

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E ENGENHARIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO VEGETAL**

**MANOEL VICTOR BORGES PEDROSA**

**QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE FEIJÃO (*Phaseolus vulgaris* L.) EM  
FUNÇÃO DA MATURAÇÃO E ADUBAÇÃO COM ENXOFRE, NITROGÊNIO E  
ZINCO**

Alegre - ES

2017

MANOEL VICTOR BORGES PEDROSA

**QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE FEIJÃO (*Phaseolus vulgaris* L.) EM  
FUNÇÃO DA MATURAÇÃO E ADUBAÇÃO COM ENXOFRE, NITROGÊNIO E  
ZINCO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Produção Vegetal, na linha de pesquisa em Biotecnologia e Ecofisiologia do Desenvolvimento de Plantas.

Orientador: Prof. D.Sc. José Carlos Lopes.

Coorientador: Prof. D.Sc. Rodrigo Sobreira Alexandre.

Alegre - ES

2017

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)  
(Biblioteca Setorial de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)

---

P372q Pedrosa, Manoel Victor Borges, 1992-  
Qualidade fisiológica de sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.)  
em função da maturação e adubação com enxofre, nitrogênio e zinco /  
Manoel Victor Borges Pedrosa. – 2017.  
85 f. : il.

Orientador: José Carlos Lopes.

Coorientador: Rodrigo Sobreira Alexandre.

Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade  
Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias.

1. Feijão. 2. Germinação. 3. Fisiologia vegetal. I. Lopes, José  
Carlos. II. Alexandre, Rodrigo Sobreira. III. Universidade Federal do  
Espírito Santo. Centro de Ciências Agrárias. IV. Título.

CDU: 63

---

QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE FEIJÃO (*Phaseolus vulgaris*  
L.) EM FUNÇÃO DA MATURAÇÃO E ADUBAÇÃO COM ENXOFRE,  
NITROGÊNIO E ZINCO

MANOEL VICTOR BORGES PEDROSA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Produção Vegetal, na linha de pesquisa em Biotecnologia e Ecofisiologia do Desenvolvimento de Plantas.

Aprovada em 24 de fevereiro de 2017.



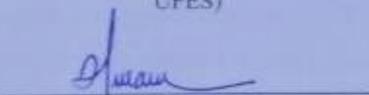
**Dr. Allan Rocha de Freitas**  
(Examinador externo)

Instituto de Defesa Agropecuária e Florestal do Espírito Santo (IDAF)



**Prof. Adésio Ferreira**  
(Examinador interno)

Departamento de Produção Vegetal da Universidade Federal do Espírito Santo (CCAÉ-UFES)



**Prof. Rodrigo Sobreira Alexandre**  
(Coorientador)

Departamento de Ciências Florestais e da Madeira da Universidade Federal do Espírito Santo (CCAÉ-UFES)



**Prof. José Carlos Lopes**

Departamento de Produção Vegetal da Universidade Federal do Espírito Santo (CCAÉ-UFES)

(Orientador)

Se eu pudesse deixar algum presente a você, deixaria aceso o sentimento de amar a vida dos seres humanos. A consciência de aprender tudo o que foi ensinado pelo tempo a fora. Lembraria os erros que foram cometidos para que não mais se repetissem. A capacidade de escolher novos rumos. Deixaria para você, se pudesse, o respeito àquilo que é indispensável. Além do pão, o trabalho. Além do trabalho, a ação. E, quando tudo mais faltasse, um segredo: o de buscar no interior de si mesmo a resposta e a força para encontrar a saída.

(Mahatma Gandhi)

## DEDICO

Aos meus pais, Aníbal e Joana, pelo apoio e amor durante toda a vida.

## AGRADECIMENTOS

A Deus, fonte de toda força e inspiração!

À minha família e aos amigos por todo o apoio ao longo de toda a caminhada;

Ao Prof. José Carlos Lopes, pela orientação, confiança, paciência, amizade e por todos os ensinamentos passados nesta fase;

Ao Prof. Rodrigo Sobreira Alexandre, pela orientação, confiança e amizade;

Aos Professores e Pesquisadores Adésio Ferreira e Allan Rocha de Freitas, pela contribuição na conclusão desse trabalho;

Ao Incaper, pela disponibilização das sementes;

Aos professores e pesquisadores do Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal da UFES, por todo o conhecimento transmitido no período;

Aos amigos que estão e aos que já passaram pelo Laboratório de Sementes (UFES), pela amizade, ajuda e companheirismo: Allan, Alice, Arêssa, Carla, Carlos, Carol, Eloá, Khétrin, Gláucia, Liana, Lucimara, Ludymila, Mariana, Melissa, Miltão, Rafael, Nathália, Nohora, Patrícia, Paulinha, Simone, Verônica e Zé Maria (*in memoriam*);

A Universidade Federal do Espírito Santo e ao Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias pela oportunidade;

Aos funcionários da Universidade Federal do Espírito Santo;

Ao Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal da Universidade Federal do Espírito Santo;

A Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (FAPES), pela concessão da bolsa de pós-graduação.

## BIOGRAFIA

Manoel Victor Borges Pedrosa, filho de Joana de Fátima Borges Pedrosa e Aníbal Azevedo Pedrosa, nasceu em Bom Jesus do Itabapoana, estado do Rio de Janeiro, no dia 10 de outubro de 1992.

Cursou o ensino fundamental e médio na Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio “Oscar de Almeida Gama”, no distrito de Araraí, município de Alegre-ES, concluindo-o em 2009.

Em 2010, ingressou no Instituto Federal de Ciência e Tecnologia do Espírito Santo, no *Campus* Alegre, em Alegre-ES, graduando-se em Licenciatura em Ciências Biológicas, em 2013, e Bacharelado em Ciências Biológicas, em 2014.

No ano de 2014, ingressou no Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo, sendo bolsista da Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (FAPES).

## SUMÁRIO

RESUMO.....	viii
ABSTRACT.....	ix
LISTA DE FIGURAS.....	x
LISTA DE TABELAS.....	xi
RESUMO .....	viii
1 INTRODUÇÃO.....	13
1.1 Objetivo geral.....	14
1.2 Objetivos específicos.....	14
2 REVISÃO DE LITERATURA .....	14
2.1 Cultura do feijoeiro.....	14
2.2 Caracterização biométrica de frutos e sementes.....	16
2.3 Maturação fisiológica de sementes.....	17
2.4 Qualidade Fisiológica de Sementes.....	19
2.4.1 Germinação.....	19
2.4.2 Vigor de sementes .....	20
2.5 Características e funções dos elementos presentes na solução de adubação foliar .....	21
2.5.1 Enxofre .....	21
2.5.2 Nitrogênio.....	24
2.5.3 Zinco.....	26
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	28
3.1 Localização da área de condução do experimento .....	28
3.2 Procedência das sementes.....	30
3.3 Tratos culturais .....	30
3.4 Delineamento experimental.....	32
3.5 Testes.....	33
3.6 Análise estatística .....	34
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	35
5. CONCLUSÕES .....	62

## RESUMO

PEDROSA, M. V. B. **Qualidade fisiológica de sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) em função da maturação e adubação com enxofre, nitrogênio e zinco 2017.** Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, ES. Orientador: Prof. D.Sc. Rodrigo Sobreira Alexandre e Prof. D.Sc. José Carlos Lopes.

A cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) apresenta grande importância nutricional, possuindo alto teor de lisina, que atua na complementação às proteínas dos cereais, fibra alimentar, vitaminas do complexo B e carboidratos complexos. A adubação foliar pode contribuir para um melhor desempenho da planta em campo, haja vista a melhora nutricional das mesmas. Objetivou-se com este estudo determinar o ponto de maturação fisiológica de sementes de *Phaseolus vulgaris* L. das linhagens de quatro genótipos de feijão, do grupo carioca: CNFC-15458, CNFC-15513, BRS Estilo e Carioca Precoce, com diferentes aplicações de adubação foliar a base de enxofre, nitrogênio e zinco. O trabalho foi desenvolvido no período de 02 de abril a 02 de julho de 2015 na Fazenda Ponte da Braúna, distrito de Rive, Município de Alegre-ES, e no Laboratório de Análise de Sementes do Departamento de Produção Vegetal do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo (CCAUE-UFES), Alegre-ES. O experimento foi instalado em um espaçamento de 0,50 x 0,30 m. Os tratamentos culturais foram realizados de acordo com as especificações da cultura. Foram realizadas quatro adubações foliares: A0: testemunha (sem adubação foliar); A1: uma aplicação de adubo foliar após 15 dias da antese; A2: duas aplicações após 15 e 25 dias da antese, e A3: três aplicações após 15, 25 e 35 dias da antese. Na fase de inflorescência, quando aproximadamente 70% dos botões florais das plantas apresentavam-se na antese procedeu a etiquetagem de 2000 flores. A cada sete dias foram feitas as colheitas de vagens para análise morfológica e umidade das vagens e sementes, germinação e vigor das sementes. Foram utilizadas quatro repetições de 25 sementes, desinfestadas com hipoclorito de sódio (imersão das sementes por dois minutos e meio), álcool 70% (imersão por 30 segundos) e captan, na dosagem de 2,0 g i.a. kg<sup>-2</sup> de sementes. A semeadura foi feita em rolos de papel germitest, umedecidos com água destilada com volume equivalente a 3,0 vezes a massa do papel seco, e mantidos em câmara de germinação tipo B.O.D. a 25 °C, sob luz constante. A contagem foi efetuada diariamente, computando-se o número de sementes que apresentaram protrusão da raiz primária  $\geq 2,0$  mm. Foram computadas as porcentagens de germinação após cinco e nove dias. As sementes da linhagem-elite CNFC 15513 e a cultivar BRS Estilo apresentam maior qualidade fisiológica. A maturação fisiológica das sementes ocorre aos 84 e 91 dias, para as Linhagens-elite CNFC 15513, CNFC 15458 e cultivar BRS Estilo; e Carioca Precoce, respectivamente. A adubação foliar beneficia a qualidade fisiológica das sementes de feijão.

Palavras-chave: maturidade fisiológica, germinação, vigor.

## ABSTRACT

PEDROSA, M. V. B. **Physiological quality of bean seeds (*Phaseolus vulgaris* L.) in the function of maturation and fertilization with sulfur, nitrogen and zinc 2017.** Dissertation (Master's degree in plant production) – Federal University of Espírito Santo, Alegre, ES. Advisor: Prof. D.Sc. Rodrigo Sobreira Alexandre and Prof. D.Sc. José Carlos Lopes.

The bean (*Phaseolus vulgaris* L.) crop is of great nutritional importance, having a high lysine content, which acts in complementation to cereal proteins, dietary fiber, B vitamins and complex carbohydrates. Foliar fertilization can contribute to a better performance of the plant in the field, due to the nutritional improvement of the plants. The objective of this study was to determine the physiological maturation of *Phaseolus vulgaris* L. seeds from the four genotypes of bean genotypes: CNFC-15458, CNFC-15513, BRS Estilo and Carioca Precoce, with different applications of foliar fertilization based on sulfur, nitrogen and zinc. The work was developed from april 2 to july 2, 2015 at the Fazenda Ponte da Braúna, distrito de Rive, Município de Alegre-ES, and at the Laboratório de Análise de Sementes do Departamento de Produção Vegetal do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo (CCAUE-UFES), Alegre-ES. The experiment was installed at a spacing of 0.50 x 0.30 m. Cultural practices were carried out according to the specifications of the culture. Four leaf fertilizations were carried out: A0: control (without foliar fertilization); A1: an application of leaf fertilizer after 15 days of anthesis; A2: two applications after 15 and 25 days of anthesis, and A3: three applications after 15, 25 and 35 days of anthesis. In the inflorescence phase, when approximately 70 % of the floral buds of the plants were present in the anthesis, 2000 flowers were labeled. Every seven days, pod harvests were analyzed for morphometric analysis and moisture of pods and seeds, germination and vigor of the seeds. Four replicates of 25 seeds, disinfested with sodium hypochlorite (immersion of seeds for 2 minutes and a half), 70% alcohol (immersion for 30 seconds) and captan were used in the dosage of 2.0 g i.a. kg<sup>-2</sup> of seeds. Seeding was done on germitest paper rolls, moistened with distilled water with volume equivalent to 3.0 times the mass of the dry paper, and kept in the germination chamber type B.O.D. at 25 °C under constant light. The counting was performed daily, counting the number of seeds that showed primary root protrusion  $\geq 2.0$  mm. Germination percentages were calculated after five and nine days. The seeds of elite strain CNFC 15513 and cultivar BRS Estilo show higher physiological quality. The physiological maturation of the seeds occurs at 84 and 91 days, for the elite lineages CNFC 15513, CNFC 15458 and cultivar BRS Estilo; and Carioca Precoce, respectively. Foliar fertilization benefits the physiological quality of bean seeds.

Keywords: physiological maturity, germination, vigor.

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1- Localização da área de implantação do experimento de campo na Fazenda Ponte da Braúna para o estudo do ponto de maturação fisiológica de sementes de quatro genótipos de feijoeiro. Fonte: Google Earth. 2017. ....29
- Figura 2 - Precipitação mensal (mm) do município de Alegre-ES (INCAPER, 2016b).....29
- Figura 3 - Temperatura mínima média (°C) do município de Alegre-ES (INCAPER, 2016b).29
- Figura 4 - Temperatura máxima média (°C) do município de Alegre-ES (INCAPER, 2016). 30
- Figura 5 - Cultura de feijoeiro, com apenas uma planta por cova após o desbaste. ....31
- Figura 6 - Aplicação dos adubos em cobertura na cultura do feijoeiro. ....32
- Figura 7 - Etiquetagem das flores na fase de antese. ....32
- Figura 8 - Germinação de sementes de genótipos de feijoeiro fertilizados com enxofre, nitrogênio e zinco durante a maturação das linhagens-elite CNFC 15458 (A) e CNFC 15513 (B) e cultivares BRS Estilo (C) e Carioca Precoce (D). A0: testemunha (sem adubação foliar); A1: uma adubação após 15 dias da sementeira; A2: duas adubações, após 15 e 25 dias da sementeira e A3: três adubações, após 15, 25 e 35 dias da sementeira. ....48
- Figura 9 - Índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de genótipos de feijoeiro fertilizados com enxofre, nitrogênio e zinco durante a maturação das linhagens-elite CNFC 15458 (A) e CNFC 15513 (B), e cultivares BRS Estilo (C) e Carioca Precoce (D). A0: testemunha (sem adubação foliar); A1: uma adubação após 15 dias da sementeira; A2: duas adubações, após 15 e 25 dias da sementeira e A3: três adubações, após 15, 25 e 35 dias da sementeira. ....50
- Figura 10 - Comprimento de hipocótilo de plântulas de genótipos de feijoeiro adubados com enxofre, nitrogênio e zinco durante a fase de maturação das linhagens-elite CNFC 15458 (A) e CNFC 15513 (B), e cultivares BRS Estilo (C) e Carioca Precoce (D). A0: testemunha (sem adubação foliar); A1: uma adubação após 15 dias da sementeira; A2: duas adubações, após 15 e 25 dias da sementeira e A3: três adubações, após 15, 25 e 35 dias da sementeira.....54
- Figura 11 - Comprimento de raiz de plântulas de genótipos de feijoeiro adubados com enxofre, nitrogênio e zinco durante a fase de maturação das linhagens-elite CNFC 15458 (A) e CNFC 15513 (B), e cultivares BRS Estilo (C) e Carioca Precoce (D). A0: testemunha (sem adubação foliar); A1: uma adubação após 15 dias da sementeira; A2: duas adubações, após 15 e 25 dias da sementeira e A3: três adubações, após 15, 25 e 35 dias da sementeira.....56
- Figura 12 - Massa seca de hipocótilo de plântulas de genótipos de feijoeiro adubados com enxofre, nitrogênio e zinco durante a fase de maturação das linhagens-elite CNFC 15458 (A) e CNFC 15513 (B), e cultivares BRS Estilo (C) e Carioca Precoce (D). A0: testemunha (sem adubação foliar); A1: uma adubação após 15 dias da sementeira; A2: duas adubações, após 15 e 25 dias da sementeira e A3: três adubações, após 15, 25 e 35 dias da sementeira .....58

