

Modelo de Crescimento de Plântulas de Café: Uma Justificativa para Reduzir o Teste Padrão de Germinação



ISSN 2237-9738

Dezembro, 2011

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

Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 1

Modelo de Crescimento de Plântulas de Café: Uma Justificativa para Reduzir o Teste Padrão de Germinação

Sttela Dellyzete Veiga Franco da Rosa
Miller B. McDonald, Jr.

Embrapa Café
Brasília, DF
2011

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Café

Parque Estação Biológica, PqEB s/nº Av.W3 Norte (final)
Edifício Sede Embrapa, 3º andar
70770-901 — Brasília, DF
Fone: (61) 3448 1910
Fax: (61) 3448 4425
Home page: www.embrapa.br/cafe
E-mail (sac): <http://sac.sapc.embrapa.br>

Comitê de Publicações da Unidade Responsável

Presidente: Maria Isabel de Oliveira Penteado
Secretária-Executiva: Adriana Maria Silva Macedo
Membros: Paulo Cesar Afonso Júnior
Carlos Henrique Siqueira de Carvalho
Mauricio Sergio Zacarias

Supervisão Editorial: Thiago Farah Cavaton
Victoria Sá Rêgo Haidamus
Revisora de texto: Flávia Raquel Bessa Ferreira

1ª Edição

1ª impressão (2011): 300 exemplares

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Embrapa Café**

R788m

Rosa, Sttela Dellyzete Veiga Franco da

Modelo de crescimento de plântulas de café: uma justificativa para reduzir o teste padrão de germinação / Sttela Dellyzete Veiga Franco da Rosa; Miller McDonald. Brasília, DF: Embrapa Café, 2011. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento; 1).

24 p. : il. (color.)

Referências: p. 20-24.

ISSN 2237-9738

1. Café. 2. Coffea arabica L. – Plântulas – Crescimento. 3. Coffea arabica L. – Germinação. I. McDonald, Miller. II. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento. III. Título.

CDD 633.73

Sumário

Resumo.....	5
Introdução.....	7
Material e Métodos.....	8
Resultados e Discussão.....	9
Referências.....	20

Modelo de Crescimento de Plântulas de Café: Uma Justificativa para Reduzir o Teste Padrão de Germinação

*Sttela Dellyzete Veiga Franco da Rosa*¹

*Miller B. McDonald, Jr.*²

Resumo

A espécie *Coffea arabica* L. é uma das mais importantes *commodities* no Brasil. Apesar dos esforços para a viabilização da propagação vegetativa de plantas de café, essas ainda são propagadas por mudas produzidas a partir da sementeira direta de sementes. Uma indesejável característica de sementes desta espécie é que elas apresentam germinação lenta e desuniforme, o que dificulta a obtenção de mudas vigorosas. Além disso, esta característica impossibilita a rápida avaliação da viabilidade e do vigor, devido ao excessivo tempo requerido para a obtenção dos resultados. Assim, o objetivo neste trabalho foi definir os estádios do desenvolvimento de plântulas de *Coffea arabica* L., descrevendo as mudanças morfológicas durante a germinação e o crescimento pós-germinativo. Oito fases de crescimento das plântulas foram descritas, obtendo-se um modelo que permite maior precisão na caracterização do desenvolvimento das plântulas de café do que dias após a sementeira, uma vez que fatores ambientais podem afetar a velocidade e a uniformidade de crescimento. Além disso, as atuais Regras para Análise de Sementes requerem 30 dias para a obtenção dos resultados da avaliação da germinação das sementes. O modelo de crescimento de plântulas de café obtido neste trabalho demonstra que todas as partes essenciais de uma plântula de café podem ser avaliadas entre os estádios S-2 e S-3, os quais ocorrem de 12 a 15 dias. Tais dados sugerem que o teste padrão de germinação pode ser substancialmente reduzido para a obtenção mais rápida dos resultados da avaliação da qualidade fisiológica de um lote de sementes de café.

