

**ESTIMAÇÃO DE PARÂMETROS GENÉTICOS E  
FENOTÍPICOS ASSOCIADOS COM A  
QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE  
FEIJÃO**

**LOURENÇO VIANA DE SOUSA**

**2003**

**LOURENÇO VIANA DE SOUSA**

**ESTIMAÇÃO DE PARÂMETROS GENÉTICOS E  
FENOTÍPICOS ASSOCIADOS COM A QUALIDADE FISIOLÓGICA DE  
SEMENTES DE FEIJÃO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Agronomia, área de concentração em Genética e Melhoramento de Plantas, para obtenção do título de “Mestre”.

Orientador

Prof. Magno Antonio Patto Ramalho

LAVRAS  
MINAS GERAIS - BRASIL  
2003

**LOURENÇO VIANA DE SOUSA**

**ESTIMAÇÃO DE PARÂMETROS GENÉTICOS E FENOTÍPICOS  
ASSOCIADOS COM A QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES  
DE FEIJÃO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Agronomia, área de concentração em Genética e Melhoramento de Plantas, para obtenção do título de “Mestre”.

Aprovada em 10 de julho de 2003

Profa. Édila Vilela de R. Von Pinho UFLA

Dra. Ângela de F. B. Abreu EMBRAPA/UFLA

Prof. Magno Antonio Patto Ramalho  
UFLA  
(Orientador)

LAVRAS  
MINAS GERAIS - BRASIL

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da  
Biblioteca Central da UFLA**

Sousa, Lourenço Viana de  
Estimação de parâmetros genéticos e fenotípicos associados com a  
qualidade fisiológica de sementes de feijão / Lourenço Viana de Sousa. -- Lavras :  
UFLA, 2003.  
53 p. : il.

Orientador: Magno Antonio Patto Ramalho  
Dissertação (Mestrado) – UFLA.  
Bibliografia.

1. Absorção de Água. 2. Herdabilidade. 3. Correlação genética entre caracteres. I.  
Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-635.65221  
-635.65223

A Deus,

por me dar saúde

e muita garra

**OFEREÇO**

À minha mãe, Luiza, pela luta diária e a meu saudoso pai, Otávio (Vico), pelo exemplo de vida.

**DEDICO**

## **AGRADECIMENTOS**

À Universidade Federal de Lavras, pela oportunidade de realizar o curso de Mestrado.

À CAPES, pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Departamento de Biologia, que me recebeu 'de braços abertos'.

Ao professor Magno Antonio Patto Ramalho, pela orientação segura, disponibilidade, ensinamentos transmitidos durante o curso, amizade e exemplo de profissional e em quem eu muito me espelho. OBRIGADO POR TUDO.

À professora Édila Vilela de R. Von Pinho, pela co-orientação, valiosas sugestões, ensinamentos transmitidos, amizade incondicional e pela convivência durante todo o curso de graduação e de mestrado. MUITO OBRIGADO.

À Dra Ângela de Fátima Barbosa Abreu, pelas sugestões, amizade e convivência agradável durante todo o curso.

Aos professores César Brasil, João Bosco, João Cândido e Elaine, pelos ensinamentos transmitidos.

Ao professor Renzo Garcia Von Pinho, pelos ensinamentos passados, amizade e orientação profissional.

Aos funcionários do Departamento de Biologia, pela ajuda na realização do trabalho.

A todos os amigos do curso de Genética e Melhoramento de Plantas, em que eu tive os momentos mais agradáveis, em especial ao Flávio (Fruta), Marcelo (Jaca), Helton (Passarinho), Eduardo Bignoto (Dudubig), Eduardo Lambert (Elambert), Rogério (Cheio de Óio), Glauco Bahia (Jovem Mancebo), Odair (José), Fábio Gurgel (Paraíba), Nara e Flavinha.

Aos amigos Cati, Broa, Ric, Michel, Ti Dú, Tchelo e Juninho.

A meus irmãos Luiz Otávio, Marcella e Ana Luiza e cunhados Dany e Douglas.

A todos os demais amigos e familiares que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

## SUMÁRIO

	<b>Página</b>
RESUMO .....	i
ABSTRACT .....	ii
1 INTRODUÇÃO .....	01
2 REFERENCIAL TEÓRICO. ....	03
2.1 Biologia floral e morfologia de sementes de feijão .....	03
2.2 Composição química das sementes de feijão. ....	06
2.3 Processo de germinação .....	08
2.3.1 Fatores que afetam a germinação .....	09
2.3.2 Técnicas de avaliação da germinação .....	10
2.4 Absorção de água .....	11
2.5 Relação da absorção de água com as propriedades culinárias e com o tempo de armazenamento.....	14
2.6 Controle genético das propriedades culinárias e da absorção de água.....	15
3 MATERIAL E MÉTODOS .....	18
3.1 Local.....	18
3.2 Materiais utilizados .....	18
3.3 Cruzamentos.....	18
3.4 Avaliação da absorção de água .....	19
3.5 Avaliação do índice de velocidade de germinação .....	19
3.6 Avaliação do índice de velocidade de emergência.....	20
3.7 Análise de variância ..	21
3.8 Estimativa de parâmetros genéticos e fenotípicos.....	23
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	26
5 CONCLUSÕES.....	44
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	45
ANEXO.....	51

## RESUMO

SOUSA, Lourenço Viana de. **Estimação de parâmetros genéticos e fenotípicos associados com a qualidade fisiológica de sementes de feijão.** 2003. 53 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.\*

Entre os fatores que afetam a germinação e a emergência das plântulas está a absorção de água. Em trabalhos anteriores conduzidos na Universidade Federal de Lavras verificou-se que as linhagens de feijão utilizadas no Brasil apresentam variação na absorção de água e que essa variação se acentua com o tempo de armazenamento. Para verificar se essa variação tem reflexo na qualidade fisiológica das sementes e se há possibilidade de se promover a seleção para qualidade fisiológica da semente por meio da absorção de água, foram utilizadas famílias  $F_{2:4}$  dos cruzamentos CI-107 x Carioca 80 e CI-107 x Amarelinho. Em trabalhos prévios observou-se que a linhagem CI-107 apresenta maior absorção de água e que a Carioca 80 e Amarelinho, menor absorção. Foram utilizadas sementes de 100 famílias  $F_{2:3}$ , as quais foram semeadas em uma linha de 2 m de comprimento em julho de 2001. As sementes das famílias  $F_{2:4}$  colhidas foram submetidas a uma secagem ao sol visando a uniformização do grau de umidade. Parte das sementes foi posteriormente acondicionada em sacos de papel multifoliado e em seguida armazenada em condições ambientes. O restante foi submetido à avaliação da capacidade de absorção de água e dos índices de velocidade de germinação das sementes (IVG) e de emergência das plântulas (IVE). Seis meses após repetiram-se as mesmas avaliações. Observou-se variabilidade genética tanto para a porcentagem de absorção de água como para a velocidade de germinação e de emergência. Constatou-se também que a diferença se acentuou com o tempo de armazenamento. A herdabilidade ( $h^2$ ) para a seleção na média das famílias foi de 67 % no cruzamento CI-107 x Carioca 80 e 91 % no cruzamento CI-107 x Amarelinho para a porcentagem de absorção de água. Quando se considerou o IVE, a  $h^2$  foi de 45,9 % e 47,6 % para os mesmos cruzamentos. Muito embora a estimativa de herdabilidade para a absorção de água seja superior, a utilização desse caráter para a seleção indireta visando o maior IVG e IVE não se mostrou promissora. Isto porque as estimativas da correlação genética entre a absorção de água e o IVG e IVE foram de pequena magnitude.

---

\* Orientador: Magno A. P. Ramalho - UFLA

\* Co-orientadora: Édila V. de R. Von Pinho - UFLA



## ABSTRACT

SOUSA, Lourenço Viana de. **Genetic and phenotypic parameters associated with physiological quality of common bean grains.** 2003. 53 p. Dissertation (Master in Plant Genetics and Breeding) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.\*

Water absorption is one of the factors that affect seedlings germination and emergence. In previous studies carried out in the Federal University of Lavras (UFLA) there were shown that common bean lines used in Brazil present variation for water absorption which becomes more evident with store time. The objectives of this study were to verify whether variation for water absorption affects physiological quality of common bean seeds and if there is any means to select for physiological quality through water absorption.  $F_{2,4}$  families from CI-107 x Carioca 80 and CI-107 x Amarelinho crosses were used for these purposes. In previous studies line CI-107 presented greater water absorption than cvs. Carioca and Amarelinho. Seeds from 100  $F_{2,3}$  families were sown in 2 meter rows in July, 2001.  $F_{2,4}$  family seeds were harvested and drought under the sun to obtain uniform moisture. Seed lots were kept in paper bags and then stored in room temperature. The remaining seeds were challenged for water absorption ability, germination speed index (GSI), and seedling emergence speed (SES). After six months the same evaluations were done again. Genetic variability was observed for water absorption, germination speed index and seedling emergence speed. It was also shown that differences among families became more apparent with store time. Heritability for family selection for water absorption was 0.67 in CI-107 x Carioca cross and 0.91 in CI-107 x Amarelinho cross. For SES heritability was 0.459 and 0.476 for the same crosses. Although heritability for water absorption was higher than heritability for the other traits, it was shown that indirect selection using this trait will be not effective. The reason is that genetic correlations among water absorption and the other traits were of low magnitude.

---

\* Guidance committee: Magno Antonio Patto Ramalho – UFLA (Adviser)  
Édila Vilela de Resende Von Pinho – UFLA

## 1 INTRODUÇÃO

A germinação das sementes e emergência das plântulas do feijoeiro são caracteres que afetam o sucesso da cultura. Existe uma série de fatores ambientais e genéticos que afetam tanto a germinação quanto uma perfeita emergência das plântulas. No que se refere aos fatores ambientais, vários deles já foram estudados, tais como o tempo de armazenamento (Monteiro, 1980; São José, 1985; Elia & Hosfield, 1995; Fernandes & Souza Filho, 2001), dano mecânico (Afonso Junior, 1997), umidade na colheita (Andrade, 1972; Teófilo, 1995; Cardoso, 1997) e efeito de temperaturas (Von Pinho, 1990).

No que se refere ao controle genético de caracteres associados à germinação e à emergência, os relatos são restritos. Entre os caracteres que afetam a germinação, a capacidade de absorção de água deve ocupar lugar de destaque. Contudo, são também restritos os trabalhos associando a absorção de água com a germinação das sementes e emergência das plântulas. Por meio de pesquisas foi demonstrada a existência de variabilidade para o caráter absorção de água em linhagens de feijão (Costa et al., 2001). Em vários trabalhos também foi observada forte associação desse caráter com as propriedades culinárias, especialmente o tempo de cozimento (Castellanos & Maldonado, 1994; Ibarra-Perez et al., 1996; Elia et al., 1996 e Belicuas et al., 2002) . Tem sido, inclusive, evidenciado que há associação entre absorção de água e o teor de lignina e/ou tanino, presença de brilho no tegumento e cor do halo em torno do hilo nas sementes (Moura, 1998; Bushey et al., 2002 e Leakey, 1988).

Em trabalhos anteriormente realizados na UFLA, observou-se variação acentuada entre as linhagens e o cruzamento de genitores contrastantes possibilitou demonstrar que o caráter possui herdabilidade alta, condição essa favorável para a seleção.

