma coloração clara, assim como o seu conteúdo, que é basicamente um fluido, cuja composição são açúcares. Embora o embrião esteja ainda se desenvolvendo, vagarosamente nesse estágio, a radícula, o coleóptilo e a primeira folha embrionária já estão formados. Assim, dentro do embrião em desenvolvimento, já se encontra uma planta de milho em miniatura. A espiga está próxima de atingir seu tamanho máximo.

Os estilos-estigmas, tendo completado sua função no florescimento, estão agora escurecidos e começando a secar.

A acumulação de amido está se iniciando, passando pela fase anterior à sua formação, que é a de açúcares, fluido claro presente nos grãos. Esses grãos estão iniciando um período de rápida acumulação de matéria seca; esse rápido desenvolvimento continuará até próximo ao estágio R6. N e P continuam sendo absorvidos e a realocação desses nutrientes das partes vegetativas para a espiga tem início nesse estágio. A umidade de 85% nos grãos, nessa fase, começa a diminuir gradualmente até a colheita.

### 3.3.3 Estádio R3, grão leitoso (Fig. 3.7)



**Figura 3.7.** Estádio R3 ou grão leitoso, com umidade em torno de 80%.

Essa fase é iniciada normalmente 12 a 15 dias após a polinização. O grão se apresenta com uma aparência amarela e, no seu interior, um fluido de cor leitosa, o qual representa o início da transformação dos açúcares em amido, contribuindo, assim, para o incremento de matéria seca. Tal incremento ocorre devido à translocação dos fotoassimilados presentes nas folhas e no colmo para a espiga e grãos em formação. A eficiência dessa translocação, além de ser importante para a produção, é extre-

mamente dependente de água. Embora, nesse estágio, o crescimento do embrião ainda seja considerado lento, ele já pode ser visto, caso haja uma dissecação. Esse estágio é conhecido como aquele em que ocorre a definição da densidade dos grãos.

Os grãos, nessa fase, apresentam rápida acumulação de matéria seca e com cerca de 80% de umidade, sendo que as divisões celulares dentro do endosperma apresentam-se essencialmente completas. O crescimento, a partir daí, é devido à expansão e ao enchimento das células do endosperma com amido.

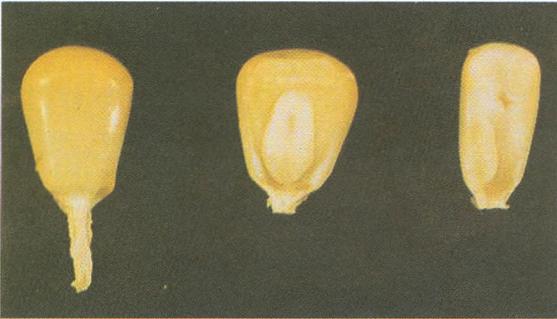
O rendimento final depende do número de grãos em desenvolvimento e do tamanho final que eles alcançarão. Um estresse hídrico nessa fase, embora menos crítico que na fase anterior, pode afetar a produção. Com o processo de maturação dos grãos, o potencial de redução na produção final de grãos, devido ao estresse hídrico, vai diminuindo. Embora, nesse período, a planta deva apresentar considerável teor de sólidos solúveis prontamente disponíveis, objetivando a evolução do processo de formação de grãos, a fotossíntese mostra-se imprescindível. Em termos gerais, considera-se como importante caráter condicionador de produção a extensão da área foliar que permanece fisiologicamente ativa após a emergência da espiga. Períodos nublados (ou de reduzida intensidade luminosa) acarretarão, nessa fase, a redução da fotossíntese, aumento do nível de estresse da planta, implicando a redução da taxa de acúmulo de matéria seca do grão, e, conseqüentemente, redução também na produção final de grãos, além de favorecer a incidência de doenças do colmo.

Para lavouras destinadas à produção de sementes, esse período assume particular importância, pois tem início o desencadeamento dos processos de diferenciação do coleóptilo,

da radícula e das folhas rudimentares. Ainda nesse estágio, evidencia-se a translocação efetiva de N e P para os grãos em formação.

### 3.3.4 Estádio R4, grão pastoso

Esse estágio é alcançado com cerca de 20 a 25 dias após a emissão dos estilos-estigmas, os grãos continuam se desenvolvendo rapidamente, acumulando amido. O fluido interno dos grãos passa de um estado leitoso para uma consistência pastosa (Figura 3.8) e as estruturas embriônicas de dentro dos grãos encontram-se já totalmente diferenciadas. A deposição de amido é bastante acentuada, caracterizando, dessa feita, um período exclusivamente destinado ao ganho de peso por parte do grão. Em condições de campo, tal etapa do desenvolvimento é prontamente reconhecida, pois, quando os grãos presentes são submetidos à pressão imposta pelos dedos, mostram-se relativamente consistentes, embora ainda possam apresentar pequena quantidade de sólidos solúveis, cuja presença em abundância caracteriza o estágio R3 (grão leitoso).