¹Embrapa Café, PqEB, Av. W3 Norte (final), Edifício Sede, CP 40.315, 70.770-901, Brasília, DF, Brazil (E-mail: sttela.rosa@embrapa.br)

²Seed Biology Program, Department of Horticulture and Crop Science, Ohio State University, Columbus, OH, USA 43210-1086 (E-mail: mcdonald.2@osu.edu)

Introdução

O gênero *Coffea*, um membro da família *Rubiaceae*, tem mais de 70 espécies, mas somente duas, a *Coffea arabica* L. e *Coffea canephora* Pierre, têm valor comercial. O Brasil é o maior produtor mundial de café, contribuindo com aproximadamente 30% da produção global, sendo que *Coffea arabica* L. compreende 74% da produção brasileira, 1,913 milhões de ton. em 2010/2011 (Conab, 20 11).

Apesar dos consideráveis esforços para a viabilização da propagação vegetativa de plantas de café arábica, elas ainda são propagadas por meio de mudas produzidas diretamente a partir da sementeira de sementes. Uma característica indesejável das sementes de café é a germinação lenta e desuniforme, além de baixo potencial de armazenamento. Como resultado, a obtenção de mudas com desejável padrão de qualidade, no momento, ideal para o plantio é dificultada, nas principais regiões produtoras de café do Brasil. Além disto, esta lenta e desuniforme germinação dificulta a avaliação da viabilidade e do vigor das sementes, devido ao excessivo tempo gasto para a obtenção dos resultados.

A caracterização e a definição das fases do crescimento do embrião e desenvolvimento da plântula, baseada em mudanças morfológicas em vez de dias após a sementeira, é a melhor forma para descrever os estádios fisiológicos correspondentes aos eventos germinativos e pós-germinativos. Principalmente no caso de sementes e plântulas de café, devido aos efeitos do ambiente sobre estes eventos durante o longo do tempo gasto para o seu crescimento. Sabe-se, por exemplo, que o desenvolvimento de plântulas de café é influenciado por fatores como o potencial da água no solo (Ferreira et al., 2002; Lima et al., 2002; Mendonça et al., 2002; Vallone, 2003), pela fertilidade do solo (Campos, 2002; Vallone, 2003), por condições de fitossanidade (Carvalho et al., 1999; Fagundes, 2004; Miranda et al., 2006) entre outros fatores.

O estádios fisiológicos baseados em mudanças morfológicas têm sido descrito para muitas espécies, tais como soja (Muthiah et al., 1994), milho (Hanway, 1963), trigo (Haun, 1973), arroz (Moldenhauer et al., 1991), forrageiras (Moore, 1991). A descrição de estádios morfológicos permite

a utilização de uma terminologia consistente e comum, o que possibilita uma inequívoca comunicação em trabalhos de pesquisa, uma caracterização precisa do desenvolvimento da plântula, além de possibilitar uma padronização das fases da germinação, particularmente para espécies como o café que requerem um longo tempo para completar cada fase de desenvolvimento.

Adicionalmente, definir estádios morfológicos do desenvolvimento de plântulas de café pode fornecer razões que justifiquem a redução do tempo de avaliação da qualidade fisiológica das sementes, o que atualmente requer 30 dias, de acordo com as Regras para Análises de Sementes (Brasil, 2009). Reduzir o tempo do teste de germinação de sementes de café permitiria uma maior rapidez na comercialização das sementes, portanto, melhorando o sistema de produção de sementes desta espécie.

Além disto, a caracterização de cada mudança morfológica durante os eventos germinativos e pós-germinativos é importante para a padronização da avaliação da qualidade de sementes, permitindo um melhor entendimento da lenta e desuniforme germinação das sementes e do crescimento das plântulas.

Assim, o objetivo neste estudo foi descrever as fases do desenvolvimento de plântulas de café, documentando as mudanças morfológicas durante os eventos germinativos e pós-germinativos.

Material e Métodos

Frutos de *Coffea arabica* L., cv. Rubi, foram colhidos no estágio cereja de maturação, na porção central dos ramos centrais de plantas de café jovens e sadias. Os frutos tiveram seus exocarpos removidos mecanicamente e as sementes com as partes remanescentes dos frutos, mesocarpo (mucilagem) e endocarpo (pergaminho) permaneceram imersos em água por 24 horas, sob temperatura de 30°C. Após este período, o mesocarpo mucilaginoso foi facilmente removido por lavagem em água corrente. As sementes foram deixadas sobre papel para secagem superficial antes do início do teste de germinação.