A verificação de uma associação alta e negativa entre a velocidade de absorção de água com a velocidade de germinação e emergência seria muito

importante, porque permitiria aos melhoristas selecionar simultaneamente para a melhor qualidade culinária e fisiológica de sementes de feijão. Do exposto, o objetivo desse trabalho foi obter estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos que possam verificar se a seleção realizada para maior absorção de água é efetiva também para a melhoria na qualidade fisiológica das sementes de feijão.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Biologia floral e morfologia de sementes de feijão

O estudo da biologia floral é muito importante, sobretudo para os melhoristas, para verificar se ela é predominante de autofecundação (autógama) ou de fecundação cruzada (alógama) e quais os cuidados que se deve ter na manutenção da pureza genética dos cultivares. Descrição detalhada da biologia floral do feijoeiro é apresentada por Santos & Gavilanes (1998) e Peternelli & Borém (1999). Santos & Gavilanes (1998) assim descreveram a inflorescência do feijoeiro:

*“Flores agrupadas em racemos, que nascem nas axilas das folhas, a partir de gemas floríferas e, mais raramente, de gemas mistas. Cada flor apresenta uma bráctea e duas bractéolas, estas na base do pedúnculo floral. São flores do tipo papilionáceas com simetria bilateral. O cálice é gamossépalo, tubuloso (campanulado) na base e subdividido em três ou cinco dentes no ápice. A corola é pentâmera e apresenta uma quilha, que resulta da fusão de duas pétalas inferiores, a qual encerra os estames e o pistilo. No gênero Phaseolus, o ápice da quilha é enrolado em espiral, enquanto nos gêneros próximos, como por exemplo Vigna, é curvo, mas não enrolado. Existem ainda, na corola, duas pétalas laterais à quilha, as asas (alas), e uma pétala bem maior que envolve as outras, o estandarte, em posição superior. A coloração das pétalas, no feijão comum, varia de branco a arroxeadado e está relacionada principalmente com diferenças genéticas entre as cultivares, embora dependa também da idade da flor e das condições ambientais. Os estames que no seu conjunto formam o androceu, no início de seu crescimento aparecem em duas fileiras de cinco. Posteriormente, nove deles soldam-se pelas bases e o décimo fica livre, de modo que na flor adulta exista um tubo estaminal de nove estames unidos pelas bases e um livre. Este último fica em posição posterior, oposto ao estandarte. O gineceu é súpero, desenvolve-se, a princípio, como uma protuberância em forma*

*de meia-lua, que logo se fecha. Na sua porção dorsal, existe um feixe vascular, bem desenvolvido, e na sua porção ventral, dois feixes de menor tamanho. O carpelo pode ser comparado com uma folha que apresenta uma nervura mediana, dorsal, bem desenvolvida e duas nervuras menores, ventrais, que seriam os bordos, através dos quais vai ocorrer a união da folha para constituir um só corpo. Apresenta, internamente, os óvulos, conectados, alternadamente, a cada um dos feixes ventrais. Os óvulos estão aderidos à placenta pelo funículo, através do qual passa um feixe vascular, derivado de um dos feixes vasculares ventrais. No ápice do ovário, alongado e comprimido, desenvolve-se o estilete, curvo, agudo e comprimido, com pêlos; na extremidade do estilete apresenta-se o estigma, de forma arredondada”.*

As anteras estão situadas no mesmo nível do estigma e envolvidas completamente pela quilha. Quando ocorre a deiscência das anteras (antese), os grãos de pólen caem diretamente sobre o estigma. É importante salientar que a deiscência das anteras e a polinização ocorrem no momento ou pouco antes da abertura da flor, fenômeno este denominado de cleistogamia.

Pelo exposto, observa-se que a morfologia floral do feijoeiro favorece o mecanismo de autopolinização. A taxa de fecundação cruzada tem sido estimada em várias oportunidades (Marques Junior & Ramalho, 1995; Vieira et al., 1999). Os valores obtidos são variáveis com a cultivar, local e época do ano, contudo, na maioria dos casos, é inferior a 5%. O feijoeiro é, portanto, uma planta autógama (Allard, 1999).

O conhecimento da morfologia das sementes tem importância agronômica e comercial. Agronômica, no que se refere a aspectos relacionados à semeadura e comercial, porque a aceitação de uma cultivar é dependente da cor, tamanho e formato das sementes.

Há uma enorme diversidade no que se refere à cor dos grãos, que pode ser uniforme ou não, com ou sem presença de listras. Já foram identificados pelo

menos 18 genes envolvidos no controle genético desse caráter (Leakey, 1988) e, normalmente, a interpretação do controle genético é difícil, devido à ocorrência de interações epistáticas e de se definir a cor em função das diferenças de tonalidade.

Para o tamanho dos grãos a diversidade também é enorme, são encontrados grãos cujo peso de 100 sementes varia de 17g a 100g (Singh et al., 1991). E no controle genético devem estar envolvidos alguns genes (Mesquita, 1989). A mesma observação é válida para o formato das sementes, exceto que o controle genético é pouco conhecido.

Embora, como foi mostrado, haja grande variação nas sementes, na sua constituição são sempre encontradas as partes mostradas na Figura 1. Observa-se que a semente tem uma testa ou tegumento (A), correspondente à membrana primária do óvulo; é a capa protetora da semente, onde se localizam os pigmentos. Quando seca, é impermeável à água e ao ar e, quando umedece, embebe-se de água, tornando-se permeável; (B) rafe: sutura formada pela soldadura do funículo com os integumentos externos do óvulo. No legume, a rafe se posiciona em direção ao pedúnculo; (C) hilo: cicatriz deixada pelo funículo que conecta a semente com a placenta. Anatomicamente é um tecido vascularizado e permeável; (D) micrópila: abertura próxima ao hilo através da qual se realiza a absorção de água. Dentro do legume as micrópilas estão dispostas em direção ao ápice.

A parte interna da semente é formada pelo embrião constituído das seguintes partes: A) plúmula: pequena gema da qual procedem o caule e as folhas da planta. É formada por um meristema apical e de duas folhas mais ou menos desenvolvidas – as folhas primárias; B) hipocótilo: região de transição entre a plúmula e a radícula. Expande-se na germinação, elevando os cotilédones até a superfície do solo; C) radícula: raiz do embrião que origina o sistema radicular; D) cotilédones: folha seminal ou embrionária que contém as reservas necessárias à germinação e ao desenvolvimento inicial da plântula. O peso e o

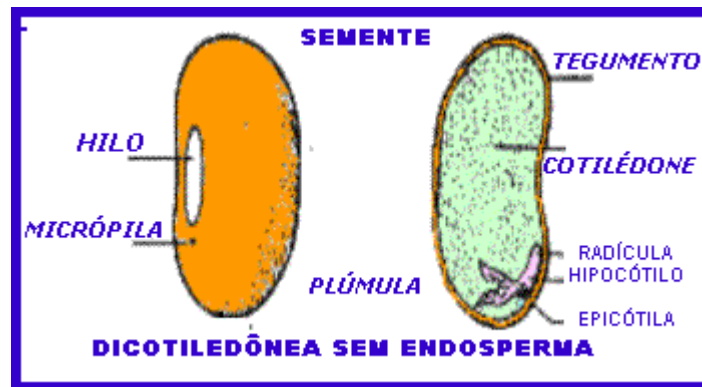


FIGURA 1. Morfologia de semente de feijão

volume dos mesmos são componentes importantes das sementes do feijoeiro. Além disso, as características de textura e valor nutritivo das sementes são influenciadas pelo tamanho e forma das células, dimensões da parede celular e localização dos constituintes químicos nos cotilédones.

O conjunto formado pela plúmula e radícula ocupa uma pequena porção do espaço entre os cotilédones, no lado ventral do grão, com a radícula em contato com a micrópila. Com base na matéria seca da semente, a testa representa cerca de 9%, os cotilédones 90% e o eixo embrionário 1% (Mesquita, 1989).

## 2.2 Composição química das sementes de feijão

A composição centesimal do feijão varia, segundo Barampama & Simard (1993), de acordo com o local de semeadura, fatores ambientais e com o cultivar. Em média, o conteúdo de proteínas situa-se entre 22% e 26%; carboidratos entre 62% e 67%; cinzas entre 3,8% e 4,5%; lipídeos entre 1,9% e 2,0% e fibra bruta entre 3,8% e 5,7%.

No armazenamento também ocorrem mudanças na composição química dos grãos de feijão. Durante o armazenamento ocorre uma deterioração gradual,

irreversível e cumulativa, cuja velocidade depende do ambiente, do produto em si e de sua condição no início do armazenamento (Sartori, 1996 citado por Esteves, 2000).

Uma das modificações que ocorrem durante o armazenamento dos feijões é o endurecimento dos grãos que, apesar de não provocar modificações na temperatura de gelatinização do amido, promove alterações químicas e/ou estruturais do mesmo, levando a uma depreciação da qualidade geral e do valor nutritivo do produto (Paredes-Lopes et al., 1989).

Em leguminosas, os taninos são os polifenóis de maior importância. Eles possuem a propriedade de formar complexos coloridos com sais de ferro, compostos insolúveis com sais de chumbo e de sofrer substituição eletrofílica aromática de acoplamento com sais de diazônio e aldeídos. Os taninos presentes nas leguminosas consistem de uma série de fenóis poliméricos que estão envolvidos no baixo aproveitamento de nutrientes do feijão (Bressani, 1993). Estes compostos possuem propriedades antimicrobianas, indicando uma possível função como mecanismo de defesa da planta (Scalbert, 1991).

O endurecimento dos tecidos vegetais da bainha das vagens de muitas espécies de leguminosas, que acontece pouco depois da colheita, está relacionado com a biossíntese dos compostos da parede celular, entre eles a lignina. A lignina é uma substância orgânica de natureza complexa, derivada do fenilpropano. É impermeável à água, muito resistente à pressão e pouco elástica. Depois da celulose, é o polímero vegetal mais abundante. A lignina deposita-se na parede celular partindo da lamela média, onde é encontrada em maior quantidade (60% a 90%), Egg Mendonça (2001). A lignificação das membranas celulares lhes proporciona uma considerável resistência e rigidez. A formação de lignina devido à polimerização de fenóis pode estar relacionada com a enzima peroxidase. Essa enzima muito provavelmente está envolvida no processo de lignificação da lamela média dos cotilédones. A contribuição dos polifenóis no endurecimento dos feijões pode, também, estar associada com a formação de complexos proteína-



lignina. O teor de lignina em feijões armazenados é mais elevado que em feijões novos. Os teores variam de 8,4 g/100g em feijões recém-colhidos a 13 g/100g de matéria seca para feijões armazenados (Hincks & Stanley, 1987).

Os polifenóis podem ser responsáveis pelo endurecimento dos feijões por meio de dois mecanismos: por sua polimerização na casca ou pela lignificação dos cotilédones, ambos afetando a capacidade de hidratação das sementes; o primeiro, dificultando a penetração de água e o segundo, limitando a capacidade de absorção de água (Moura, 1998).

### **2.3 Processo de germinação**

A germinação é definida como sendo o reinício do crescimento do eixo embrionário paralisado nas fases finais da maturação da semente. Dessa forma, satisfeitas as condições básicas para o reinício do processo germinativo, a germinação compreende quatro fases, se vista pelo lado puramente fisiológico, quais sejam: embebição, alongamento celular, divisão celular e diferenciação celular em tecidos. Este mesmo processo, se considerado do ponto de vista fisiobioquímico, pode ser descrito nas seguintes fases: reidratação, aumento da respiração, formação de enzimas, digestão enzimática das reservas, mobilização e transporte das reservas, assimilação metabólica e crescimento e diferenciação dos tecidos (Popinigis, 1985).

A germinação inicia-se pela embebição, que é um processo físico relacionado com as propriedades dos colóides e sua extensão depende da composição química da semente, da permeabilidade do tegumento, da disponibilidade de água no ambiente, da área de contato semente/água, da temperatura, da pressão hidrostática e da condição fisiológica da semente. Bewley & Black (1985), estudando a embebição durante o processo germinativo, definiram três fases distintas em função da velocidade de absorção de água. A fase I ou de embebição é caracterizada pela rápida absorção de água, determinada pela

diferença do potencial hídrico entre o substrato e a semente, de forma que esta fase ocorre tanto em tecidos vivos como em tecidos mortos, independentemente da atividade metabólica da semente, embora o metabolismo inicie-se rapidamente como consequência desta hidratação. A fase II é determinada por uma redução na velocidade de embebição, a hidratação das partes da semente é completada e as enzimas são ativadas. Nesta fase acontece uma preparação para a germinação pela digestão enzimática das reservas, ou seja, ocorre a degradação das grandes moléculas armazenadas nas sementes em compostos de cadeia mais simples, passíveis de serem mobilizadas para o eixo embrionário. Esta fase é a mais longa do processo e precede a fase III, que é caracterizada pelo crescimento e desenvolvimento do eixo embrionário, o que acarreta um novo aumento na velocidade de embebição. No início desta última fase acontece a germinação visível e o processo se torna irreversível, de forma que a ausência de um dos fatores essenciais à germinação implique na morte da semente.

Entre os botânicos e fisiologistas, o processo de germinação é completado quando acontece a protrusão da radícula, ou seja, o início do crescimento da plântula. Entretanto, do ponto de vista da tecnologia de semente, o processo de germinação termina no instante em que se tem uma plântula completa em condições de se desenvolver autotroficamente.

### **2.3.1 Fatores que afetam a germinação**

Para que uma semente viável possa germinar é necessário que fatores internos e externos a ela sejam favoráveis para o desenvolvimento do processo de germinação.

Os fatores internos responsáveis pela germinação das sementes são determinados pela sua constituição genética. Alguns dos importantes fatores externos requeridos são: suprimento de água, temperatura favorável e composição adequada de gases. Algumas espécies requerem também luz, embora este fator seja um dos agentes naturais de quebra de dormência, não

interferindo diretamente na germinação (Popinigis, 1985). O requerimento de cada um desses fatores varia segundo a espécie, o cultivar e mesmo durante as diversas fases da germinação das sementes (Stewart & Bewley, 1981).