Figura 13 - Massa seca de raiz de plântulas de genótipos de feijoeiro adubados com enxofre, nitrogênio e zinco durante a fase de maturação das linhagens-elite CNFC 15458 (A) e CNFC 15513 (B), e cultivares BRS Estilo (C) e Carioca Precoce (D). A0: testemunha (sem adubação foliar); A1: uma adubação após 15 dias da semeadura; A2: duas adubações, após 15 e 25 dias da semeadura, e A3: três adubações, após 15, 25 e 35 dias da semeadura..... 60

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Resultado da análise química do solo .....	30
Tabela 2 – Coloração das vagens e das sementes de genótipos de feijão adubados com enxofre, nitrogênio e zinco durante a maturação.....	35
Tabela 3 – Peso de mil sementes de genótipos de feijoeiro adubados com enxofre, nitrogênio e zinco durante a maturação .....	37
Tabela 4 – Comprimento (mm), largura (mm) e teor de água das vagens (%) de genótipos de feijoeiro adubados com enxofre, nitrogênio e zinco durante a maturação .....	39
Tabela 5 - Comprimento, largura (mm) e teor de água de sementes (%) de genótipos de feijoeiro adubados com enxofre, nitrogênio e zinco durante a maturação .....	43

## 1 INTRODUÇÃO

O feijão é uma leguminosa considerada como um alimento base e tradicional em todos os estados brasileiros, principalmente por ser uma das fontes de proteínas mais utilizadas pela população de baixa renda no Brasil (TOLEDO et al., 2009). Rios et al. (2003) acrescentam que o feijão apresenta diversas qualidades nutricionais como alto teor de lisina, que atua na complementação às proteínas dos cereais; fibra alimentar; vitaminas do complexo B, além de carboidratos complexos.

As sementes, como atributo essencial para suas respectivas culturas, devem apresentar alta qualidade fisiológica para assegurar alta germinação ou emergência de plântulas, bem como a população inicial no campo (LOPES; ALEXANDRE, 2010). Para colheita de sementes de alta qualidade é necessário conhecer o estágio de maturação das sementes. Para isso, deve-se proceder a etiquetagem das flores na antese, a colheita periódica das vagens, frutos e sementes para determinações do teor de água, tamanho, forma, cor, conteúdo de massas fresca e seca, capacidade germinativa e vigor (DELOUCHE, 1981; POPINIGIS, 1985; MAYER; POLJAKOFF-MAYBER, 1989; LOPES; ALEXANDRE, 2010; CARVALHO; NAKAGAWA, 2012; MARCOS FILHO, 2015a). O ponto de maturação fisiológica é caracterizado pela redução e inibição do transporte de nutrientes da planta-mãe para a semente (DELOUCHE, 1981; MALAVASI, 1988; LOPES et al., 2005; LOPES et al., 2008).

A colheita precoce das sementes pode resultar na obtenção de uma semente de menor qualidade fisiológica, em função da formação incompleta de suas estruturas físicas e bioquímicas, resultando em um material de baixa qualidade, principalmente relacionado com o processo de deterioração e redução do vigor, resultando em sementes que apresentarão menor estande no campo, culminando com baixa produção da cultura (LOPES et al., 2007; LOPES, ALEXANDRE, 2010; CAIXETA et al., 2014; PEREIRA, et al., 2014; ALKIMIM et al., 2016; GHASSEMI-GOLEZANI et al., 2016; SANTOS et al., 2016).

Além da semente de alta qualidade fisiológica, há outros fatores que influenciam na produção de uma cultura como a adubação das plantas, que é considerada uma prática essencial para o seu crescimento e sendo realizada adequadamente possibilita a nutrição e o seu desenvolvimento (MALAVOLTA, 2006; MARSCHNER, 2012). Nos estudos desenvolvidos para a determinação de uma nutrição adequada, surge a possibilidade do uso da adubação foliar, que explora a capacidade das folhas em

absorver nutrientes (BORKERT et al., 2003). É necessário, contudo, atentar para as limitações desta prática, não fazendo a substituição da adubação feita por incorporação do adubo no solo, mas, apenas uma complementação nutricional (CAMARGO et al., 2008).

A absorção dos nutrientes constituintes da solução utilizada para a adubação foliar é influenciada pelas condições ambientais presentes na área de cultivo, bem como dos fatores referentes a folhas, mobilidade dos elementos e do modo de preparo da solução (MOCELLIN, 2004). Assim, considerando o caso de produção de sementes de alta qualidade fisiológica, o produtor de sementes que respeita todas essas peculiaridades pode alcançar melhorias em sua produção (NOBRE et al., 2013; NAKAO et al., 2014; DEUNER et al., 2015; TEODORO et al., 2015).

### 1.1 Objetivo geral

- Determinar o ponto de maturidade fisiológica das sementes de feijão, sob doses crescentes de adubação foliar a base de enxofre, nitrogênio e zinco.

### 1.2 Objetivos específicos

- Mensurar as características morfométricas dos genótipos de feijoeiro, sendo elas: comprimento, largura, coloração, teor de água de vagens e sementes e peso de mil sementes;
- Identificar o vigor das sementes por meio dos testes: índice de velocidade de germinação, comprimento de raiz e hipocótilo e massa fresca e seca de raiz e hipocótilo;
- Verificar o efeito da adubação foliar a base de enxofre, nitrogênio e zinco na qualidade fisiológica de sementes de feijão.

## **2 REVISÃO DE LITERATURA**

### 2.1 Cultura do feijoeiro

O feijão possui grande destaque na alimentação das famílias brasileiras, que juntamente com o arroz, são os alimentos que integram a base alimentar da culinária das

mesmas. Esses alimentos são ótimas opções para a nutrição humana, sendo o arroz uma boa fonte de carboidrato e rico em cisteína e metionina (LEÓN; ROSELL, 2007; SILVA et al., 2012), enquanto o feijão é uma boa fonte de proteína e apresenta níveis elevados de lisina e triptofano (RIOS et al., 2003).