Para a definição das fases de crescimento do embrião e da plântula, o teste de germinação foi conduzido como recomendado pelas Regras de Análise de Sementes (Brasil, 2009). As sementes foram distribuídas entre papel de germinação, umedecido com quantidade de água equivalente a 2 ½ vezes o peso do papel seco, e colocado em câmara de germinação por um período de 45 dias, sob temperatura de 30 °C ± 1. Os eventos de germinação e pós-germinação foram acompanhados desde o primeiro dia do teste e cada etapa foi escaneada diariamente por meio de um escâner invertido (UMAX 15000), com resolução de 100 dpi, para registrar e caracterizar as diversas fases do crescimento. As imagens foram, então, aumentadas utilizando-se um programa editor de imagem para determinar os detalhes de cada uma das mudanças morfológicas. Cada fase foi caracterizada e descrita baseando-se em mudanças morfológicas consistentes e visíveis

Resultados e Discussão

Oito fases de crescimento foram caracterizadas, primeiramente baseadas nas mudanças durante o processo de germinação, desde a embebição até a protrusão da radícula, germinação *strictu sensu* e, em seguida durante o processo de crescimento da plântula, até que a plântula apresentasse as folhas cotiledonares abertas. Estas fases estão sumarizadas na Tabela 1, de acordo com o índice, nome, breve descrição e tempo aproximado de duração das fases.

Tabela 1. Sumário das fases morfológicas durante o processo de germinação e crescimento da plântula de café.

Índice da Fase	Nome da Fase	Breve descrição da fase	Tempo aproximado (dias)
I-1	Seed Imbibition 1 - Semente Embebida	Semente completamente embebida, sem qualquer protuberância visível no endosperma cap.	3
I-2	Seed Imbibition 2 - Protuberância Visível	Semente com uma protuberância visível no endosperma cap, onde o ápice da raiz pode ser notado no interior do endosperma, mas ainda não rompeu a camada externa do endosperma.	5

Índice da Fase	Nome da Fase	Breve descrição da fase	Tempo aproximado (dias)
G	Semente Germinada	Protrusão da radícula através do endosperma; a germinação <i>stricto sensu</i> é completada.	7
S-1	Seedling 1 - Eixo Hipócotilo Radícula	O hipocótilo emerge e apresenta uma cor "rósea" distinta da cor "esbranquiçada" da radícula, apresentando forma de "seta".	9
S-2	Seedling 2- Primórdios das Raízes Laterais	Ambos, radícula e hipocótilo, se desenvolvem e a raiz primária e primórdios de raízes laterais aparecem na junção entre o hipocótilo e a raiz primária (região do colo).	12
S-3	Seedling 3 - Raízes Laterais no Colo	Crescimento das raízes laterais no colo; mais primórdios de raízes laterais e pêlos absorventes podem ser observados na raiz primária.	15
S-4	Seedling 4 - Raízes laterais	As plântulas possuem raízes primárias e laterais bem definidas; pêlos absorventes são notados ao longo da superfície das raízes, exceto no ápice da raiz principal.	20 a 30
S-5	Seedling 5 - Folhas Cotiledonares	As folhas cotiledonares se abrem e o sistema radicular se desenvolve em tamanho e número de raízes laterais.	45

As mudanças morfológicas, desde a embebição até que as folhas cotiledonares se abram, são seqüencialmente descritas abaixo:



Figura 1. Seed Imbibition 1- Semente Embebida

A completa hidratação, sem qualquer protuberância visível no endosperma *cap* (região onde ocorrerá a protrusão radicular) da semente de café ocorre aos 3 dias após a semeadura. A etapa inicial necessária para a germinação é a absorção de água, sob ótimas condições de suprimento, o que ocorre num padrão trifásico. Sementes de café também apresentam este padrão trifásico de absorção de água (Camargo, 1998). Em sementes vivas e sem endocarpo, a fase I é tipicamente completada após 6 dias e a fase III inicia após, aproximadamente, 9 dias do início da embebição. A fase "Semente embebida" ocorre após 3 dias da semeadura e, durante este período, mudanças na estrutura e tamanho ocorrem, à medida que o volume da semente aumenta em todas as direções, tornando-se arredondada.