Entre os fatores do ambiente, a água é o fator que mais influencia o processo de germinação. A água é necessária para que haja a reidratação da semente, que perdeu umidade por ocasião da maturação e secagem. Com a absorção de água por embebição, ocorre a reidratação dos tecidos e, conseqüentemente, a intensificação da respiração e de todas as outras atividades metabólicas, que resultam com o fornecimento de energia e nutrientes necessários para a retomada do crescimento por parte do eixo embrionário. A temperatura, além de afetar as reações bioquímicas que determinam todo o processo de germinação, influencia também a velocidade de embebição de água pela semente. A temperatura ótima para germinação das sementes, crescimento das plantas e produção de feijão situa-se entre 18° e 30°C, sendo que em temperatura constante de 25°C, sementes de feijoeiro germinam normalmente em 3 a 6 dias (Von Pinho, 1990). A maioria das espécies necessita de aeração para germinar e o teor de 20% de oxigênio na atmosfera é suficiente.

### **2.3.2 Técnicas de avaliação da germinação**

Quando se iniciou a análise de sementes, entre 1900 e 1920, toda a atenção e esforços estavam concentrados no desenvolvimento de procedimentos, métodos e condições para testar a germinação das sementes. Alguns analistas, contudo, já reconheciam que havia diferenças significativas na velocidade de germinação e no crescimento de plântulas entre lotes da mesma espécie de sementes. A viabilidade é avaliada, principalmente, pelo teste de germinação, no qual as sementes são colocadas sob condições ideais, buscando qualificar todo o potencial de germinação do lote. Por este motivo, este teste geralmente superestima a germinação das sementes em relação à emergência em campo, já que inclui no

resultado sementes com vigor insuficiente para emergir em condições subótimas ou desfavoráveis, como normalmente ocorre no campo (Delouche, 1975).

Em face das deficiências do teste de germinação, outros testes de avaliação da qualidade fisiológica das sementes podem ser realizados, como os testes de velocidade de germinação e de emergência, os quais baseiam-se no princípio de que a velocidade de germinação ou de emergência das plântulas em campo é proporcional ao vigor das sementes (Marcos Filho et al., 1987). Por meio desses testes, esses autores observaram que a redução no vigor ocorreu antes da redução da germinação. Portanto, os testes de vigor mostram-se mais eficientes em detectar quedas na qualidade fisiológica das sementes, pois são mais rigorosos que o teste de germinação.

#### **2.4 Absorção de água**

O movimento de água para o interior da semente é devido tanto ao processo de capilaridade quanto de difusão e ocorre no sentido do maior para o menor potencial hídrico. Assim sendo, a absorção de água pela semente é essencialmente um processo físico e varia com a permeabilidade do tegumento (espessura e composição do tegumento), temperatura (dentro de determinados limites, a absorção aumenta com a temperatura), composição química (sementes ricas em proteínas geralmente absorvem água mais rapidamente que sementes ricas em amido) e condição fisiológica (as sementes imaturas e mais deterioradas absorvem água com maior velocidade. Este fato está associado à maior desestruturação das membranas nessas sementes).

Na literatura é relatado que a absorção de água também é influenciada pela cor do halo em torno do hilo e pelo brilho das sementes. A cor amarela do halo, no cultivar Carioca 80, foi associada à demora no cozimento. Em realidade, a cor do halo depende de alguns genes, sendo o J um desses (Leakey, 1988). Quando presente o alelo dominante desse gene, o cozimento é prejudicado, pois

ele tem efeito pleiotrópico na cor e na absorção de água. Há, contudo, outros genes envolvidos na cor amarela do halo que não afetem a qualidade dos grãos. Assim, nem sempre a presença do halo amarelo é indicativo de problemas no cozimento.

É comum mencionar-se que sementes brilhantes absorvem menor quantidade de água do que as opacas. Esse caráter é controlado por um gene (Asp), sendo o alelo dominante o que confere o brilho (Leakey, 1988). Com o objetivo de obter mais informações a esse respeito, Brick et al. (2000) avaliaram famílias isogênicas  $F_{4:5}$  com ou sem brilho nos grãos. Utilizaram microscopia de varredura (Figura 2) e constataram que os grãos opacos (Figura 2 B) têm uma camada de cera e os brilhantes não (Figura 2 A). Verificaram a absorção de água em seis famílias, três com grãos brilhantes e três opacos. Observaram diferença entre as famílias, contudo, na média, os grãos brilhantes e opacos apresentaram a mesma absorção. Assim, a presença de brilho por si só não é indicativa de má absorção de água.

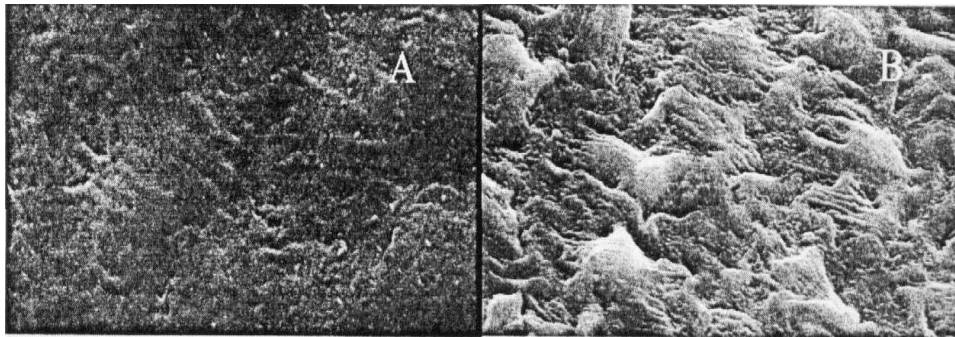


FIGURA 2. Microscopia eletrônica de varredura de feijão preto com superfície do tegumento com brilho (A) e opaco (B).

Por outro lado, em um experimento conduzido com três cultivares de feijão preto, sendo um com tegumento brilhante e outros dois com tegumento opaco, Bushey et al. (2002) verificaram que houve diferença na absorção de água entre as cultivares e que a absorção foi menor na cultivar com grãos brilhantes. Procuraram também verificar se a presença dos pigmentos envolvidos com a cor do tegumento afetava a absorção. Para retirar os pigmentos, dez sementes representativas de cada lote foram pesadas e colocadas num béquer com 20 ml de água destilada. Os béqueres foram colocados em banho-maria (83°C) por 10 minutos e removidos para uma temperatura ambiente de 27°C para o restante do experimento. Depois de removidas, as dez sementes foram secadas, pesadas e retornadas para os béqueres. A diferença no peso dos feijões foi obtida como a quantidade de água embebida. As sementes de cada uma das três cultivares embeberam mais que o dobro da quantidade de água após o descoramento, quando comparadas com as sementes não descoradas. Por meio de microscopia de varredura foram observadas diferenças entre as três cultivares para espessura e uniformidade da camada de cera epicuticular. Ficou evidenciado que sementes de tegumento com brilho embebem água numa taxa mais lenta e cozinham mais lentamente que sementes de feijões com tegumento opaco e que a espessura e uniformidade de deposição de uma camada de cera na superfície do tegumento influenciam na taxa de absorção de água.

Em sementes distintas quanto ao vigor, a quantidade de água absorvida não se altera, mostrando uma similaridade nos potenciais de água dos tecidos (Shioga, 1990). Porém, segundo Mattheus & Powell (1986), lotes de sementes com baixo vigor apresentam uma embebição mais rápida do que os lotes de sementes com alto vigor. Entretanto, as quantidades máximas de água, absorvidas na germinação, variam muito com a espécie e com as condições às quais a semente tenha sido exposta desde a maturação, pois este máximo é condicionado pela propriedade dos colóides hidrofílicos das sementes (Labouriau, 1983).

A embebição não é diretamente correlacionada com a vitalidade, uma vez que sementes mortas também realizam este processo; da mesma forma, sementes dormentes embebem água quando em contato com o substrato úmido, exceto aquelas com tegumento impermeável à água (Labouriau, 1983; Bewley & Black, 1985).

Com o objetivo de verificar se há variabilidade para a absorção de água nos grãos de feijão do germoplasma da Universidade Federal de Lavras – UFLA, Costa et al. (2001) avaliaram 121 linhagens. Na avaliação da absorção de água utilizaram o delineamento inteiramente ao acaso, com três repetições. A parcela constituída por amostra de 50 g (PI) foi colocada em um recipiente contendo 250 ml de água destilada. Os grãos permaneceram nesse recipiente por quatro horas e, posteriormente, foram retirados para determinação do peso embebido (PE). A percentagem de absorção de água (AG) foi estimada pela expressão:  $AG(\%) = [(PE - PI)/PI]100$  e os dados foram analisados segundo a metodologia apresentada por Gomes (1990).

Constatou-se diferença significativa ( $P \leq 0,01$ ) entre as linhagens. A existência de variabilidade foi confirmada pela distribuição de frequência, na qual observaram que a absorção de água das linhagens variou de 15% a 115%, embora houvesse uma concentração maior de linhagens com absorção variando de 85% a 105%. Entre as linhagens com menor absorção, destacaram-se a G 2333, Carioca 80 e Amarelinho. No outro extremo, as de maior absorção foram IAC Aruã, CI-107 e Ouro-Negro.

## **2.5 Relação da absorção de água com as propriedades culinárias e com o tempo de armazenamento**

A capacidade de absorção de água é importante porque influencia no tempo de cozimento. O aumento no tempo de cozimento também é consequência do endurecimento do grão, que ocorre durante o armazenamento (Guevara, 1990).

Grãos de feijão colhidos antecipadamente têm maior capacidade de absorção de água e o armazenamento reduz esta capacidade de absorção (Rios, 2000).

Vários estudos indicam uma associação inversa entre o tempo de cozimento e a absorção de água (Castellanos & Maldonado, 1994; Ibarra-Perez et al., 1996; Elia et al., 1997). Hosfield & Beaver (2001), estudando o tempo de cozimento de feijão seco e sua relação com a absorção de água, observaram uma correlação alta e negativa ( $r = -0,84$ ) entre a capacidade de absorção de água e o tempo de cozimento do feijão comum. Desde que feijões que cozinham rápido embebam mais água que os de cozimento lento, como indicado pela correlação negativa, a absorção de água poderia ser usada como uma predição do tempo de cozimento. Assim, a seleção de linhagens de feijão baseada na absorção de água das sementes como uma estimativa indireta do tempo de cocção é um recurso rápido e seguro (Hosfield & Beaver, 2001).

Diferenças significativas no tempo de cozimento e na germinação de sementes de feijão para os períodos de 3, 6 e 9 meses de armazenamento em condições ambiente foram observadas por Elia & Hosfield (1995). Verificaram também que o tempo de cozimento aumenta com o armazenamento das sementes de feijão.

A redução na capacidade de absorção de água resulta no efeito 'hard to cook' (difícil de cozinhar). De acordo com Sartori (1996) citado por Esteves (2000), esse termo é usado para descrever uma condição em que as sementes requerem um tempo de cozimento prolongado para amolecerem, ou não amolecem mesmo depois de um cozimento prolongado em água fervente. Quando o armazenamento ocorre em ambiente de baixa umidade relativa e temperatura elevada, ocorre o aparecimento de 'hard shell' (casca dura), condição esta em que sementes maduras e secas não absorvem água dentro de um período razoavelmente longo, quando umedecidas.



## **2.6 Controle genético das propriedades culinárias e da absorção de água**

Como já mencionado, a literatura relata que há variação genética significativa para tempo de cozimento e absorção de água (Elia et al., 1996; Bushey et al., 2000; Hosfield & Beaver, 2001; Belicuas et al., 2002). Contudo, existem restritas informações sobre o controle genético desses caracteres. Um dos trabalhos mais completos realizados a esse respeito foi o de Elia et al. (1996). Eles utilizaram dezesseis linhagens de feijão diferindo na capacidade de absorção de água, tanino e no tempo de cozimento. As linhagens foram intercruzadas usando o delineamento II da Carolina do Norte. Chama a atenção que a variância genética influenciando essas características foi predominantemente do tipo aditiva. O grau de dominância indicou que a expressão das características é governada por genes com dominância parcial. Os valores das estimativas da herdabilidade foram altos, indicando que o ambiente teve pequeno efeito na expressão desses caracteres, possibilitando um maior sucesso com a seleção (Tabela 1).

Estimativas da herdabilidade para o caráter absorção de água, quando da avaliação de linhagens, têm sido obtidas em algumas oportunidades. Costa et al. (2001), por exemplo, obtiveram herdabilidade de 0,98, indicando que o caráter é de fácil seleção.