O feijoeiro pertence à divisão Magnoliophyta, à classe Magnoliopsida, à ordem Fabales, à família Fabaceae, à subfamília Faboideae, ao gênero *Phaseolus* e à espécie *P. vulgaris*. A estrutura do feijoeiro é constituída de caule tipo haste, com crescimento determinado (quando ocorre a paralisação do crescimento do caule e dos ramos laterais, havendo o aparecimento das flores nas extremidades) ou indeterminado (quando há crescimento contínuo, em que as flores surgem nas laterais, juntamente com as folhas). O caule apresenta nós e entrenós, sendo que no primeiro nó estão localizados os cotilédones, no segundo nó a inserção das folhas primárias e a partir do terceiro nó surgem diversas estruturas como as folhas trifoliadas, as primeiras folhas e a porção alongada entre as raízes. De acordo com o tipo de crescimento do caule, o feijoeiro pode ser classificado como trepador, prostrado e arbustivo (VIEIRA et al., 2006).

As flores do feijoeiro são papilionadas, constituídas de uma bráctea e duas bractéolas na base do pedúnculo floral. O fruto é do tipo legume, com um carpelo deiscente, seco, zigomorfo, alongado e comprido. As sementes são do tipo exalbuminada, em que as reservas nutritivas estão localizadas nos cotilédones. Suas estruturas externas são compostas de rafe, micrópila, hilo e tegumento e internamente há um embrião constituído de radícula, dois cotilédones, hipocótilo, duas folhas primárias e plúmula (VIEIRA et al., 2006).

O Brasil é um país com destaque mundial na produção e produtividade do feijão. A safra de 2015/2016 atingiu produção de 2.514,9 mil toneladas e a estimativa para a safra de 2016/2017 é de 3.037,1 mil toneladas. A produtividade nos estados brasileiros na safra 2015/2016 foi de 841 kg ha<sup>-1</sup> na região Norte; 241 kg ha<sup>-1</sup> na região Nordeste; 1.445 kg ha<sup>-1</sup> na região Centro-Oeste; 1.670 kg ha<sup>-1</sup> na região Sudeste e 1.590 kg ha<sup>-1</sup> na região Sul (CONAB, 2016).

A cultura do feijoeiro apresenta suscetibilidade às variações climáticas, afetando significativamente a sua produção. Em regiões com temperaturas muito elevadas, há prejuízos no florescimento e frutificação, em contrapartida, em temperaturas muito baixas, há aumento na queda de flores. A deficiência hídrica também é fator de grande prejuízo para a produtividade do feijoeiro, sendo que, as consequências da falta de água na cultura do feijoeiro são a redução do total de vagens produzidas por planta, e em

consequência, a queda na produção final de sementes (GUIMARÃES et al., 2006). O cultivo do feijoeiro pode ser realizado em três épocas no ano, sendo o período das águas, nos meses de setembro a novembro; o período da seca, nos meses de janeiro a março; e o período de outono-inverno, nos meses de maio a julho (BARBOSA; GONZAGA, 2012).

## 2.2 Caracterização biométrica de frutos e sementes

A biometria, segundo Ferreira (2010) é a ciência responsável pelo estudo da medição dos seres vivos. Por meio de cálculos estatísticos, esta ciência analisa características biológicas quantitativas em uma determinada população. A biometria é empregada com bastante frequência na agricultura, como, por exemplo, no estudo do tamanho de frutos e sementes, visando indicar melhores tratamentos culturais, época de colheita e material genético a ser utilizado.

A classificação de frutos e sementes em relação ao seu tamanho possibilita indicar a variabilidade genética de uma população de plantas e a sua adaptação ou rejeição às condições ambientais da região em questão e em determinadas espécies, pode ser a única forma de classificação entre indivíduos com alto grau de semelhança (SILVA, 2014). Os dados biométricos de uma espécie contribuem para a realização de um bom planejamento de um processo de restauração florestal de uma área degradada, bem como para a prática agricultável, haja vista que estão relacionados aos processos de dispersão da espécie, período em que se encontram na sucessão ecológica, agentes dispersores envolvidos, viabilidade, condições de armazenamento e comportamento germinativo (MATHEUS; LOPES, 2007).

Segundo Popinigis (1985), a qualidade fisiológica de sementes é influenciada pela biometria de sementes, em que sementes graúdas apresentam maior taxa de germinação e vigor em comparação às sementes menores. Carvalho e Nakagawa (2012) acrescentam que tais diferenças de vigor são explicadas pela presença de maior quantidade de reserva disponível para o eixo embrionário de sementes maiores.

O tamanho de frutos e sementes pode ser utilizado como um indicador do ponto de maturação fisiológica da espécie, podendo ocorrer maior valor de massa seca, germinação e vigor de sementes em frutos maiores, quando comparados com frutos pequenos (DELOUCHE, 1981). Ahmad e Sultan (2015) observaram essa influência do

tamanho dos frutos em relação ao vigor das sementes, quando no último estágio de maturação ocorreu redução no tamanho dos frutos e queda na germinação das sementes.

Pinto et al. (2016) estudando a morfometria de frutos e sementes de *Oreopanax fulvum* Marchal em diferentes estádios de maturação verificaram que não ocorria diferença significativa no tamanho de frutos nas fases de maturação avaliadas. Entretanto, observaram que ocorria germinação somente nas sementes oriundas de frutos roxos, os quais se apresentavam maduros.

Ao analisar a morfometria de frutos e sementes de pitangueira do cerrado em diferentes estádios de maturação, Borges et al. (2010) verificaram diferenças no tamanho dos frutos em função da maturação. No entanto, as sementes não diferiram entre os pontos de maturação analisados. Enquanto, Souza et al. (2016) ao estudar oito cultivares de sementes de pêssego verificaram pelo índice de velocidade de germinação que as plantas mais vigorosas foram aquelas oriundas dos cultivares que apresentaram os maiores valores de comprimento, largura e espessura.

### 2.3 Maturação fisiológica de sementes

O ponto de maturação fisiológica é o ponto de máxima qualidade da sementes. Tem início com a fertilização do óvulo, posteriormente há o início do desenvolvimento da semente, por uma série de eventos, como divisões celulares, diferenciação de tecidos, acúmulo de reservas e perda considerável de água, até atingir o ponto de maturação fisiológica, que culmina com a redução do metabolismo e a paralisação do crescimento (POPINIGIS, 1985; CARVALHO; NAKAGAWA, 2012). Entretanto, se o estágio de maturação de uma semente for inadequado poderá inviabilizar todo o processo de produção de uma espécie. Além disso, o desconhecimento deste estágio pode incorrer na obtenção de um produto de baixa qualidade ou um material imaturo e deteriorado (DIAS, 2001).

Diversos estudos, conceitos e definições sobre maturação fisiológica estão disponíveis na literatura, que pode ser entendida como o momento em que ocorre o término da passagem de fotossintatos da planta-mãe para o fruto, momento no qual se inicia a desidratação gradual das sementes. Neste ponto, diversas modificações fisiológicas e morfológicas são visualizadas nas sementes: no tamanho, no teor de água, na massa seca, além de melhorias graduais na germinação e no vigor (DELOUCHE, 1981; POPINIGIS, 1985; MAYER; POLJAKOFF-MAYBER, 1989; CARVALHO;

NAKAGAWA, 2012), podendo ser observado externa e internamente nos frutos, por meio de mudanças na coloração e tamanho dos frutos e sementes é possível perceber as mudanças fisiológicas (FIGUEIREDO NETO et al., 2014). O período de maturação da semente é variável entre as culturas, sofrendo influências das condições ambientais e genéticas dos materiais (CASTRO et al., 2008).

Durante a fase de maturação das sementes, a perda de água ocorre lentamente, enquanto o acúmulo de reservas nutricionais é ascendente até que alcancem valores máximos, quando então a sua desidratação é acentuada (MARCOS FILHO, 2015a).