Neste estudo, as sementes de café apresentavam-se completamente hidratadas no terceiro dia após o início da embebição. Estes resultados são consistentes com aqueles reportados por Eira et al. (2006) e diferentes de Camargo (1998), que observou que seis dias são requeridos para a completa hidratação. Discrepâncias no tempo para a completa embebição e alcance das fases morfológicas são esperadas, uma vez que sementes de café apresentam germinação lenta e desuniforme. Além disto, o tempo preciso para o alcance de cada evento morfológico durante a embebição, germinação e estádios de crescimento da plântula, pode ser influenciado pelo genótipo e cultivar, assim como metodologia experimental. Estas são as principais razões para a descrição morfológica dos estádios de crescimento de plântulas de café.



Figura 2. Seed Imbibition 2- Protuberância Visível

Uma protuberância pode ser observada na região do endosperma *cap*, aos cinco dias após a semeadura, como um resultado do crescimento do embrião no interior do endosperma. Muito embora a região onde a radícula vá emergir possa ser notada, nesta fase, a radícula ainda não penetrou e rompeu a camada mais externa do endosperma. Silva (2002) observou que as células do endosperma expandem como um resultado da entrada

de água durante os três primeiros dias, quando as células encontram-se túrgidas, indicando o início da fase II do processo de germinação. Neste estudo, foi observado que existem regiões do endosperma com diferentes aparências aos seis dias. A região do endosperma *cap* encontra-se completamente embebida, apresentando células mais comprimidas, comparadas àquelas do resto do endosperma, criando um espaço para o embrião se expandir durante a degradação das paredes celulares do endosperma. Como resultado, ocorre uma protuberância na região do endosperma *cap*, com o embrião mais aparente na medida em que se desenvolve longitudinalmente.

De acordo com Bewley e Black (1994), a fase de embebição inclui numerosos eventos fisiológicos que transformam o embrião desidratado e quiescente em um embrião com metabolismo ativo culminando no seu crescimento. O próximo evento é o crescimento da plântula o que inicia quando a germinação *sensu stricto* é completada e inclui a mobilização das reservas necessárias para transformar a plântula em um organismo autotrófico independente e capaz de fotossintetizar.



Figura 3. Semente Germinada

A radícula emerge e rompe a camada externa do endosperma completando a germinação *sensu stricto*, aproximadamente aos sete dias após a semente. Antes que este processo se complete, os maiores eventos metabólicos ocorrem em preparação para a emergência da radícula a partir de uma semente viável e não dormente, tais como hidratação de proteínas, mudanças estruturais no nível sub celular, respiração, síntese macromolecular e alongação celular (Bewley and Black, 1994). Silva (2002) reportou que a germinação de sementes de café ocorre em 50% da população aos 10 dias de semente, mas durante a embebição, o peso fresco de sementes intactas atinge o máximo aos 3 dias e permanece constante até 15 dias (fase *lag*), quando a fase III da

embebição é alcançada. Como um resultado, Silva (2002) sugeriu que as fases da germinação de sementes de café não são coincidentes com as fases de embebição como encontrado na maioria das espécies. É possível que as fases de embebição e as fases da germinação não tenham coincidido, devido ao crescimento anormal das plântulas, as quais não apresentaram desenvolvimento normal, nesse estudo. Após a fase lag, apenas as sementes normais alcançam a fase III da embebição, sinalizado pela protrusão da radícula; o aumento da entrada de água nesta fase é inicialmente relacionado com mudanças nas células da radícula requerendo aumento na turgidez para expansão (Bewley and Black, 1994).



Figura 4. Seedling 1 - Eixo Hipocótilo-Radícula

A partir da fase “Semente Germinada”, o embrião é considerado uma plântula, a qual depende do estoque de reservas, e as atividades fisiológicas e morfológicas subseqüentes são consideradas eventos pós-germinativos. Após a germinação, aproximadamente aos nove dias do início da sementeira, o hipocótilo cresce e apresenta uma cor rósea distinta da radícula de coloração branca. A radícula apresenta forma de “ponta de seta”, o que ocorre como um resultado do alargamento da região da junção entre o hipocótilo e a raiz principal (colo), causado pelo desenvolvimento dos primórdios das raízes laterais a partir do periciclo celular. O alargamento da junção entre o hipocótilo e a raiz principal contém uma série organizada de células em estágio inicial de diferenciação.