No estudo da caracterização química e enzimática de 100 famílias de feijões obtidas do cruzamento CI-107 x Amarelinho, Egg Mendonça (2001) analisou proteína bruta, lignina, polifenóis, peroxidase, polifenoloxidase e digestibilidade protéica in vitro. Para isso os grãos foram moídos em moinho refrigerado e as farinhas guardadas em frascos de vidro em temperatura ambiente até a realização das análises. Observou uma ampla variação genética entre as famílias e estimativas de herdabilidade de 0,91 para teor de proteína; 0,57 para teor de lignina; 0,90 para polifenóis; 0,56 para peroxidase; 0,94 para polifenoloxidase e 0,86 para digestibilidade protéica in vitro. Esses resultados

demonstram que há possibilidade de selecionar famílias de feijão com grãos de melhor qualidade intrínseca.

Sabendo que o tempo de cocção é um dos caracteres de maior importância na aceitação de uma cultivar, Belicuas et al. (2002) estudaram o controle genético da capacidade de cozimento dos grãos de feijão do banco de germoplasma da Universidade Federal de Lavras. As sementes F<sub>1</sub> e F<sub>2</sub> dos cruzamentos biparentais G 2333 x CI-107; G 2333 x Ouro Negro; G 2333 x IAC-Aruã; IAC-Aruã x Carioca 80; CI-107 x Carioca 80 e CI-107 x Amarelinho foram obtidas em casa de vegetação e as famílias F<sub>2:3</sub> sob condições de campo. Após a colheita, os grãos das famílias F<sub>2:3</sub> foram submetidos a uma secagem ao sol visando à uniformização da umidade nos grãos. Foram avaliadas 100 famílias de cada cruzamento e uma amostra com 10 grãos de cada foi colocada em um recipiente contendo 100 ml de água, 18 horas antes de iniciar o teste com o cozedor experimental JAB-77. Observaram que há uma ampla variação no tempo de cocção dos grãos das famílias e que as estimativas dos valores de herdabilidade foram maiores que 65%, favorecendo a seleção de famílias com menor tempo de cozimento.

TABELA 1: Estimativas das variâncias aditiva ( $\sigma_A^2$ ) e de dominância ( $\sigma_D^2$ ), herdabilidade no sentido amplo ( $h_a^2$ ) e grau de dominância (Gd) para absorção de água, tempo de cozimento e tanino de progênies de feijão seco, Elia et al. (1996).

Caráter	$\sigma_A^2$	$\sigma_D^2$	$h_a^2$	Gd
Absorção de água (g.kg <sup>-1</sup> )	49,6	15,2	0,77	0,8
Tempo de cozimento (minutos)	18,1	2,7	0,90	0,5
Tanino (mg.100g <sup>-1</sup> )	26,2	2,7	0,91	0,0

### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 Local**

Os trabalhos foram realizados na área experimental do Departamento de Biologia e no Laboratório de Análise de Sementes da Universidade Federal de Lavras – UFLA, localizada a 910 m de altitude, 21° 14' S de latitude e 45° 00' W de longitude.

#### **3.2 Materiais utilizados**

Foram utilizadas sementes de três linhagens de feijão do banco de germoplasma da UFLA, anteriormente avaliadas com relação à absorção de água e ao tempo de cozimento (Costa et al., 2001 e Belicuas et al., 2001). A linhagem CI-107 apresenta grão tipo carioca (cor creme com estrias marrom e tamanho médio), hábito de crescimento tipo III, ciclo normal (90 dias), porte prostrado e menor tempo de cocção. A linhagem Carioca 80 apresenta grãos tipo carioca (cor creme com estrias marrom, halo amarelo e tamanho médio), hábito de crescimento tipo III, ciclo normal (90 dias), porte prostrado e maior tempo de cocção. Já a linhagem Amarelinho apresenta grãos pequenos de cor amarela, hábito de crescimento tipo III, ciclo normal (90 dias), porte prostrado e também maior tempo de cocção.

#### **3.3 Cruzamentos**

Foram realizados os seguintes cruzamentos biparentais: CI – 107 x Carioca 80 e CI – 107 x Amarelinho. As sementes  $F_1$  e  $F_2$  foram obtidas em casa de vegetação e as famílias  $F_{2,3}$  e  $F_{2,4}$  sob condições de campo. Após a colheita, sementes das 100 famílias  $F_{2,4}$  utilizadas no presente trabalho foram submetidas a uma secagem ao sol visando à uniformização do grau de umidade. Procedeu-se à avaliação da absorção de água e aos índices de velocidade de germinação das sementes e de emergência das plântulas. O restante das sementes foi

aconditionada em sacos de papel multifoliado e, em seguida, armazenada em condições ambientes, por seis meses quando as avaliações foram refeitas.

### **3.4 Avaliação da absorção de água**

Foi utilizado na avaliação da absorção de água a relação água destilada e peso de amostra de 4:1, ou seja, 80 g de água destilada para cada 20 g da amostra de feijão, com delineamento inteiramente ao acaso, com duas repetições. Foi determinado o peso seco (PI) de uma amostra de sementes de cada família. As amostras foram colocadas em recipientes de plástico contendo água destilada e, após quatro horas, determinou-se o peso das sementes embebidas em água (PE). A porcentagem de absorção de água foi obtida pela expressão  $\text{Absorção de água} = [(PE - PI)/PI] \times 100$  e os dados foram analisados segundo a metodologia apresentada por Gomes (1990).

### **3.5 Avaliação do índice de velocidade de germinação (IVG)**

O índice de velocidade de germinação foi determinado com duas repetições de 25 sementes de cada família no delineamento de blocos ao acaso. As sementes foram semeadas em papel toalha, marca Germitest, previamente umedecido com água na proporção de 2,5 vezes o peso do papel e dispostas na forma de rolos em germinador da marca Mangesldorf previamente regulado para manter a temperatura constante de 25°C.

As avaliações foram feitas no terceiro, no quinto e no décimo dia, anotando-se o número de plântulas normais. Foram consideradas normais as plântulas que apresentaram um padrão com no mínimo quatro centímetros de raiz principal e, pelo menos, três raízes secundárias. Os dados obtidos foram transformados em índice de velocidade de germinação, de acordo com a expressão proposta por Edmond & Drapala (1958):

$$IVG = \frac{(N_1 \times E_1) + (N_2 \times E_2) + \dots + (N_n \times E_n)}{E_1 + E_2 + \dots + E_n}$$

em que:

$E_1, E_2, E_n$ : número de plântulas normais na primeira, segunda e na última contagem.

$N_1, N_2, N_n$ : número de dias de semeadura à primeira, segunda e última contagem.

### 3.6 Avaliação do índice de velocidade de emergência (IVE)

Determinou-se também a emergência sob condições de campo. Para isto foi conduzido um experimento em canteiro no delineamento de blocos ao acaso. Cada parcela era constituída por uma linha com 25 sementes, 0,5 metro de comprimento e espaçamento de 10 cm entre linhas. O bloco era constituído de um canteiro de 12 m de comprimento por 1 m de largura e 10 cm de altura. Continha mistura de terra e areia, na proporção de 2:1. As irrigações eram realizadas diariamente com a mesma quantidade de água por  $m^2$ . Consideraram-se emergidas as plântulas cujos cotilédones estavam totalmente acima da superfície do solo. As plântulas emergidas por parcela eram contadas diariamente estimando o índice de velocidade de emergência de acordo com a expressão proposta por Edmond e Drapala, 1958.

$$IVE = \frac{(N_1 \times E_1) + (N_2 \times E_2) + \dots + (N_n \times E_n)}{E_1 + E_2 + \dots + E_n}$$

em que:

$E_1, E_2, E_n$ : número de plântulas emergidas na primeira, segunda e na última contagem.

$N_1, N_2, N_n$ : número de dias de semeadura à primeira, segunda e última contagem.

### 3.7 Análise de variância

Foram realizadas, inicialmente, as análises de variância por tempo de armazenamento e por cruzamento para os dados da capacidade de absorção de água e para os índices de velocidade de germinação e de emergência. O modelo estatístico adotado para a realização da análise da absorção de água foi o seguinte:

$$Y_{ij} = m + c_i + e_{ij}$$

em que:

$Y_{ij}$ : percentagem de absorção de água da família  $i$  na repetição  $j$

$m$ : efeito da média geral

$c_i$ : efeito da família  $i$  ( $i = 1, 2, \dots, 100$ )

$e_{ij}$ : efeito do erro experimental

O modelo adotado para os índices de velocidade de germinação e de emergência das plântulas foi:

$$Y_{ij} = m + c_i + b_j + e_{ij}$$

em que:

$Y_{ij}$ : número de dias médios germinação das sementes e/ou emergência das plântulas da família  $i$  no bloco  $j$

$m$ : efeito da média geral

$c_i$ : efeito da família  $i$  ( $i = 1, 2, \dots, 100$ )

$b_j$ : efeito do bloco  $j$  ( $j = 1, 2$ )

$e_{ij}$ : efeito do erro experimental

Posteriormente, os dados obtidos para cada cruzamento foram submetidos à análise de variância conjunta utilizando médias obtidas nas análises individuais. Considerou-se o efeito de famílias como aleatório e tempo de armazenamento como fixo, adotando-se o seguinte modelo:

$$Y_{ik} = m + c_i + t_k + ct_{(ik)} + e_{ik}$$

em que:

$Y_{ik}$ : absorção de água e/ou índices de velocidade de germinação e de emergência da família  $i$  no tempo  $k$

$m$ : efeito da média geral

$c_i$ : efeito da família  $i$  ( $i = 1, 2, \dots, 100$ )

$t_k$ : efeito do tempo  $K$  de armazenamento ( $k = 1, 2$ )

$ct_{(ik)}$ : efeito da interação da cultivar  $i$  com o tempo  $k$  de armazenamento

$e_{ik}$ : efeito do erro experimental médio

O esquema da análise de variância conjunta e esperança dos quadrados médios encontra-se na Tabela 2.

TABELA 2: Esquema da análise de variância conjunta e esperanças de quadrados médios E(QM) para os dados do índice da absorção de água, índice de velocidade de germinação e índice de velocidade de emergência. Lavras, 2003.

FV	QM	E(QM)
Tempos		
Famílias	$Q_1$	$\sigma_e^2 + kr\sigma_{Gi}^2$
Tempos x famílias	$Q_2$	$\sigma_e^2 + r\sigma_{GE}^2$
Erro médio	$Q_3$	$\sigma_e^2$

em que:

$r$ : número de repetições ( $r = 2$ )

$k$ : tempo de armazenamento ( $k = 1, 2$ )

Tempo 1: 0 meses

Tempo 2: 6 meses

### 3.8 Estimativa de parâmetros genéticos e fenotípicos

A partir das esperanças dos quadrados médios (Tabela 2) foram estimados parâmetros genéticos e fenotípicos utilizando-se procedimento semelhante ao apresentado por Vencovsky & Barriga, 1992 e Ramalho et al., 2000a. A variância genética entre famílias foi estimada por meio da covariância ( $COV_{xy}$ ) entre o desempenho médio das famílias nos dois períodos de armazenamento, ou seja:

- variância genética entre famílias sem a interação:

$$\hat{\sigma}_G^2 = COV_{x_i x_{i'}} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i x_{i'} - \frac{(\sum x_i)(\sum x_{i'})}{n}}{n-1}$$

em que  $x_i$  corresponde ao desempenho da família logo após a colheita e  $x_{i'}$  ao desempenho da família com seis meses de armazenamento, para um mesmo caráter.

- variância da interação famílias x tempos:  $\hat{\sigma}_{GE}^2 = \frac{Q_2 - Q_3}{r}$

- variância fenotípica entre médias de famílias:  $\hat{\sigma}_F^2 = \frac{Q_1}{kr}$

- herdabilidade no sentido amplo para a seleção na média das famílias:  $h^2 = COV_{x_i x_{i'}} / \sigma_F^2$

A precisão das estimativas da herdabilidade foi obtida utilizando-se a expressão apresentada por Knapp et al. (1985), com confiança de  $1 - \alpha = 0,95$ :

$$LI = \left\{ 1 - \left[ \left( \frac{QM_{famílias}}{QM_{interação}} \right) \times F_{1 - \frac{\alpha}{2}}; GL_{erro}; GL_{famílias} \right]^{-1} \right\}$$



$$LS = \left\{ 1 - \left[ \left( \frac{QM_{\text{famílias}}}{QM_{\text{interação}}} \right) \times F \frac{\alpha}{2}; GL_{\text{erro}}; GL_{\text{famílias}} \right]^{-1} \right\}$$

em que:

F: valor estimado a  $1 - \alpha/2$  e  $\alpha/2$ .