Mesmo após a colheita das sementes podem ocorrer mudanças fisiológicas no seu interior, sendo denominada de maturação pós-colheita. Assim, sementes mais imaturas podem ser armazenadas por certo período para que recebam nutrientes contidos nos frutos e melhorem sua qualidade fisiológica, no entanto, se as sementes estiverem maduras, esse armazenamento pode diminuir a sua germinação e vigor (AZZOLINI et al., 2004).

O ponto de maturidade fisiológica das sementes é variável entre e dentre as espécies, e diversos estudos são desenvolvidos para o conhecimento deste estágio de maturação das sementes para determinar o período de colheita, no qual apresentem maior germinação e vigor (DAYAL et al., 2014; PEREIRA et al., 2014; GONÇALVES et al., 2015; LISBOA et al., 2016).

Donato et al. (2015) estudando a qualidade fisiológica de sementes de melão verificaram que houve correlação positiva entre a qualidade das sementes nos testes de germinação e vigor, com o progresso da maturação. Ao estudar o efeito do estágio de maturação no vigor de sementes de ingazeiro, Mata et al. (2013) verificaram que a maturidade fisiológica da espécie ocorre após 146 a 166 e 155 dias da antese, no primeiro e segundo ano de cultivo, respectivamente, período em que as sementes apresentaram máximo poder germinativo, acúmulo de massa seca e menor teor de água. Em sementes de urucu (*Bixa orellana* L.), a maturação fisiológica ocorre após 91 a 103 dias da antese (DORNELAS et al., 2015).

Outra característica que pode ser um indicador e possibilitar a identificação do estágio de maturação da semente é a coloração dos frutos, conforme sugerido por diversos autores (LOPES et al., 2005; LOPES et al., 2006; LOPES; SOARES, 2006; RICCI et al., 2013; FIGUEIREDO NETO et al., 2014; AHMAD; SULTAN, 2015). Ricci et al. (2013) compararam a qualidade fisiológica de sementes de pimenta jalapenho, oriundas de frutos verdes e vermelhos, em diferentes períodos de

armazenamento e verificaram que as sementes procedentes de frutos vermelhos recém-colhidos apresentaram maior porcentagem de emergência e, com o armazenamento dos frutos verdes, as sementes atingiram o nível de qualidade similar ao das sementes oriundas de frutos vermelhos.

Em sementes de maracujá, em quatro estádios de maturação, considerando coloração do fruto, Battistus et al. (2014) observaram maior acúmulo de massa seca, melhor organização das membranas e maior germinação nas sementes oriundas de frutos mais amarelos. No entanto, para mamão, Dias et al. (2015) sugerem que a colheita e extração das sementes seja feita quando os frutos apresentarem 75% de casca amarela.

## 2.4 Qualidade Fisiológica de Sementes

A qualidade fisiológica da semente caracteriza-se pela sua capacidade para desenvolver funções vitais, podendo ser compreendida como o resultado de um conjunto de características que determinam a sua qualidade para a sementeira no campo; características que envolvem a germinação, considerada como principal parâmetro para avaliação da qualidade fisiológica de lotes de sementes, a qual permite identificar o potencial de germinação de um lote sob condições favoráveis, e o vigor (POPINIGIS, 1985; POLJAKOFF-MAYBER et al., 1994; BRASIL, 2009; MARCOS-FILHO, 2015). Esta qualidade compreende a germinação e o vigor das sementes, sendo o vigor considerado o conjunto de características que determinam o potencial fisiológico de um lote de sementes, influenciado pelas condições de manejo e de ambiente, enquanto a germinação procura avaliar a máxima capacidade germinativa que a semente apresenta sob condições ótimas, de água, temperatura, luz, oxigênio, além do substrato, que é fundamental para o processo germinativo (LOPES; ALEXANDRE, 2010; CARVALHO; NAKAGAWA, 2012; MARCOS FILHO, 2015a).

### 2.4.1 Germinação

A semente, como resultado de um óvulo fecundado e desenvolvido até a completa fase de maturação fisiológica, constitui-se na unidade de dispersão de suas respectivas espécies. Quando viáveis, não dormentes e mantidas sob condições ideais para germinação reinicia a absorção de água pela semente, que desencadeia uma

sequência de mudanças metabólicas, culminando com a protrusão da raiz primária e o início da formação de uma plântula (LABORIAU, 1983; BEWLEY; BLACK, 1994; CARVALHO; NAKAGAWA, 2012; MARCOS-FILHO, 2015).

A germinação é considerada como um processo complexo e sujeito a diversas formas de interferência. O conhecimento da estrutura morfológica e da condição fisiológica das sementes é importante para a obtenção de uma elevada porcentagem de germinação (LOPES et al., 2005; LOPES et al., 2006; MARCOS FILHO, 2015a).

Entretanto, para que a germinação se inicie há a necessidade de que a semente alcance um nível adequado de hidratação, que permita a reativação dos seus processos metabólicos e alongação do eixo embrionário (BEWLEY; BLACK, 1994). Estes autores sugeriram a divisão das fases da germinação em três etapas principais, englobando aspectos fisiológicos, bioquímicos e metabólicos, que são embebição, processo bioquímico preparatório e crescimento, conforme segue: I) reativação: embebição, ativação da respiração e das demais etapas do metabolismo; II) indução do crescimento: fase de repouso, como preparo para o crescimento, e III) crescimento, com a protrusão da raiz primária.

Do ponto de vista tecnológico, o final da germinação se caracteriza no instante em que se tem uma plântula completa, em condições de desenvolver autotroficamente, resultando na formação de uma plântula normal, com todas as suas estruturas essenciais (BRASIL, 2009; CARVALHO; NAKAGAWA, 2012).

#### 2.4.2 Vigor de sementes

O vigor retrata a capacidade que a semente apresenta em emitir plântulas sob condições adversas do meio. Representa o somatório das propriedades das sementes que determinam o seu desempenho ao longo do processo germinativo e emergência de plântulas; resulta do nível de energia que a semente dispõe para realizar todas as etapas da germinação (BRASIL, 2009; CARVALHO; NAKAGAWA, 2012).

A International Seed Testing Association (ISTA, 2006) afirma que o vigor é um indicador do nível de deterioração fisiológica de um lote de sementes, bem como sua integridade mecânica. A partir desse conceito, tem-se a percepção da capacidade de estabelecimento de plantas na área de cultivo, corroborando com o que postulou a Association of Official Seed Analysts (AOSA, 1992), que caracterizar o vigor é um fator de grande importância para a agricultura, influenciando diretamente em todo o

sistema produtivo, destacando que a avaliação é uma propriedade para indicar o potencial que as sementes possuem para realizar a emergência rápida, uniforme e originar plântulas normais.

O uso de testes de vigor de sementes tem sido satisfatório para auxiliar, pelos parâmetros avaliativos, a escolha de práticas conservacionistas das sementes. Os métodos de avaliação das sementes podem auxiliar no entendimento e caracterização da germinação, do vigor e da viabilidade de frutos e sementes (MATHEUS; LOPES, 2007). Apresentam uma gama de informações em relação à qualidade das sementes, destacando-se em diversos programas de melhoramento genético, principalmente, por separar os genótipos mais resistentes às condições climáticas adversas, como pragas, doenças e que apresentem alta produtividade (GRZYBOWSKI et al., 2015).