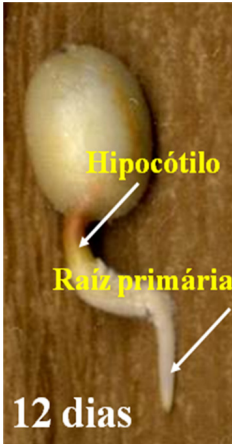


Figura 5. Seedling 2 - Primórdios das Raízes Laterais

Este estágio é caracterizado pelo aparecimento dos primórdios das raízes laterais na junção entre o hipocótilo e a raiz primária (colo), a qual se apresenta mais desenvolvida, aos 12 dias. A radícula, uma raiz embrionária na extremidade mais baixa do hipocótilo, continua crescendo e se desenvolve em raiz primária (Sutton and Tinus, 1983).

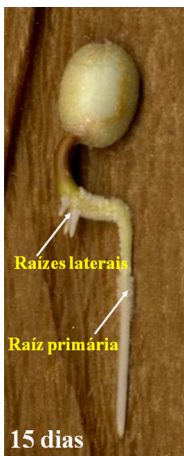


Figura 6. Seedling 3 - Raízes Laterais no Colo

Duas ou três raízes laterais se desenvolvem na junção entre o hipocótilo e a raiz primária e outros primórdios de raízes laterais e pêlos absorventes se formam ao redor da superfície da raiz primária, aos 15 dias.

A raiz primária encontra-se bem desenvolvida e a extremidade das raízes, uma zona de divisão e alongação celular, pode ser diferenciada pela ausência de pêlos absorventes; pêlos absorventes podem ser detectados na zona de maturação das raízes. Os pêlos absorventes se desenvolvem a partir das células epidérmicas na superfície das raízes na zona de maturação e estes são ausentes nas demais regiões, tal como nos ápices (Raven and Johnson, 2002).



Figura 7. Seedling 4 - Raízes Laterais

No período de 20 a 30 dias, outras raízes laterais são originadas a partir da raiz primária, aumentam em tamanho e número e os pêlos absorventes são detectados em todas as raízes, nas zonas de maturação e são ausentes nos ápices das raízes. A partir das raízes laterais originadas na junção entre o hipocótilo e a raiz primária, inicia-se a formação de raízes secundárias. A raiz lateral é definida com uma raiz que cresce por divisão celular no periciclo da raiz mãe (Sutton and Tinus, 1983) e dependendo da ordem de desenvolvimento da raiz lateral, esta é designada como raiz secundária (lateral originada de uma primária), terciária (lateral originada de uma secundária), e assim por diante (Esau, 1977; Sutton and Tinus, 1983).

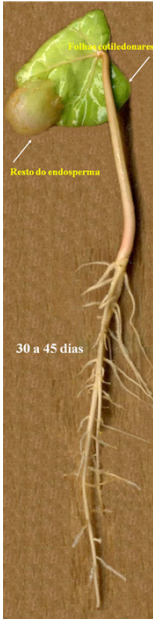


Figura 8. Seedling 5 - Folhas Cotiledonares

Após 30 dias da sementeira, a plântula aumenta em altura, tamanho e quantidade de raízes, mas a única mudança morfológica significativa que ocorre durante este período é o consumo do endosperma para a formação das folhas cotiledonares. À aproximadamente 45 dias, as plântulas tem seus cotilédones abertos e o tecido remanescente do endosperma é uma fina camada cobrindo as folhas cotiledonares, indicando que o endosperma foi completamente consumido.

Dedeca (1957) reportou que os tecidos do endosperma podem possuir diferenças em composição química e estrutura nas suas várias camadas e as camadas mais externas são caracterizadas por tecidos mais duros, como a fina camada que circunda os cotilédones; esta camada se assemelha ao pergaminho da semente, de maneira mais grosseira (Dedeca, 1957).