GL: grau de liberdade

A estimativa da correlação genética do desempenho das famílias no tempo 0 e 6 meses de armazenamento ( $r_{G_{XiXi'}}$ ) foi obtida pela expressão, segundo Falconer & Mackay, 1996:

$$r_{G_{XiXi'}} = \frac{\hat{CÔV}_{XiXi'}}{\sqrt{(\sigma_{G_{Xi}}^2 \cdot \sigma_{G_{Xi'}}^2)}}$$

em que:

$r_{G_{XiXi'}}$ : correlação genética entre as famílias  $X_i$  e  $X_i'$

$\hat{CÔV}_{G_{XiXi'}}$ : estimativa da covariância genética entre as famílias  $X_i$  e  $X_i'$

$\sigma_{G_{Xi}}^2$  e  $\sigma_{G_{Xi'}}^2$ : variância genética entre as famílias  $X_i$  e  $X_i'$  obtidas a partir de análises de variância individual

Foram obtidas também as estimativas das correlações genéticas entre os caracteres dois a dois, pela expressão proposta por Falconer & Mackay, 1996:

$$r_{G_{XY}} = \frac{\hat{côv}_{XY}}{\sqrt{(\hat{\sigma}_{G_X}^2 \cdot \hat{\sigma}_{G_Y}^2)}}$$

em que:

$r_{G_{XY}}$ : correlação genética entre caracteres  $X$  e  $Y$ .

$\hat{côv}_{G_{XY}}$ : estimativa da covariância genética entre caracteres  $X$  e  $Y$

$\sigma_{G_X}^2$  e  $\sigma_{G_Y}^2$ : variância genética entre os caracteres  $X$  e  $Y$  obtidas a partir das análises de variância individual.

A eficiência da seleção foi estimada por meio da expressão apresentada por Hamblin & Zimmermann (1986):

$$\text{Eficiência da seleção} = \frac{C - A}{M - A} \times 100$$

em que:

A: número de materiais que iriam ser selecionados nos dois tempos de armazenamento devido ao acaso. Assume-se que, do número de materiais selecionados, uma proporção igual à da intensidade de seleção coincida por acaso.

C: número de materiais selecionados comuns aos dois tempos de armazenamento.

M: número de materiais selecionados em um dos ambientes.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os três cultivares envolvidos neste estudo foram escolhidos a partir de trabalhos anteriores de absorção de água, que mostraram ser a linhagem CI-107 de grande absorção de água e a Carioca 80 e Amarelinho de pequena absorção. Dessas linhagens, a Carioca 80 tem halo amarelo e, portanto, deve ter o alelo dominante do gene J que tem efeito pleiotrópico na cor do halo e na absorção, prejudicando também o tempo de cozimento (Leakey, 1988). A Amarelinho tem brilho, então, tem o alelo dominante do gene Asp. Embora os resultados da literatura nem sempre sejam concordantes a esse respeito, a presença de brilho dificulta a absorção. Já a CI-107 não tem halo amarelo e os grãos são opacos, ou seja, genótipo j j asp asp.

Na condução de experimentos dessa natureza, um dos primeiros problemas que surge é saber se a absorção deve-se a caracteres associados ao tegumento ou aos cotilédones e eixo embrionário. Isto porque, como os cotilédones e eixo embrionário têm efeito de xênia e o tegumento é tecido materno (Ramalho et al., 2000b), eles estão em gerações diferentes se forem avaliadas famílias oriundas de população segregante, como foi o caso do presente trabalho. Embora existam vários trabalhos sobre absorção de água (Elia et al., 1996; Bushey et al., 2000; Hosfield & Beaver, 2001; Costa et al., 2001; Bushey et al., 2002), há dúvidas a esse respeito. Em princípio, as evidências são de que caracteres com maior envolvimento no processo sejam devido ao tegumento, inclusive porque alguns trabalhos mostram a influência do brilho e a ocorrência de certos pigmentos como prejudicando a absorção de água (Bushey et al., 2002).

Entretanto, mesmo entre cultivares que não diferem para esses caracteres ainda ocorrem diferenças entre elas. Por essa razão e pelo fato de que a maior porcentagem dos grãos é ocupada pelos cotilédones e eixo embrionário (Mesquita, 1989), fica difícil imaginar que esses componentes não influenciam na absorção de

água pelas sementes. É de se esperar, inclusive, que os cotilédones funcionem como uma esponja para reter a água e que eles difiram nessa propriedade.

Considerando que não existe uma definição a respeito, optou-se por colocar a geração referente ao tecido materno tegumento, ou seja, no caso famílias  $F_{2:4}$ . Na presente situação, não há muita diferença porque as famílias foram derivadas de plantas  $F_2$  e, portanto, a diferença entre  $F_{2:4}$  ou  $F_{2:5}$  seria apenas na segregação dentro das famílias. Como ela não foi considerada e sim apenas a variação entre famílias, não há nenhuma implicação nos resultados obtidos.

Os resultados da análise de variância referentes à absorção de água e dos índices de velocidade germinação das sementes e de emergência das plântulas das famílias  $F_{2:4}$  dos cruzamentos CI-107 x Carioca 80 e CI-107 x Amarelinho, logo após a colheita estão apresentados nas Tabelas 1A e 2A. De modo análogo, os resultados referentes às avaliações efetuadas após seis meses de armazenamento podem ser observados nas Tabelas 3A do cruzamento CI-107 x Carioca 80 e 4A do cruzamento CI-107 x Amarelinho.

Os resumos da análise de variância conjunta dos caracteres avaliados nas duas épocas, do cruzamento CI-107 x Carioca 80 estão apresentados na Tabela 3 e do CI-107 x Amarelinho na Tabela 4. Deve-se observar que a precisão experimental avaliada pelo coeficiente de variação (CV) foi de 2,49% para o cruzamento CI-107 x Carioca 80 e 8,71% para o CI-107 x Amarelinho. Na literatura não existem muitos relatos da precisão experimental na avaliação desse caráter. Um dos resultados existentes foi obtido por Costa et al. (2001) na avaliação da absorção de água das linhagens de feijão do banco de germoplasma da UFLA e também de linhagens em fase final de avaliação para recomendação aos agricultores. Estes autores verificaram que a precisão experimental avaliada pelo coeficiente de variação foi boa e variou de 3,9% a 7,8%, ou seja, valores semelhantes ao deste trabalho.

Sabendo que a absorção de água está correlacionada negativamente com o tempo de cocção, Belicuas et al. (2000), utilizando um cozedor experimental JAB-77, estudaram o controle genético da capacidade de cozimento de grãos de feijão dos mesmos híbridos empregados no presente trabalho. Observaram também que a precisão experimental para o cruzamento CI-107 x Carioca 80 foi melhor (CV = 9,10%) do que a obtida para o cruzamento CI-107 x Amarelinho (CV = 18,67%). Uma das prováveis razões para os resultados do presente trabalho é que parte do erro experimental é devido à variação fenotípica entre plantas da mesma parcela – variação fenotípica dentro da família. Uma parte dessa variação é de natureza genética, ou seja, devido à segregação dentro das famílias (Ramalho et al., 2000a). Assim, pode-se inferir que o erro no experimento em que se avaliou o cruzamento CI-107 x Amarelinho é maior, porque há maior segregação dentro das famílias. Dizendo de outro modo, os pais são mais divergentes do que no outro cruzamento. Os resultados médios do desempenho dos genitores apresentados na Tabela 5 reforçam essa observação.

O coeficiente de variação do índice de velocidade de germinação foi ligeiramente superior ao obtido para o índice de velocidade de emergência. Em princípio, esse resultado não era esperado, haja vista que o índice de velocidade de germinação foi obtido a partir de experimento conduzido em laboratório, com condições controladas. Já o índice de velocidade de emergência foi obtido em canteiros. Uma provável explicação é a dificuldade de avaliar a germinação, pois o critério de crescimento nem sempre é fácil de ser avaliado visualmente.

Analogamente ao observado para a absorção de água, a precisão experimental do caráter índice de velocidade de emergência do cruzamento CI-107 x Carioca 80 (Tabela 3) foi maior (menor CV) que a obtida para o mesmo caráter do cruzamento CI-107 x Amarelinho (Tabela 4). Sobretudo porque os experimentos foram simultâneos e utilizados os mesmos critérios experimentais. A mesma explicação anterior pode ser considerada nesta situação.

TABELA 3. Resumo das análises da variância conjunta dos caracteres absorção de água, índice de velocidade de germinação (IVG) e índice de velocidade de emergência (IVE) obtidas na avaliação de famílias F<sub>2:4</sub> do cruzamento CI-107 x Carioca 80. Lavras, 2003.

F.V.	QM		
	Absorção de água	IVG	IVE
Famílias (F)	189,70 **	0,4351 **	0,499 **
Tempos (T)	15807,03 **	31,142 **	652,6 **
F x T	61,93 **	0,1645	0,2700
Erro médio	4,46	0,1917	0,2625
Média	84,82	4,01	7,66
CV (%)	2,49	10,92	6,69

TABELA 4. Resumo das análises da variância conjunta dos caracteres absorção de água, índice de velocidade de germinação (IVG) e índice de velocidade de emergência (IVE) obtidas na avaliação de famílias F<sub>2:4</sub> do cruzamento CI-107 x Amarelinho. Lavras, 2003.

F.V.	QM		
	Absorção de água	IVG	IVE
Famílias (F)	1428,75 **	1,5095 **	0,8440 **
Tempos (T)	11333,41 **	233,17 **	301,66 **
F x T	132,28 **	0,8223 **	0,4426
Erro médio	25,33	0,2911	0,3832
Média	57,79	5,04	7,50
CV (%)	8,71	10,70	8,25

Observou-se diferença significativa ( $P < 0,01$ ) para as fontes de variação famílias e tempos de armazenamento para todos os caracteres. Apenas para absorção de água houve significância ( $P < 0,01$ ) para a interação famílias x

tempos, isto é, o comportamento das famílias não foi coincidente nas duas épocas de avaliação (Tabela 3). A análise de variância conjunta do cruzamento CI-107 x Amarelinho apresentou resultados semelhantes ao do cruzamento anterior. Nesse caso, a interação famílias x tempos foi significativa ( $P < 0,01$ ) para a absorção de água e índice de velocidade de germinação (Tabela 4).

A absorção de água é afetada pelo tempo de armazenamento. Este fato foi comprovado neste trabalho. Após seis meses de armazenamento a quantidade de água absorvida foi menor do que logo após a colheita. No cruzamento CI-107 x Carioca 80, a redução na absorção foi de 13,8% e no CI-107 x Amarelinho foi de 16,8% (Tabela 5). Resultados semelhantes foram observados em outras ocasiões (Monteiro, 1980; Rios, 2000; Fernandes & Souza Filho, 2001). A diferença é que nesses trabalhos foram avaliadas linhagens e não famílias.

Observou-se uma maior percentagem média de absorção de água do cruzamento CI-107 x Carioca 80 em relação ao CI-107 x Amarelinho. Uma das razões é que a linhagem Amarelinho possui menor capacidade de absorção de água em relação à Carioca 80 (Tabela 5). Isso pode ser explicado devido à presença de brilho no tegumento desse parental. Sementes com esse fenótipo embebem menos água e cozinham mais lentamente que sementes com tegumento opaco (Bushey et al., 2002). Outra provável razão é que, tendo o cruzamento CI-107 x Amarelinho mais locos segregando e havendo dominância no controle do caráter, é esperado que a média da descendência seja menor com a endogamia.

TABELA 5. Média da absorção de água dos cruzamentos CI-107 x Carioca 80, CI-107 x Amarelinho e dos genitores CI-107, Carioca 80 e Amarelinho. Lavras, 2003.

Tempo	Absorção de água				
	CI-107 x Carioca 80	CI-107 x Amarelinho	CI-107	Carioca 80	Amarelinho
0	91,11	63,11	97,50	89,04	41,66
6	78,54	52,47	82,04	74,75	34,58
Média	84,82	57,79	89,77	81,90	38,12

Utilizando os mesmos procedimentos experimentais comentados anteriormente, Belicuas et al. (2002) observaram que o tempo médio de cocção do cruzamento CI-107 x Carioca 80 foi menor que do cruzamento CI-107 x Amarelinho, confirmando os resultados do presente trabalho.

A diferença na absorção média de água das famílias, para ambos os cruzamentos, logo após a colheita e com seis meses de armazenamento, pode ser visualizada na Figura 3. Anteriormente comentou-se que no cruzamento CI-107 x Amarelinho deve estar presente maior número de locos segregando. Esse fato pode, pelo menos em princípio, ser observado comparando-se a variação na absorção de água apresentada na Figura 3. Chama atenção a assimetria na distribuição de frequência da absorção de água do cruzamento CI-107 x Carioca 80. Essa assimetria pode ocorrer devido à presença de interação alélica de dominância no controle do caráter.