Na análise de vigor de um lote de sementes são realizados testes em laboratórios, com o controle das condições ambientais necessárias para a avaliação do vigor das sementes (VEIRA; CARVALHO, 1994), os quais são classificados como diretos e indiretos, sendo que os testes diretos simulam as condições ambientais que ocorrem no campo: massa fresca, massa seca, índice de velocidade de emergência em campo, teste de frio, crescimento de plântulas e população inicial, enquanto os testes indiretos avaliam as sementes em relação às suas características físicas, bioquímicas e fisiológicas: teste de tetrazólio, teste de respiração, teste de condutividade elétrica, teor de ácidos graxos, teste GADA (descarboxilase do ácido glutâmico) e teste de aldeídos voláteis (MARCOS FILHO, 2015b).

Os testes indiretos fisiológicos utilizam um determinado fator da germinação ou do desenvolvimento da plântula, sob condições favoráveis ou não. Sob condições favoráveis: crescimento da plântula, primeira contagem, índice de velocidade de germinação, transferência da massa seca, crescimento da raiz e classificação do vigor das plântulas; sob condições desfavoráveis: envelhecimento precoce, imersão em água quente, imersão em solução tóxica, imersão em solução osmótica, germinação em baixa temperatura e teste de exaustão (KRZYZANOWSKI et al., 1999).

## 2.5 Características e funções dos elementos presentes na solução de adubação foliar

### 2.5.1 Enxofre

O enxofre é considerado um macroelemento essencial secundário na nutrição de plantas, sendo necessário em quantidades satisfatórias para a manutenção do metabolismo vegetal (MARSCHNER, 2012). As plantas absorvem o enxofre na forma aniônica de sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) e a principal fonte desse elemento é a matéria orgânica do solo (RAIJ, 2011). Plantas que apresentam deficiência nutricional de enxofre, demonstram efeitos deletérios em seu metabolismo, a partir da interrupção da síntese proteica, resultando em um mau desenvolvimento de raízes e queda no teor de clorofila (MALAVOLTA; MORAES, 2007).

A importância desse nutriente está relacionada a formação e crescimento radicular; atividade enzimática e produção de óleos e gorduras (PRADO, 2008). A aplicação de doses adequadas de enxofre promove uma intensificação na cor verde das folhas, pois se trata de um dos componentes das ferredoxinas e tieredoxinas, proteínas, que atuam nos processos de fotossíntese e síntese de clorofila, respectivamente (MALAVOLTA, 2006). A atividade do enxofre compreende ainda a participação na redução do  $\text{SO}_4^{2-}$  e  $\text{NO}_3^-$  e das reações de oxirredução da fotossíntese (MALAVOLTA, 2006; TAIZ; ZEIGER, 2013).

A localização do enxofre na planta está em sua maior parte nas proteínas. Dentre os vinte aminoácidos existentes, quatro possuem o radical enxofre em sua estrutura química, sendo eles a cistina, cisteína, metionina e taurina. Estes aminoácidos formam proteínas, que estão amplamente presentes na planta (RAIJ, 2011).

Entre os aminoácidos que possuem enxofre em sua estrutura, a metionina merece destaque na qualidade fisiológica de sementes, pois está associada ao processo de germinação de sementes e desenvolvimento de plântulas, por ser um aminoácido precursor intermediário de etileno. A metionina é convertida em S-adenosil-metionina, que é transformada em 1-amino-ciclopropano-1-carboxil, o precursor direto do etileno (YANG; HOFFMAN, 1984). O etileno se caracteriza como um hormônio vegetal atuante na superação de dormência de sementes e gemas, maturação de frutos e abscisão e senescência foliar e floral (COLLI; PURGATTO, 2008).

A síntese do etileno ocorre por todo o corpo da planta (raízes, caule, folhas e frutos), sendo realizada em maior intensidade em condições de temperaturas elevadas (aproximadamente 30 °C); em plantas sob condições de estresse; em áreas da planta que sofreram danos mecânicos e em ambiente com alta concentração de  $\text{O}_2$  (YANG; HOFFMAN, 1984).

A presença de etileno pode ou não ser benéfica para a produção vegetal, sendo necessário que o produtor tenha conhecimento de suas funções. O etileno é desejável quando há a necessidade de melhorias na taxa de germinação de sementes (AMARO et al., 2009), devido à sua capacidade de superação de dormência e quando se deseja acelerar e uniformizar o processo de maturação de frutos, visando uma produção em menor tempo (DIAS et al., 2014; JOMORI et al., 2014). Contudo, o etileno não é desejável para o local de armazenamento de frutos, pois os frutos podem deteriorar mais rapidamente (TAIZ; ZEIGER, 2013).

O uso do etileno é verificado em diversas pesquisas, em culturas variadas, visando o aumento de lucratividade dos produtores, como pode ser verificado no estudo de Kepczynski e Sznigir, (2014), em que o etileno, na forma de etefon, foi eficaz na superação de dormência de sementes de *Amaranthus retroflexus* L., sendo um exemplo na prática, da eficácia do seu uso para o aumento da qualidade fisiológica de sementes.

A literatura também possui diversos estudos com a aplicação de etileno para acelerar a maturação dos frutos, como pode ser visto no estudo de Jomori et al. (2014), em que a aplicação de etileno propiciou melhorias no índice de cor, uma importante propriedade organoléptica, de frutos de tangor ‘Murcott’, bem como na atividade de clorofilase, uma enzima que degrada a clorofila, gerando a coloração madura ao fruto.

A ação do etileno na maturação de frutos também foi verificada no estudo de Scolaro et al. (2015), em que maçãs do cultivar ‘Royal Gala’ apresentaram retardo na maturação dos frutos, a partir da aplicação de inibidores da biossíntese de etileno.

A partir da importância mencionada anteriormente do enxofre, também existem diversos trabalhos com a aplicação do elemento enxofre para melhorias na qualidade fisiológica de sementes e crescimento inicial de plantas, como no trabalho de Jahan et al., (2015), em que o tratamento de sementes com enxofre possibilitou aumento na germinação e no vigor em sementes de canola.

Na cultura do pepino, verifica-se que a partir do tratamento de sementes com nanopartículas de enxofre, foi alcançado o máximo de germinação. Além disso, há o aumento linear do comprimento de raiz e parte aérea (ALBANNA et al., 2016).

Ao estudar o efeito da aplicação de enxofre no crescimento inicial de soja, Kabir et al. (2016) verificaram melhor comportamento em comparação com o controle, de acordo com os testes de altura de planta, número de nódulos, massa seca de parte aérea e de raiz, entre outros.

## 2.5.2 Nitrogênio

O nitrogênio é um macroelemento essencial para as plantas, sendo um dos mais exigidos na nutrição de plantas e o mais limitante em relação ao crescimento (MENGEL; KIRKBY, 2001). Diversas funções do metabolismo vegetal ocorrem devido à presença do nitrogênio, pois é constituinte de várias moléculas, como os aminoácidos, ácidos nucleicos, compostos nitrogenados, cloroplastos e vitaminas (SANTOS et al., 2010). A presença do nitrogênio nas moléculas citadas faz com que este se torne essencial para a realização de diversos processos fisiológicos, como diferenciação celular, crescimento longitudinal da planta, respiração e fotossíntese (TAIZ; ZEIGER, 2013). Ademais, o nitrogênio influencia a absorção ou distribuição da maior parte dos nutrientes (MALAVOLTA; VIOLANTE NETTO, 1989).

Ao iniciar o cultivo de uma determinada cultura, um dos cuidados a serem tomados pelo produtor é em propiciar a adubação adequada para as exigências nutricionais da cultura (LOPES, 1998). Em relação ao nitrogênio, deve-se levar em consideração que a disponibilidade do elemento no solo é de mais de 90% na forma aniônica de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), o que pode se tornar um problema, pois a adsorção de íons catiônicos ocorre em maior quantidade do que em íons aniônicos, podendo ocorrer perdas com lixiviação em épocas de chuvas fortes, devido à adsorção mais lenta desses íons negativos. Para mitigar este problema, pode-se optar pelo parcelamento das doses de nitrogênio, disponibilizando o elemento nas fases críticas do crescimento da planta (MALAVOLTA, 2006). Além disso, a adubação via foliar complementar também é uma opção interessante, pois se beneficia de outras vias de entrada na planta para a inserção de nutrientes (CAMARGO et al., 2008).