Duas fases distintas são definidas neste estudo, baseadas na aparência das raízes laterais. Uma primeira fase ocorre quando as raízes laterais aparecem na junção raiz-hipocótilo (colo). A segunda fase ocorre quando raízes laterais surgem da raiz primária. A primeira fase é temporal e espacialmente diferenciada da segunda. Embora possa ser difícil

estabelecer uma relação entre o sistema radicular de uma plântula de café e do cafeeiro adulto, as raízes laterais da junção poderiam corresponder às raízes superficiais laterais que se desenvolvem paralelamente à superfície do solo e tem uma importante função de sustentação da planta adulta de café. Nenhuma informação referente à terminologia do sistema radicular de plântulas de café foi encontrada, mas o cafeeiro adulto tem sido caracterizado como uma planta que não possui um sistema radicular tipicamente primário (Dedeca, 1957; Rena e Guimarães, 2000), composto de raízes primárias e secundárias, as quais se desenvolvem tipicamente de outras raízes de primeira ordem, segunda ordem, etc. (Sutton and Tinus, 1983). Isso pode ser atribuído às propriedades físico-químicas dos solos nos quais os cafeeiros são produzidos e, ainda, porque a raiz primária é usualmente danificada durante o transplante das mudas, quando estas são estabelecidas no solo; como um resultado, a raiz primária é curta e seguida por raízes secundárias (Dedeca, 1957; Rena e Guimarães, 2000). Em geral, o sistema radicular de plântulas de café pode ser caracterizado como um sistema primário, composto de raiz primária e de raízes laterais.

Em tecnologia de sementes, a germinação é definida como a emergência e o desenvolvimento, a partir do embrião, das estruturas essenciais, as quais para a espécie em questão são indicativas da capacidade da semente em produzir uma planta normal, sob condições favoráveis (AOSA, 1998). Apesar desta definição, para o caso de sementes de café, uma plântula pode ser considerada normal aos 30 dias, mesmo que ainda não se possa visualizar e avaliar todas as suas estruturas essenciais. De acordo com as Regras para Análise de Sementes (Brasil, 2009), aos 30 dias, uma plântula de café é considerada normal se ela mostra uma condição geral saudável, sem endosperma infectado ou anormal, um hipocótilo normal e um sistema radicular apresentando raiz primária e pelo menos duas raízes laterais. Apresentar os cotilédones normais e saudáveis não é um requerimento para que uma plântula de café seja considerada normal, e esta parte da plântula somente poderá ser tipicamente observada em algum momento após 30 dias e, normalmente, antes de 45 dias, como foi demonstrado neste estudo.

Quando as folhas cotiledonares se abrem, o endosperma foi completamente consumido e o meristema apical, que formará as primeiras folhas verdadeiras, ainda não pode ser visualizado. Além disto, a coloração verde das folhas cotiledonares indica que a energia para o crescimento da plântula é proveniente da fotossíntese, além das reservas da semente. Como um resultado, entre 30 e 45 dias, a plântula pode ser considerada

uma jovem planta e não mais uma plântula, por caracterizar-se como um organismo autotrófico e independente, capaz de fotossintetizar.

Estes resultados demonstram que todas as partes essenciais da plântula de café estão presentes nos estádios "Seedling 2 - Primórdios das Raízes Laterais" e/ou "Seedling 3- Raízes Laterais no Colo", os quais ocorrem de 12 a 15 dias após a sementeira. Tais dados sugerem que o teste padrão de germinação pode ser substancialmente reduzido, permitindo, portanto, a obtenção mais rápida dos resultados da avaliação da qualidade fisiológica das sementes.

Reduzir o teste de germinação para qualquer espécie tem inúmeras vantagens técnicas, por reduzir espaço físico de laboratório, instalações e pessoal. Reduzir o teste de germinação de sementes de café, em particular, é importante, devido o longo tempo (30 dias) necessário para se obter o resultado da avaliação da qualidade e o boletim de qualidade das sementes.