Observações semelhantes foram constatadas por Elia et al. (1996) utilizando dezesseis linhagens de feijão, diferindo na capacidade de absorção de água, tanino e no tempo de cozimento. Estes autores verificaram que, embora ocorresse variância genética aditiva no controle dessas características, a estimativa do grau médio de dominância indicou que ocorre também dominância.



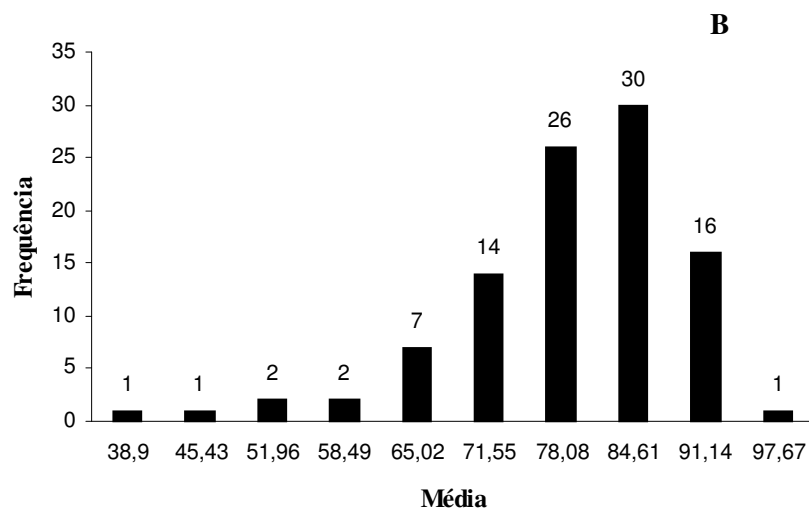
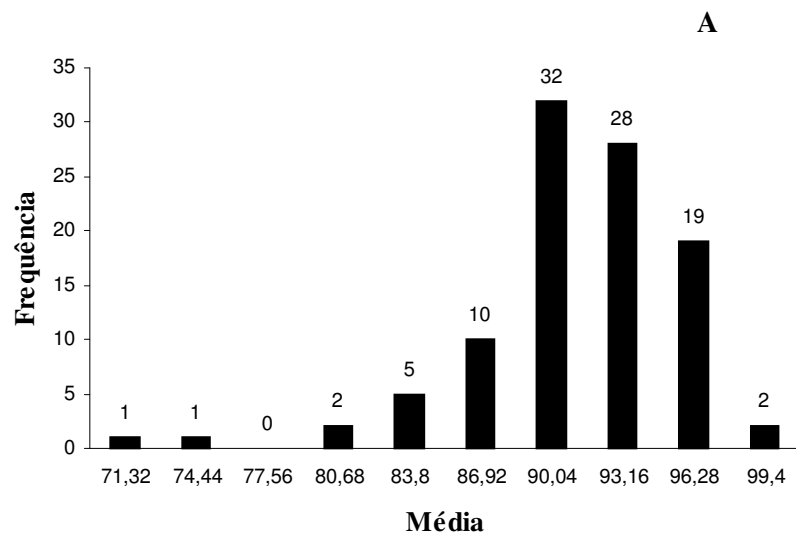


FIGURA 3: Distribuição de frequência da absorção média de água das famílias do cruzamento CI-107 x Carioca 80, A: logo após a colheita e B: com seis meses de armazenamento.

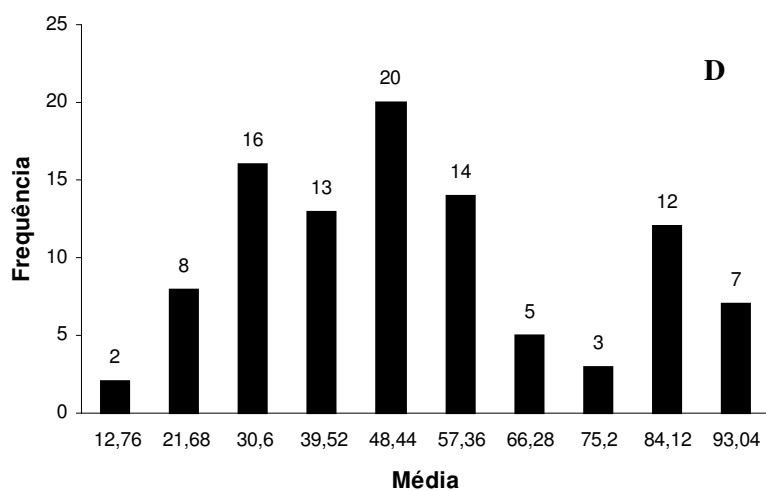
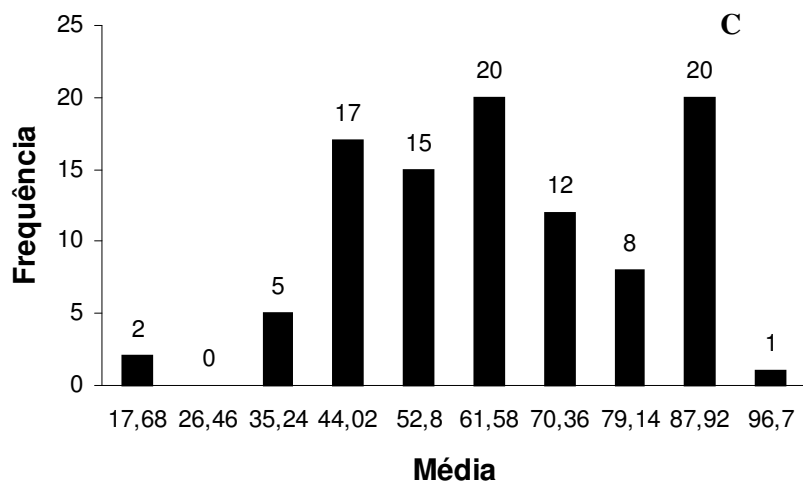


FIGURA 3: Distribuição de frequência da absorção média de água do cruzamento CI-107 x Amarelinho, C: logo após a colheita e D: com seis meses de armazenamento.

Ficou evidenciado também que a liberação da variabilidade foi mais expressiva após o armazenamento. Veja, por exemplo, que a amplitude de variação do cruzamento CI-107 x Carioca 80 logo após a colheita foi de 28,09 e com seis meses

de armazenamento, 58,78 (Figura 3). Já no cruzamento CI-107 x Amarelinho a amplitude de variação foi de 78,98 logo após a colheita e de 80,29 com os seis meses de armazenamento (Figura 3). Desse modo, seria aconselhável que a seleção para esse caráter fosse realizado após algum tempo de armazenamento.

As mesmas observações realizadas para a distribuição de frequência são válidas para as estimativas dos parâmetros genéticos e fenotípicos do caráter absorção de água (Tabelas 6 e 7). Chama a atenção, inicialmente, que os erros associados às estimativas foram sempre de pequena magnitude, o que permite ter informações fidedignas a partir desses parâmetros. A estimativa da variância genética foi maior no cruzamento CI-107 x Amarelinho, como já era esperado, em função do que foi comentado anteriormente. O componente de variância da interação famílias x épocas, proporcionalmente à variância genética, foi superior no cruzamento CI-107 x Carioca 80. Contudo, as estimativas da correlação genéticas do desempenho das famílias nas duas épocas evidenciam que a interação deve ser predominantemente simples, não afetando a classificação das famílias nas duas épocas de avaliação (Vencovsky & Barriga, 1992).

Com relação às estimativas da herdabilidade ( $h^2$ ), as mesmas inferências realizadas anteriormente são válidas. Verificou-se que as estimativas da herdabilidade foram altas e com pequeno erro associado. Estes resultados evidenciam a possibilidade de sucesso com a seleção para o caráter absorção de água. Resultados semelhantes foram relatados por Elia et al. (1997) com valor de herdabilidade de 90% e por Costa et al. (2001), cuja estimativa da herdabilidade foi de 98%.

TABELA 6. Estimativa de parâmetros genéticos associados à absorção de água, índice de velocidade de germinação (IVG) e índice de velocidade de emergência (IVE) do cruzamento CI-107 x Carioca 80. Lavras, 2003.

	Absorção de água	IVG	IVE
$\hat{\sigma}_g^2$	31,94	0,07	0,055
$\hat{\sigma}_{ge}^2$	28,74	0	0,0038
$r_G$	0,73	–	1,00
$H^2$ (%)	67 (51 – 78)	62,2 (43,8 – 74,6)	45,93 (19,6 – 63,6)

TABELA 7. Estimativa de parâmetros genéticos associados à absorção de água, índice de velocidade de germinação (IVG) e índice de velocidade de emergência (IVE) do cruzamento CI-107 x Amarelinho. Lavras, 2003.

	Absorção de água	IVG	IVE
$\hat{\sigma}_g^2$	324,12	0,17	0,10
$\hat{\sigma}_{ge}^2$	53,48	0,2656	0,0297
$r_G$	0,91	–	0,79
$H^2$ (%)	91 (86 – 94)	45,5 (18,9 – 63,4)	47,6 (21,9 – 64,8)

Os dois caracteres utilizados para avaliar o vigor das sementes, índice de velocidade de germinação e índice de velocidade de emergência, normalmente apresentam correlação alta. Considerando que o índice de velocidade de emergência apresentou melhor precisão, pelas razões já expostas, a ênfase será direcionada a esse caráter. É importante lembrar que quanto menor o valor do índice, mais vigorosa é a semente, ou seja, a velocidade de germinação ou de emergência é mais rápida (Edmond & Drapala, 1958).

A mesma observação feita anteriormente para a absorção de água é válida para o índice de velocidade de emergência, quanto à época de avaliação, ou seja, as sementes armazenadas por seis meses apresentaram índice de velocidade de emergência 40% superior ao obtido após a colheita no cruzamento CI-107 x Carioca 80 e 26% no cruzamento CI-107 x Amarelinho. Em princípio, esse resultado evidencia que a menor absorção de água com o tempo de armazenamento influencia no vigor das sementes.

Embora a diferença não tenha sido tão expressiva como da absorção de água, o vigor foi maior no cruzamento CI-107 x Carioca 80 do que no CI-107 x Amarelinho, na avaliação efetuada logo após a colheita. Na avaliação realizada com seis meses de armazenamento, não se constatou a mesma diferença. Depreende-se por esse resultado que não é apenas a diferença na absorção de água que afeta o vigor da semente.

A variação genética entre famílias dos dois cruzamentos, independente da época de avaliação, pode ser melhor observada pela distribuição de frequência apresentada na Figura 4. Ao contrário da absorção de água, a distribuição tendeu para uma curva normal, indicando que, nesse caso, provavelmente, a variância genética predominante no controle do caráter é aditiva (Ramalho et al., 2000b). A amplitude de variação do cruzamento CI-107 x Carioca 80 logo após a colheita (Figura 4 A) correspondeu a 29% da média e com seis meses de armazenamento, 24,8% da média (Figura 4 B). Já para o cruzamento CI-107 x Amarelinho, a amplitude de variação logo após a colheita foi de 30,5% em relação à média e de 35% com seis meses de armazenamento (Figura 4).

A interação famílias x tempos, para o índice de velocidade de emergência, foi não significativa. A estimativa da correlação genética do desempenho médio das famílias nos dois tempos ( $r_G$  superior a 0,79) reforça essa observação e permite inferir que o comportamento das famílias nesse caso foi

coincidente nas duas condições e que a avaliação poderia ser feita tanto após a colheita ou com seis meses de armazenamento.