A carência desse elemento acarreta em clorose nas folhas, mais intensamente nas folhas mais velhas, devido à capacidade das folhas jovens translocarem o nitrogênio contido das folhas velhas (SOUZA; FERNANDES, 2006; TEZOTTO et al., 2015). A deficiência de nitrogênio afeta a produção de clorofila, pois este elemento é um dos seus componentes, sendo esta a molécula responsável pela atividade fotossintética, produzindo plantas menores, com caules delgados, folhas menores e com pequena ramificação (MENGEL; KIRKBY, 2001).

É necessário atender a demanda de nitrogênio exigida pela planta, contudo, deve-se atentar para não ultrapassar os limites nutricionais requeridos pela cultura em questão. A aplicação de nitrogênio em excesso provoca um desequilíbrio entre as

estruturas da planta, havendo um crescimento exagerado da parte aérea em comparação com as raízes, ocasionando uma maior suscetibilidade ao déficit hídrico (ENGELS; MARSCHNER, 1995; MALAVOLTA, 2006). Em alguns casos, a adubação em excesso pode ocasionar toxicidade à planta (ENGELS; MARSCHNER, 1995).

O nitrogênio possibilita aumento de produtividade além da sua aplicação via fertilizantes, este elemento também está presente na síntese de hormônios, que desempenham funções vitais no crescimento e desenvolvimento de plantas. O nitrogênio está inserido nesse processo, por ser elemento constituinte dos aminoácidos, que apresentam em sua estrutura, um grupo amina (NH<sub>2</sub>), um grupo carboxila (-COOH) e um determinado radical, diferenciado para cada tipo de aminoácido (MARSCHNER, 2012). Entre os aminoácidos existentes, alguns estão relacionados à síntese de hormônios, sendo o triptofano, o aminoácido precursor da auxina (AWAD; CASTRO, 1992; MENGEL; KIRKBY, 2001) e a metionina, o aminoácido precursor do etileno (YANG; HOFFMAN, 1984), atuantes no crescimento vegetal (LIMA et al., 2015; GALVÃO et al., 2016; OLIVEIRA et al., 2016) e maturação de frutos (TRINDADE et al., 2015; SANCHES et al., 2016), respectivamente.

A partir da importância do nitrogênio explanada previamente, diversos pesquisadores analisaram sua influência na qualidade fisiológica de sementes e no crescimento inicial de plantas, como pode ser observado no estudo de Araújo et al., (2014), em que a cultura do milho demonstrou resposta positiva à aplicação de nitrogênio via solo e com a inoculação de bactérias fixadoras de nitrogênio no crescimento inicial do milho, apresentando plântulas com maior comprimento e massa seca total.

A aplicação de nitrogênio também possibilitou aumento de qualidade fisiológica em sementes de braquiária (CATUCHI et al., 2013), maracujá (DANTAS et al., 2015), trigo (BRZEZINSKI et al., 2014), arroz (RUFINO et al., 2013) e feijão (SILVA et al., 2017).

Resultados positivos também foram visualizados em estudos com a aplicação do nitrogênio oriundo de fontes orgânicas, como a urina de vaca no crescimento inicial de girassol (COSTA JUNIOR et al., 2014) e esterco de galinha na formulação de substratos de cubiu (*Solanum sessiliflorum* Duna), estabelecendo mudas mais vigorosas (GUIMARÃES et al., 2014).

### 2.5.3 Zinco

O zinco é um micronutriente essencial na nutrição de plantas, sendo, entre os micronutrientes, o terceiro mais exigido pelas plantas (MALAVOLTA, 2006). A ação do zinco está relacionada principalmente na composição e ativação de enzimas, podendo destacar as peptidases, proteinases, fosfohidrogenases e desidrogenases (PRICE et al., 1972; EPSTEIN; BLOOM, 2006). Destaca-se ainda, a sua participação no metabolismo de proteínas e carboidratos; síntese de RNA e ribossomos (BORKERT, 1986).

O crescimento vegetal é influenciado por este elemento, por meio da ativação das peptidases, que impulsiona a degradação de proteínas de reserva, produzindo aminoácidos simples. Estes aminoácidos são inseridos aos esqueletos carbônicos no eixo embrionário, fazendo com que o crescimento vegetal seja acelerado (DECHEN; NACHTIGALL, 2007). Ainda, em se tratando do crescimento da planta, contudo, mais precisamente em relação ao crescimento inicial, o zinco mostra-se fundamental para a formação da plântula, considerando-se que possibilita a ativação das enzimas DNA e RNA polimerase, que atuam na síntese de proteínas pelo eixo embrionário (MCCALL et al., 2000; KLOUBERT; RINK, 2015).

A influência do zinco sobre o crescimento vegetal compreende ainda a participação em diversas vias metabólicas, além disso, plantas que contenham níveis adequados de zinco apresentam uma ampliação de área fotossintética ativa, conseqüentemente, há aumento na produção de biomassa (SHARMA; AGRAWAL, 2005).

A ação do zinco engloba ainda a síntese de hormônios, ativando o triptofano, um aminoácido precursor intermediário de substâncias indólicas, entre elas o ácido indolacético, uma auxina, um hormônio com ação preponderante no processo de crescimento vegetal (AWAD; CASTRO, 1992; MENGEL; KIRKBY, 2001). A biossíntese de auxina intermediada pelo triptofano é realizada a partir de sua reação com fenóis em oxidação (AWAD; CASTRO, 1992; MENGEL; KIRKBY, 2001). Taiz e Zeiger (2013) acrescentam que as rotas da triptamina e do ácido indol 3-pirúvico são as rotas de biossíntese de auxina intermediadas pelo triptofano.

A auxina atua no crescimento vegetal participando de processos de enraizamento de estacas caulinares (BARBOSA; LOPES, 2011; HARTMANN et al., 2014; PONTES

FILHO et al., 2014; OLIVEIRA et al., 2016); divisão e crescimento celular (DODDS; ROBERTS, 1999; KERBAUY, 2013); dominância apical (CLINE, 1991; TAIZ; ZEIGER, 2013) e crescimento de frutos (TEALE et al., 2006; TAIZ et al., 2015). A influência da auxina no processo de crescimento é verificada com a elevada concentração desse fitormônio em tecidos em crescimento.

A aplicação de auxina no processo de estaquia acelera e uniformiza a formação de raízes, sendo que, em espécies de baixa porcentagem de enraizamento, pode ser vital o uso da auxina para a obtenção de um bom estande final de plantas (BARBOSA; LOPES, 2011; HARTMANN et al., 2014). A auxina proporciona alongamento celular na região do caule, assim como o aumento de tamanho de folhas, sobretudo, as mais novas e frutos (DAVIES, 1995). O fenômeno de dominância apical ocorre pela intervenção da auxina no ápice caulinar. A presença de auxina nessa região permite que o crescimento seja direcionado para cima, auxiliando a planta na competição por luz solar (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Outros processos fisiológicos são controlados e/ou intercedidos pelo zinco, como o teor de proteínas em sementes (NASCIMENTO; MOSQUIM, 2004); desenvolvimento floral (TAIZ; ZEIGER, 2013) e inibe a abscisão de folhas (ADDICOTT; LYNCH, 1955; SARROPOULOU et al., 2013).