Esta vantagem é particularmente importante na produção das mudas originadas de sementes, cujo processo é dificultado devido à lenta germinação da espécie. Nas regiões climáticas onde o café é produzido no Brasil, por exemplo, a germinação das sementes e a emergência das plântulas podem levar até 120 dias (Guimarães e Mendes, 1998). Assim, as mudas estarão aptas para o plantio, tipicamente em época de baixa precipitação pluviométrica, dificultando o estabelecimento das mudas no campo. Além disto, devido à lenta germinação das sementes de café, reduzir o teste de germinação poderia reduzir o desenvolvimento de fungos de armazenamento, principalmente em sementes de baixa qualidade.

Este estudo demonstra que a definição de fases de crescimento permite uma caracterização mais precisa do desenvolvimento das plântulas, baseado em mudanças morfológicas consistentes do que em dias após a sementeira, uma vez que fatores ambientais têm influência sobre a velocidade e a uniformidade de crescimento. Finalmente, este estudo demonstrou que todas as partes de uma plântula foram diferenciadas por volta do décimo quinto dia, o que justifica a redução da duração do teste oficial de germinação de sementes de café, permitindo, portanto uma avaliação mais rápida da qualidade fisiológica e o direcionamento das mudas para as áreas de plantio.

Referências

AOSA. (1998). **Rules for testing seeds**. Association of Official Seed Analysts, Las Cruces, NM.

BEWLEY, J.D. and M. Black. (1994). **Seeds: Physiology of Development and Germination**. Second edition. Plenum Press, New York.

Brasil (2009) Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNDA/DNDV/CLAV, 2009. 365p.

CAMARGO R. (1998). **Condicionamento fisiológico de sementes de cafeeiro (Coffea arabica L.)**. 1998. 108p. Tese (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras. Lavras.

CAMPOS, K.P. (2002). **Desenvolvimento de mudas de cafeeiro (Coffea arabica L.) produzidas em diferentes substratos, fertilizações e tamanhos de tubetes**. 2002. 90 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

CARVALHO, G.R., M. PASQUAL, R.J. Guimarães, A.N.G. Mendes, E. Bearzotti, L. Falco. (1999). **Efeito do tratamento de sementes na emergência e desenvolvimento de mudas de cafeeiro *Coffea arabica* L.** *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, 23(4): 799-807, out./dez.

Conab (2011). **Acompanhamento da Safra Brasileira: Café Safra 2011, terceira estimativa**, Setembro/2011, Companhia Nacional de Abastecimento. Brasília: Conab.

DE CASTRO, R.D. and P. Marraccini. (2006). **Cytology, biochemistry and molecular changes during coffee fruit development.** *Braz. J. Plant Physiol.*, 18(1): 175-199, 2006.

DEDECCA, D.M. (1957). **Anatomia e desenvolvimento ontogenético de *Coffea arabica* L. var. Typica Cramer.** *Bragantia* 16: 315-355.

DENTAN, E. (1985). **The microscopic structure of the coffee bean.** In: CLIFFORD, M.N.; WILLSON, K.C. *Coffee: botany, biochemistry and production of beans and beverage.* London: Croombelm, 1985. p.284-304.

EIRA, M.T.S., E.A.A. Silva, R.D. Castro, S. Dussert, C. Walters, J.D. Bewley and H.W.M. Hilhorst. (2006). **Coffee seed physiology.** *Braz. J. Plant Physiol.* 18(1): 149-163.

Esau, K. (1977). *Anatomy of seed plants.* John Wiley, New York

ESTANISLAU, W.T. (2002). **Modelo funcional de desenvolvimento de sementes de cafeeiro (*Coffea arabica* L.).** Lavras Federal University (UFLA) MG, Brazil. MSc Thesis. 125p

FAGUNDES, A.V. (2004). **Uso de Hipoclorito de Sódio no controle de Cercosporiose do cafeeiro (*Cercospora coffeicola* berk & cooke)**. In: ENCONTRO SUL MINEIRO DE CAFEICULTURA, 2004, Lavras, MG. Anais... Lavras, MG: EMATER/UFLA/Governo de MINAS GERAIS, 2004. v.10.

FERREIRA, R. de S., H.S. Vallone, R.J. Guimarães, L.Q. Melo and J.A. Carvalho. (2002). **Efeito de poliacrilato superabsorvente no desenvolvimento inicial do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) em casa de vegetação sob diferentes níveis de déficit hídrico**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 28., 2002, Caxambú, MG. Trabalhos apresentados... Rio de Janeiro: MA/PROCAFE. 2002. p. 202-204.