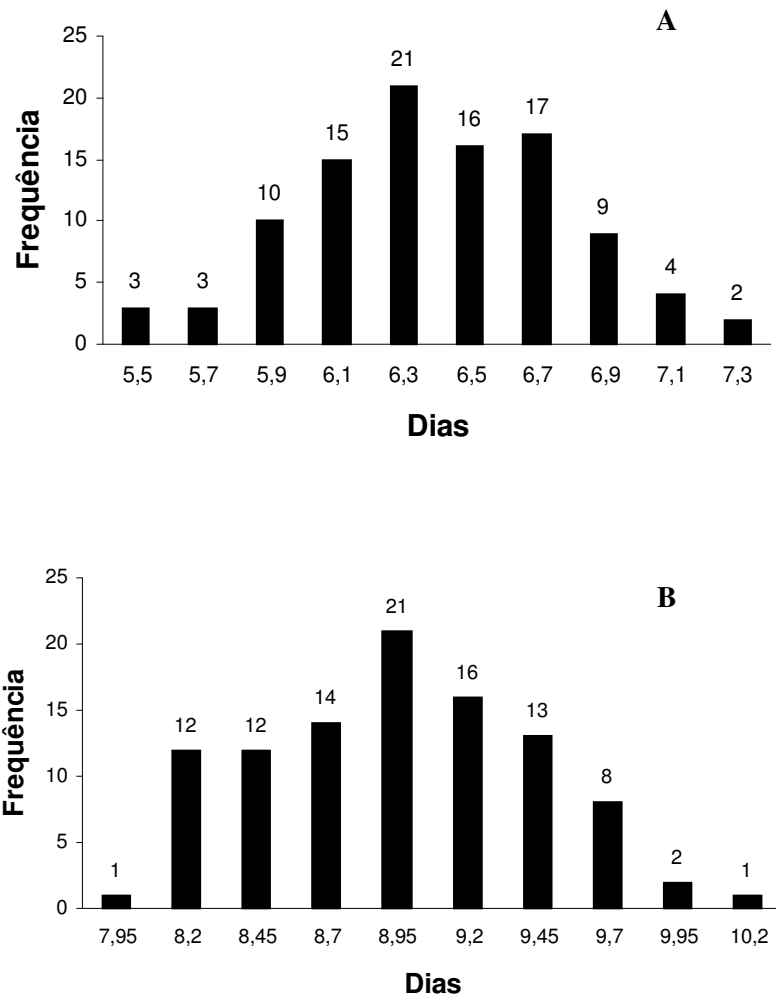


FIGURA 4: Distribuição de frequência do índice de velocidade de emergência do cruzamento CI-107 x Carioca 80, A: logo após a colheita e B: com seis meses de armazenamento.

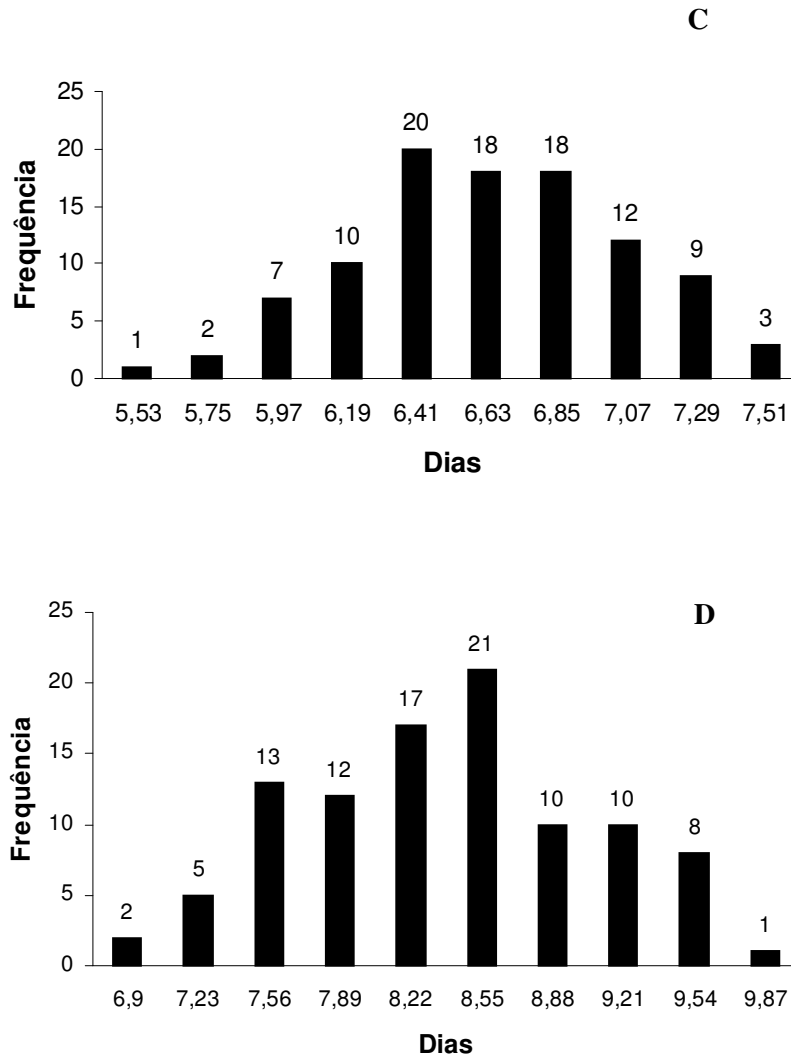


FIGURA 4: Distribuição de frequência do índice de velocidade de emergência do cruzamento CI-107 x Amarelinho, C: logo após a colheita e D: com seis meses de armazenamento.

As estimativas de herdabilidade ( $h^2$ ) foram de magnitude inferior às da absorção de água e semelhante nos dois cruzamentos. Ao contrário do que ocorreu na absorção de água, a estimativa de herdabilidade do cruzamento CI-107 x Amarelinho (47,6%) foi semelhante à do cruzamento CI-107 x Carioca 80 (45,9%). Estimativas de herdabilidade para os caracteres associados a

germinação e emergência são restritas. Em um dos trabalhos a esse respeito, Von Pinho (1990) obteve estimativa da herdabilidade de 79,97% para o caráter índice de velocidade de emergência na avaliação de linhas puras.

Um dos objetivos deste trabalho foi de verificar se a absorção de água pode ser utilizada como critério para avaliar o vigor das sementes. Uma das alternativas para se verificar essa possibilidade é por meio da estimativa da correlação genética entre os caracteres envolvidos. Como era esperado, em todos os casos as estimativas das correlações apresentaram sinal negativo, isto é, maior a absorção de água, menor tempo gasto para germinar ou emergir. Entretanto, as estimativas não foram altas, embora houvesse tendência de aumento com o armazenamento (Tabela 8). Assim, em princípio, o uso da absorção de água não seria por si só critério para avaliação do vigor.

Considerando que a estimativa das correlações pode apresentar menor valor, não porque não há associação entre variáveis, mas sim pela falta de variabilidade em um ou ambos os caracteres, optou-se por avaliar a eficiência do emprego da absorção de água na seleção de famílias com maior vigor na germinação e emergência por meio da coincidência das 15 famílias com maior e menor vigor (Tabelas 9, 10, 11 e 12).

TABELA 8. Correlação genética entre a absorção de água e os índices de velocidade de germinação e de emergência dos cruzamentos CI-107 x Carioca 80 e CI-107 x Amarelinho, após a colheita e com 6 meses de armazenamento. Lavras, 2003.

Cruzamento	Caráter	Tempo	IVG		IVE	
			0	6	0	6
CI-107 x Carioca 80	Absorção de água	0	-0,084	-0,366	-0,287	-0,248
CI-107 x Amarelinho	Absorção de água	6	1,69	-0,384	0,602	-0,515
CI-107 x Carioca 80	Absorção de água	0	-0,299	-0,857	-0,512	-0,622
CI-107 x Amarelinho	Absorção de água	6	2,02	-0,832	1,64	-0,650



TABELA 9: Média das 15 famílias com maior absorção de água (A) e as 15 famílias com menor índice de velocidade de emergência (IVE), para o cruzamento CI-107 x Carioca 80. Lavras, 2003.

<b>Família</b>	<b>A (%)</b>	<b>Família</b>	<b>IVE (dias)</b>
29	96,21	42	7,54
9	95,24	28	7,58
38	94,79	23	7,60
4	93,76	13	7,86
97	92,34	41	7,86
8	92,06	90	7,89
52	92,00	21	7,89
44	91,92	99	7,90
34	91,79	44	7,92
41	91,78	59	7,93
45	91,77	56	7,94
35	91,75	50	7,96
22	91,71	12	7,96
11	91,17	64	7,98
54	91,11	45	7,99

TABELA 10: Média das 15 famílias com maior absorção de água (A) e as 15 famílias com menor índice de velocidade de emergência (IVE), para o cruzamento CI-107 x Amarelinho. Lavras, 2003.

<b>Família</b>	<b>A (%)</b>	<b>Família</b>	<b>IVE (dias)</b>
68	94,86	77	6,67
49	90,46	22	6,70
2	90,30	40	6,71
83	90,20	62	6,74
77	90,01	20	6,76
37	89,57	63	6,77
14	87,79	36	6,78
36	87,69	25	6,80
82	87,61	2	6,80
54	87,44	54	6,82
51	87,20	51	6,87
87	86,73	82	6,91
70	86,15	26	6,93
47	86,02	76	6,97
94	85,67	12	6,98

TABELA 11: Média das 15 famílias com menor absorção de água (A) e as 15 famílias com maior índice de velocidade de emergência (IVE), para o cruzamento CI-107 x Carioca 80. Lavras, 2003.

<b>Família</b>	<b>A (%)</b>	<b>Família</b>	<b>IVE (dias)</b>
87	58,19	52	9,13
74	58,30	16	8,93
93	64,14	75	8,91
78	71,16	24	8,87
33	73,57	78	8,84
17	73,94	69	8,83
16	74,14	94	8,78
83	75,25	85	8,74
100	76,02	74	8,73
94	76,77	18	8,72
95	77,14	87	8,72
82	77,17	43	8,72
64	77,47	2	8,71
99	77,76	96	8,70
24	77,80	72	8,68

TABELA 12: Média das 15 famílias com menor absorção de água (A) e as 15 famílias com maior índice de velocidade de emergência, para o cruzamento CI-107 x Amarelinho. Lavras, 2003.

<b>Família</b>	<b>A (%)</b>	<b>Família</b>	<b>IVE (dias)</b>
42	17,11	93	8,62
24	22,47	33	8,45
74	23,01	88	8,38
34	25,43	71	8,35
33	30,62	32	8,33
91	31,09	73	8,30
89	31,83	100	8,30
43	32,50	74	8,25
35	33,16	85	8,23
17	33,73	11	8,19
16	33,91	91	8,13
73	34,14	7	8,12
97	34,68	4	8,02
100	37,61	21	8,00
75	38,84	90	7,99

Verifica-se, nas Tabelas 9, 10, 11 e 12 que a coincidência no número de famílias selecionadas diretamente pelo IVE em relação às que seriam selecionadas, tendo como referência a absorção de água, foi muito pequena. Utilizando a expressão de Hamblin & Zimmermann (1986), que desconsidera a coincidência por acaso, verifica-se que a eficiência da seleção variou de 0% a 29%. Isso confirma o que já foi comentado anteriormente de que a seleção para a maior germinação e emergência de linhagens de feijão não deve ser feita considerando apenas o caráter absorção de água.

## 5 CONCLUSÕES

A) Constatou-se variabilidade genética entre famílias, nos dois cruzamentos, para os três caracteres estudados.

B) As estimativas da herdabilidade foram sempre maiores para a absorção de água do que para o IVG e IVE.

C) Muito embora a estimativa da herdabilidade para a absorção de água seja superior, a utilização desse caráter para a seleção indireta visando a maior velocidade de germinação e/ou de emergência, não se mostrou promissora. Isto porque as estimativas da correlação genética entre a absorção de água e o IVG e IVE foram de pequena magnitude.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AFONSO JUNIOR, P. C. **Efeitos Imediato e Latente das Condições de Secagem sobre a Qualidade de Sementes de Feijão (*Phaseolus vulgaris* L.)**. 1997. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.
- ALLARD, R. W. **Principles of plant breeding**. 2. ed. Nova York: John Wiley, 1999. 254 p.
- ANDRADE, A. M. S. **Efeitos da colheita, em diferentes estádios de maturação sobre alguns cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.)**. 1972. 39 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- BARAMPAMA, Z.; SIMARD, R. E. Nutrient composition, protein quakity and antinutritional factors of some varieties of dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.) grown in Burundi. **Food Chemistry**, Oxford, v. 47, n. 2, p. 15-67, 1993.
- BELICUAS, P. R.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B. Controle Genético da Capacidade de Cozimento dos Grãos de Feijão. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UFLA – CICESAL, 15., 2002, Lavras, MG. **Resumos...** Lavras: UFLA, 2002. p. 65.
- BEWLEY, J. D.; BLACK, M. **Seeds; physiology of development and germination**. New York: Plenum Press, 1985. 367 p.
- BRICK, M. A.; GUL, G.; SCHWARTZ, H. F. Morphological features of the seed coat surface of shiny and opaque black bean seed. **Bean Improvement Cooperative**, Cali, v. 43, p. 15, mar. 2000.
- BUSHEY, S. M.; HOSFIELD, G. L.; BENINGER, C. W. Water Uptake and its relationship to pigment leaching in black beans (*Phaseolus vulgaris* L.) **Bean Improvement Cooperative**, cali, v. 43, p. 104-105, mar. 2000.
- BUSHEY, S. M.; OWENS, S.; HOSFIELD, G. L. The epicuticular wax layer and water uptake in black beans. **Bean Improvement Cooperative**, Cali, p. 159-160, 2002.
- BRESSANI, R. Grain quality of common beans. **Food Reviews International**. New York, v. 9, n. 2, p. 237-297, 1993.