**Figura 3.8.** Grãos no estágio R4, pastoso.

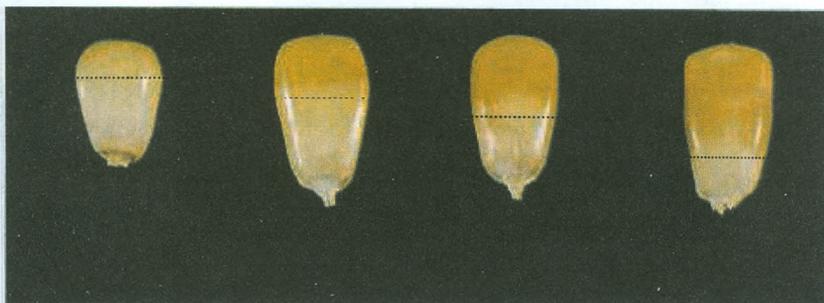
Os grãos se encontram com cerca de 70% de umidade em R4 e com cerca da metade do peso que eles atingirão na maturidade. A ocorrência de adversidades climáticas, sobretudo fal-

ta de água, resultará numa maior percentagem de grãos leves e pequenos, o que comprometeria definitivamente a produção.

### 3.3.5 Estádio R5 (formação de dente)

Esse período é caracterizado pelo aparecimento de uma concavidade na parte superior do grão, comumente designada de “dente”, coincide normalmente com o 36º dia após o princípio da polinização.

Nessa etapa, os grãos se encontram em fase de transição do estado pastoso para o farináceo. A divisão desses estádios é feita pela chamada linha divisória do amido ou linha do leite. Essa linha aparece nos estádios iniciais do grão e, com a maturação, vem avançando em direção à base do grão. Devido à acumulação do amido, acima da linha é duro e abaixo é macio (Figura 3.9). Nesse estágio, o embrião continua se desenvolvendo, sendo que, além do acentuado acréscimo de volume experimentado pelo endosperma, mediante o aumento do tamanho das células, observa-se também a completa diferenciação da radícula e das folhas embrionárias no interior dos grãos.



**Figura 3.9.** Detalhe do desenvolvimento da linha de leite.

Alguns genótipos do tipo “duro” não formam dente, daí esse estágio, nos referidos materiais, ser mais difícil de se notar, podendo ser apenas relacionado ao aumento gradativo da dureza dos grãos.

Estresse ambiental nessa fase pode antecipar o aparecimento da formação da camada preta, indicadora da maturidade fisiológica. A redução na produção, nesse caso, seria relacionada ao peso dos grãos e não ao número de grãos. Os grãos, nesse estágio, apresentam-se com cerca de 55% de umidade.

Materiais destinados a silagem devem ser colhidos nesse estágio, com 33 a 37% de matéria seca. O milho colhido nessa fase apresenta as seguintes vantagens: significativo aumento na produção de matéria seca por área; decréscimo nas perdas de armazenamento, pela diminuição do efluente e aumento significativo no consumo voluntário da silagem produzida.

### **3.3.6 Estádio R6 (maturidade fisiológica)**

Esse é o estágio em que todos os grãos na espiga alcançam o máximo de acumulação de peso seco e vigor, ocorre cerca de 50 a 60 dias após a polinização. A linha do amido já avançou até a espiga e a camada preta já foi formada. Essa camada preta ocorre progressivamente da ponta da espiga para a base (Figura 3.10). Nesse estágio, além da paralisação total do acúmulo de matéria seca nos grãos, acontece também o início do processo de senescência natural das folhas das plantas, as quais, gradativamente, começam a perder a sua coloração verde característica.



**Figura 3.10.** Detalhe do desenvolvimento da camada preta (ponto da maturidade fisiológica),

O ponto de maturidade fisiológica caracteriza o momento ideal para a colheita, ou ponto de máxima produção, com 30 a 38% de umidade, podendo variar entre híbridos. No entanto, o grão não está ainda em condições de ser colhido e armazenado com segurança, uma vez que deveria estar com 13 a 15% de umidade, para evitar problemas com a armazenagem. Com cerca de 18 a 25% de umidade, a colheita já pode acontecer, desde que o produto colhido seja submetido a uma secagem artificial antes de ser armazenado.

A qualidade dos grãos produzidos pode ser avaliada pela percentagem de grãos ardidos, que interfere notadamente na destinação do milho em qualquer segmento da cadeia de consumo. A ocorrência de grãos ardidos está diretamente relacionada ao híbrido de milho e ao nível de empalhamento a que estão submetidas as suas espigas. De forma indireta, a presença de pragas, adubações desequilibradas e período chuvoso no final do ciclo, atraso na colheita e incidência de algumas doenças, podem influir também no incremento do número de grãos ardidos.

A partir do momento da formação da camada preta, que nada mais é do que a obstrução dos vasos, rompe-se o elo entre a planta-mãe e o fruto, passando o mesmo a apresentar vida independente.

### 3.4 Referências

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. Ecofisiologia e fenologia. In: FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. (Coord.). **Produção de milho**. Guaíba: Agropecuária, 2000. p. 21-54.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F.O.M.; CARNEIRO, N. P.; PAIVA, E. **Fisiologia do milho**. Sete Lagoas: EMBRAPA-CNPMS, 2002. 23 p. (EMBRAPA-CNPMS. Circular Técnica, 22).

RITCHIE, S.; HANWAY, J. J. **How a corn plant develops**. Ames: Iowa State University of Science and Technology, 1989. 21 p. (Iowa Cooperative Extension Service. Special Report n. 48).