GUIMARÃES, R.J. and A.N.G. Mendes. (1998). **Produção de mudas de cafeeiro**. In: MENDES, A.N.G.; GUIMARÃES, R.G. (eds). Cafeicultura empresarial - produtividade e qualidade. Lavras: UFLA/FAEPE, 1998. P.1-60.

HANWAY, J.J. (1963). **Growth stages of corn (*Zea mays* L.)**. Agron. J. 55: 487-492.

HAUN, J.R. (1973). **Visual quantification of wheat development**. Agron. J. 55: 116-119.

LIMA, L. M. L. De, D.L. Fernandes, F.G. Almeida, F.C. Mendonca, and R.E.F. Teodoro. (2002). **Utilização de hidrorretentor em substrato para produção de mudas de café, sob diferentes lâminas de irrigação**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA EM CAFEICULTURA IRRIGADA, 5., 2002, Araguari, MG. Anais... Uberlândia: UFU, 2002. p. 37-41.

MENDONÇA, C. M., R.E.F. Teodoro, L.M.L. Lima, D.L. Fernandes, M.G. Cordeiro, and Y.N. Novaes. (2002). **Produção de mudas de café (Cof-**

fea arabica L.) cv. Acaiá em tubetes com polímero hidroabsorvente adicionado ao substrato. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA EM CAFEICULTURA IRRIGADA, 5., 2002, Araguari, MG. Anais... Uberlândia: UFU, 2002. p. 167-171.

MIRANDA, G.R.B., R.J. Guimarães, E.B. Pereira, V.P. Campos, G.R.R.A. Almeida, and R.G. Gonzales. (2006). **Formação de mudas de cafeeiro em substratos oriundos de diferentes métodos de desinfestação.** *Bragantia* 65(2): 303-307.

MOLDENHAUER, A.K., B.R. Wells, and R.S. Helms. (1991). **Describing and quantifying growth stages of perennial forage grasses.** *Agron. J.* 83: 1073-1077.

Moore, K.J., L.E. Moser, K.P. Vogel, S.S. Waller, B.E. JOHNSON, and J.F. Pederson. (1991). **Describing and quantifying growth stages of perennial forage grasses.** *Agron. J.* 83: 1073-1077.

MUTHIAH, S., D.E. Longer, and W.M. Harris. (1994). **Staging soybean seedling growth from germination to emergence.** *Crop Science* 34: 289-291.

RAVEN, P.H. and G.B. Johnson. (2002). **Biology.** 6th ed. Mc Graw Hill.

RENA, A.B. and P.T.G. Guimarães. (2000). **Sistema Radicular do Cafeeiro: Estrutura, Distribuição, Atividade e Fatores que o Influenciam.** Belo Horizonte: EPAMIG, 2000. 80p. (Série Documentos, 37).

SILVA, E.A.A. da. (2002). **Coffee (*Coffea arabica* L., cv. Rubi) seed germination: mechanism and regulation.** 105p. (Thesis). Wageningen University.

SILVA, E.A.A., P.E. Toorop, A.C.van Aelst, and H.W.M.

HLLHORST (2004). **Abscisic acid controls embryo growth potential and endosperm cap weakening during coffee (*Coffea arabica* L. cv. Rubi) seed germination.** *Planta*, New York 220: 251-261.

SUTTON, R.F. and, R.W. Tinus. (1983). **Root and Root System Terminology.** Washington: Society of American Foresters. Supplement to *Forest Science* 29(4), Dec. 137 p.

VALLONE, H. S. (2003). **Produção de mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) em tubetes com polímero hidrorretentor, diferentes substratos e adubações.** 2003. 75 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia-Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

WOLFROM M.L. and D.L. Patin. (1964). **Isolation and characterization of cellulose in the coffee bean.** *Agric. Food Chem.* 12: 376-377.

WOLFROM M.L., M.L. Laver, and D.L. Patin. (1961) **Carbohydrates of coffee bean. II. Isolation and characterization of a mannan.** *J. Org. Chem.* 26: 4533-4536.

Embrapa

Café