CARDOSO, E. G. **Qualidade de grãos de feijão em função do método de irrigação e teor de umidade na colheita.** 1997. 46 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

CASTELLANOS, J. Z.; MALDONADO, S. H. Z. Effect of hard shell on cooking time of common beans in the semiarid highlands of Mexico. **Bean Improvement Cooperative**, Cali, v. 37, p. 103-105, mar. 1994.

COSTA, G. R.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B. Variabilidade para absorção de água nos grãos de feijão do germoplasma da UFLA. **Ciência e Agrotecnologia**. Lavras, v. 25, n. 4, p. 1017-1021, jul./ago. 2001

DELOUCHE, J. C. **Pesquisa em sementes no Brasil.** Brasília: AGIPLAN, 1975. 68 p.

EDMOND, J. D.; DRAPALA, W. S. The effects of temperature, sand and acerone in germination of okra seed. **Proceedings of American Society for Horticultural Science**, New York, v. 71, p. 428-434, June 1958.

EGG MENDONÇA, C. V. do C. **Caracterização química e enzimática de famílias de feijões obtidas do cruzamento das linhagens Amarelinho e CI - 107.** 2001. 48 p. Dissertação (Mestrado em Agrobioquímica) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

ELIA, F. M.; HOSFIELD, G. L. Effect of different storage times on cooking time and germination of dry bean seeds. **Bean Improvement Cooperative**, Cali, v. 38, p. 89-92, mar. 1995.

ELIA, F. M.; HOSFIELD, G. L.; UEBERSAX, M. A. Genetic analysis and interrelationships between traits for cooking time, water absorption, and protein and tannin content of Andean dry beans. **Journal American Society Horticultural Science**, Alexandria, v. 122, n. 4, p. 512-518, July 1997.

ELIA, F. M.; HOSFIELD, G. L.; UEBERSAX, M. A. Inheritance of cooking time, water absorption, protein and tannin content in dry bean and their expected gain from selection. **Bean Improvement Cooperative**, Cali, v. 39, p. 266-267, feb. 1996.

FALCONER, D. S.; MACKAY, T. F. C. **Introduction to quantitative genetics.** 4. ed. Malaysia, Longman, 1996. 464 p.

FERNANDES, G. M. B.; SOUZA FILHO, B. F. de. **Armazenamento de sementes de feijão na pequena propriedade**. Niterói, RJ: PESAGRO-RIO, 2001. (PESAGRO-RIO. Comunicado Técnico ; 254).

GOMES, F. P. **Curso de estatística experimental**. 13. ed. São Paulo: Nobel, 1990. 468 p.

GUEVARA, L. L. V. **Avaliação sensorial e inativação de lipoxigenase em feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) armazenados em condições ambientais**. 1990. 132 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, MG.

HAMBLIN, J.; ZIMMERMANN, M. J. de O. Breeding common bean for yield in mixtures. *Plant Breeding Reviews*, v. 4, p. 245-272, 1986. In: RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B. dos; ZIMMERMANN, M. J. de O. **Genética Quantitativa em Plantas Autógamas**: aplicações ao melhoramento do feijoeiro. Goiânia: UFG, 1993. 271 p.

HINCKS, M. J.; STANLEY, D. W. Lignification: evidence for a role in hard to cook beans. *Journal Food Biochemistry*, Westport, v. 11, n. 1, p. 41-58, Mar. 1987.

HOSFIELD, G. L.; BEAVER, J. L. Cooking time in dry bean and its relationship to water absorption. *Bean Improvement Cooperative*, Cali, v. 44, p. 157-158, mar. 2001.

IBARRA-PÉREZ, F. J.; CASTILLO ROSALLES, A.; CUELLAR EVENOR, I. Threshing effect on cooking time in commercial beans cultivars from the semiarid highlands of Mexico. *Beans Improvement Cooperative*, Cali, v. 39, p. 264-265, feb. 1996.

KNAPP, S. J.; STROUP, W. W.; ROSS, W. M. Exact confidence intervals for heritability on a progeny mean basis. *Crop Science*, Madison, v. 25, n. 1, p. 192-194, Jan./Feb. 1985.

LABOURIAU, L. G. **A Germinação das Sementes**. Washington, OEA, 1983. 174 p. (OEA: Coleção de Monografias Científicas Biológicas, 24).

LEAKEY, C. L. A. Genotypic and phenotypic markers in common beans. In: GEPTS, P. **Genetic resources of Phaseolus beans**. Boston: Kluwer Academic Publishers, 1988. p. 245-327.



MARCOS FILHO, J.; CÍCERO, S. M.; SILVA, W. R. da. **Avaliação da qualidade das sementes**. Piracicaba: FEALQ, 1987. 230 p.

MARQUES JÚNIOR, O. G.; RAMALHO, M. A. P. Determinação da taxa de fecundação cruzada do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) nas diferentes épocas de semeadura em Lavras - MG. **Ciência e Prática**, Lavras, v. 19, n. 3, p. 339-341, jul./set. 1995.

MATTHEWS, S.; POWELL, A. A. Environmental and Physiological Constraints on Field Performance of Seeds. **Hortscience**, Alexandria, v. 21, n. 5, p. 1125-1258, Oct. 1986.

MESQUITA, I. A. **Efeito materno na determinação do tamanho da semente do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.)**. 1989. 70 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

MONTEIRO, M. R. **Conservação de sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) em diversos recipientes, sob condições de ambiente**. 1980. 67 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, MG.

MOURA, A. C. de C. **Análises físico-químicas, químicas e enzimáticas antes e após armazenamento em grãos de feijão (*Phaseolus vulgaris*, L.) submetidos a diferentes tipos e tempos de secagem**. 1998. 70 p. Dissertação (Mestrado em Ciências dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

PAREDES-LOPES, O.; MAZA-CALVINO, E.; CASTANEDA-GONZALES, J. Effect of the hardening phenomenon on some physico-chemical properties of common bean. **Food Chemistry**, Kidlington, Essex, v. 31, n. 3, p. 225-236, 1989.

PETERNELLI, L. A.; BORÉM, A. Hibridação em feijão. In: BORÉM, A. **Hibridação artificial de plantas**. Viçosa: UFV, 1999. 546 p.

POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. Brasília: Agiplan, 1985. 289 p.

RAMALHO, M. A. P.; FERREIRA, D. F.; OLIVEIRA, A. C. **Experimentação em genética e melhoramento de plantas**. Lavras: UFLA, 2000a. 326 p.

RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B. dos; PINTO, C. A. B. P. **Genética na agropecuária**. 2. ed. Lavras: UFLA/FAEPE, 2000b. 472 p.

RIOS, A. de O. **Avaliação da época de colheita e do armazenamento no escurecimento e digestibilidade de três cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris L.*)**. 2000. 59 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

SANTOS, J. B. dos; GAVILANES, M. L. Botânica. In: VIEIRA, C.; PAULA, T. J. de; BORÉM, A. **Feijão: aspectos gerais e cultura no Estado de Minas**. Viçosa: UFV, 1998. p. 55-82.

SÃO JOSÉ, E. B. de. **Característica de endurecimento do tegumento do feijão (*Phaseolus vulgaris L.*)**. 1985. 64 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

ESTEVES, A. M. **Comparação química e enzimática de seis linhagens de feijão (*Phaseolus vulgaris L.*)**. 2000. 55 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

SCALBERT. Antimicrobial properties of tannins. **Phytochemistry**. Elmsford, v. 30, n. 12, p. 3875-3883, Dec. 1991.

SHIOGA, P. S. **Controle da hidratação e desempenho das sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris L.*)**. 1990. 106 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.

SINGH, S. P.; GEPTS, P.; DEBOUCH, D. G. Races of common bean (*Phaseolus vulgaris L.*). **The New York Botanical Garden**, v. 45, n. 3, p. 379-396, July/Sept. 1991.

STEWART, R. R. C.; BEWLEY, J. D. Protein, synthesis and phospholipides in soybean axes in response to imbibitional chilling. **Plant Physiology**, Rockville, v. 68, n. 2, p. 516-518, 1981.

VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento**. Ribeirão Preto: Revista Brasileira de Genética, 1992. 496 p.

VIEIRA, C.; BORÉM, A.; RAMALHO, M. A. P. Melhoramento do feijão. In: BORÉM, A. **Melhoramento de espécies cultivadas**. Viçosa: UFV, 1999. p. 273-349.

TEOFILO, E. M. **Dessecação química pré-colheita da cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris L.*) e seus efeitos no rendimento e qualidade das**

**sementes.** 1995. 113 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

VON PINHO, R. G. **Tolerância do Feijoeiro (*Phaseolus vulgaris L.*) a Baixas Temperaturas na Fase de Germinação e Emergência.** 1990. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, MG.

## ANEXOS

	<b>Página</b>
ANEXO A	
TABELA 1A. Resumo da análise de variância do cruzamento CI-107 x Carioca 80 para os caracteres absorção de água, índice de velocidade de germinação (IVG) e índice de velocidade de emergência (IVE), realizado logo após a colheita. Lavras, 2003.....	52
TABELA 2A. Resumo da análise de variância do cruzamento CI-107 x Amarelinho para os caracteres absorção de água, índice de velocidade de germinação (IVG) e índice de velocidade de emergência (IVE), realizado logo após a colheita. Lavras, 2003.....	52
TABELA 3A. Resumo da análise de variância do cruzamento CI-107 x Carioca 80 para os caracteres absorção de água, índice de velocidade de germinação (IVG) e índice de velocidade de emergência (IVE), realizado com seis meses de armazenamento. Lavras, 2003.....	53
TABELA 4A. Resumo da análise de variância do cruzamento CI-107 x Amarelinho para os caracteres absorção de água, índice de velocidade de germinação (IVG) e índice de velocidade de emergência (IVE), realizado com seis meses de armazenamento. Lavras, 2003.....	53

## ANEXOS

TABELA 1A. Resumo da análise de variância do cruzamento CI-107 x Carioca 80 para os caracteres absorção de água, índice de velocidade de germinação (IVG) e índice de velocidade de emergência (IVE), realizado logo após a colheita. Lavras, 2003.

F.V.	GL	QM do cruzamento		
		CI-107 x Car. 80		
		Absorção de água <sup>1</sup>	IVG	IVE
Tratamento	99	42,5197**	0,2451	0,3174**
Repetição	1		0,0800	4,4342**
Erro	99 (100) <sup>1</sup>	3,1058	0,1785	0,1558
Média		91,11	3,73	6,38
CV (%)		1,93	11,32	6,18

<sup>1</sup> – delineamento inteiramente ao acaso

TABELA 2A. Resumo da análise de variância do cruzamento CI-107 x Amarelinho para os caracteres absorção de água, índice de velocidade de germinação (IVG) e índice de velocidade de emergência (IVE), realizado logo após a colheita. Lavras, 2003.

F.V.	GL	QM do cruzamento		
		CI-107 x Amarelinho		
		Absorção de água <sup>1</sup>	IVG	IVE
Tratamento	99	667,9527**	0,4677**	0,3463**
Repetição	1		1,4179*	21,9652**
Erro	99 (100) <sup>1</sup>	35,0394	0,2843	0,1495
Média		63,11	4,28	6,63
CV (%)		9,38	12,46	5,83

<sup>1</sup> – delineamento inteiramente ao acaso

TABELA 3A. Resumo da análise de variância do cruzamento CI-107 x Carioca 80 para os caracteres absorção de água, índice de velocidade de germinação (IVG) e índice de velocidade de emergência (IVE), realizado com seis meses de armazenamento. Lavras, 2003.

F.V.	GL	QM do cruzamento		
		CI-107 x Car. 80		
		Absorção de água <sup>1</sup>	IVG	IVE
Tratamento	99	203,7200**	0,3545**	0,4521
Repetição	1		53,8618**	648,468**
Erro	99 (100) <sup>1</sup>	11,1516	0,2050	0,3691
Média		78,54	4,29	8,94
CV (%)		4,25	10,55	6,80

<sup>1</sup> – delineamento inteiramente ao acaso

TABELA 4A. Resumo da análise de variância do cruzamento CI – 107 x Amarelinho para os caracteres absorção de água, índice de velocidade de germinação (IVG) e índice de velocidade de emergência (IVE), realizado com seis meses de armazenamento. Lavras, 2003.

F.V.	GL	QM do cruzamento		
		CI-107 x Amarelinho		
		Absorção de água <sup>1</sup>	IVG	IVE
Tratamento	98	863,7624**	1,8607**	0,9448*
Repetição	1		1,0112	78,5106**
Erro	98 (100) <sup>1</sup>	44,6086	0,2996	0,6183
Média		52,47	5,81	8,37
CV (%)		12,73	9,42	9,39

<sup>1</sup> – delineamento inteiramente ao acaso