A abscisão de folhas está relacionada com a presença de auxina na planta, de modo que, altas concentrações inibem a abscisão foliar, agindo na inibição da produção de etileno, o hormônio responsável pela síntese de enzimas que degradam a parede celular da camada de abscisão, ocasionando a queda das folhas (SARROPOULOU et al., 2013). As auxinas mais encontradas são o ácido indolbutírico (AIB) e o ácido indolacético (AIA) (AWAD; CASTRO, 1992), sendo produzidas em folhas, gemas e na ponta dos ramos (HINOJOSA, 2005; TAIZ; ZIGER, 2013).

Diversas pesquisas foram realizadas visando verificar a eficácia desses reguladores de crescimento, e pode-se constatar que o ácido indolacético promove melhorias no crescimento inicial para a cultura da bromélia (*Aechmea setigera* Mart. ex Schult. & Schult. f. (LEÃO et al., 2014), tango (*Solidago canadensis* L.) (MUNIZ et al., 2015), alface (CIPRIANO et al., 2013), oliveira (SILVA et al., 2017), algodão (HABIBI et al., 2015) e arroz (HARIKRISHNAN et al., 2014). Contudo, não foi benéfico para a faveleira (*Cnidocolus quercifolius*) (SILVA et al., 2013) e trigo duro (TABATABAEI et al., 2016).

O ácido indolbutírico proporcionou melhores resultados em parâmetros de crescimento inicial para a cultura do alho (VIEIRA et al., 2014), pitiaia (PONTES FILHO et al., 2014), ipê-roxo (OLIVEIRA et al., 2015) e alecrim-de-tabuleiro (SILVA et al., 2015). Entretanto, a aplicação de ácido indolbutírico não ocasionou melhorias em orquídea (RODRIGUES et al., 2016).

Levando em consideração a importância do zinco em diversos processos fisiológicos, a literatura também apresenta estudos analisando a validade de sua aplicação. O uso de zinco é visualizado no estudo de Lemes et al. (2015), em que o tratamento de sementes de trigo com sulfato de zinco possibilitou um aumento no vigor das sementes, a partir dos resultados dos testes de comprimento de raiz e massa seca de raiz.

A aplicação de macro (N, P, K, Mg e S) e micronutrientes (B, Cu, Fe, Mn, Mo e Zn) via foliar também apresentou efeitos positivos na cultura do arroz, com incrementos em componentes de produção e na qualidade fisiológica das sementes produzidas (SANTANA et al., 2017). Resultados positivos também foram verificados com a aplicação de zinco nas culturas da soja (BINSFELD et al., 2014), trigo (ARAUJO et al., 2016), cebola (LAWARE; RASKAR, 2014) e grão-de-bico (PAVANI et al., 2014).

### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 Localização da área de condução do experimento**

O estudo foi realizado em duas etapas, sendo a primeira em campo, na Fazenda Ponte da Braúna (Figura 1), distrito de Rive, Município de Alegre-ES, coordenadas geográficas 20° 45'S e 41° 29'W e altitude de 138 m, cujo clima é tropical, com verões quentes e úmidos, no período de 02 de abril de 2015 a 02 de julho de 2015, e a segunda etapa no Laboratório de Análise de Sementes do Departamento de Produção Vegetal do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo (CCAUE-UFES), Alegre-ES. Os dados referentes à precipitação mensal (mm), temperatura mínima média (°C) e temperatura máxima média (°C) do município de Alegre-ES, são visualizados nas Figuras 2, 3 e 4, respectivamente (INCAPER, 2016b).

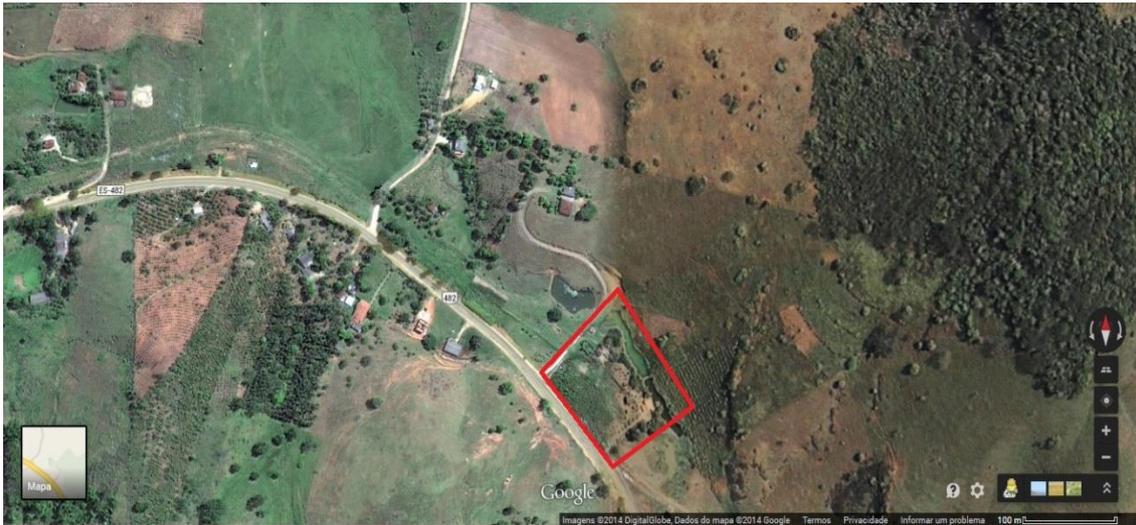


Figura 1- Localização da área de implantação do experimento de campo na Fazenda Ponte da Braúna para o estudo do ponto de maturação fisiológica de sementes de quatro genótipos de feijoeiro. Fonte: Google Earth. 2017.

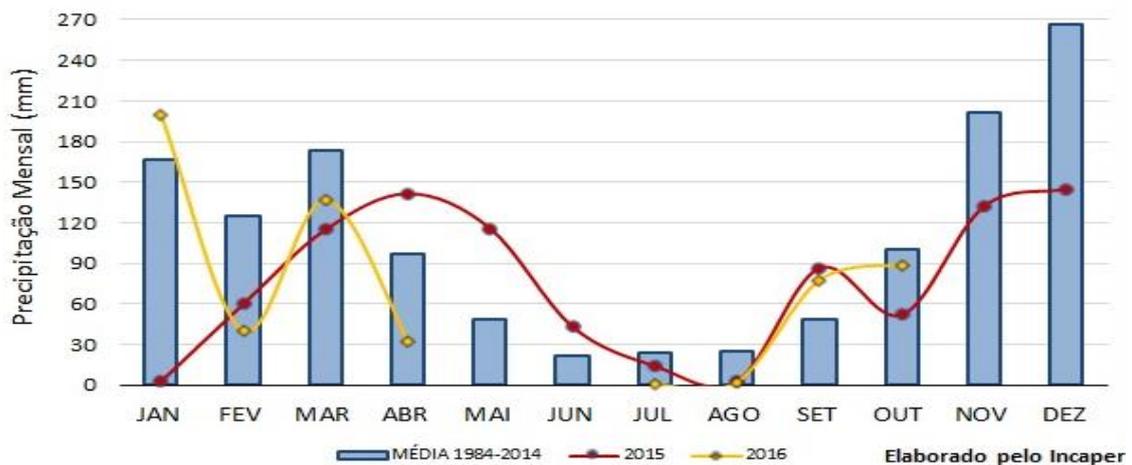


Figura 2 – Precipitação mensal (mm) do município de Alegre-ES (INCAPER, 2016b).

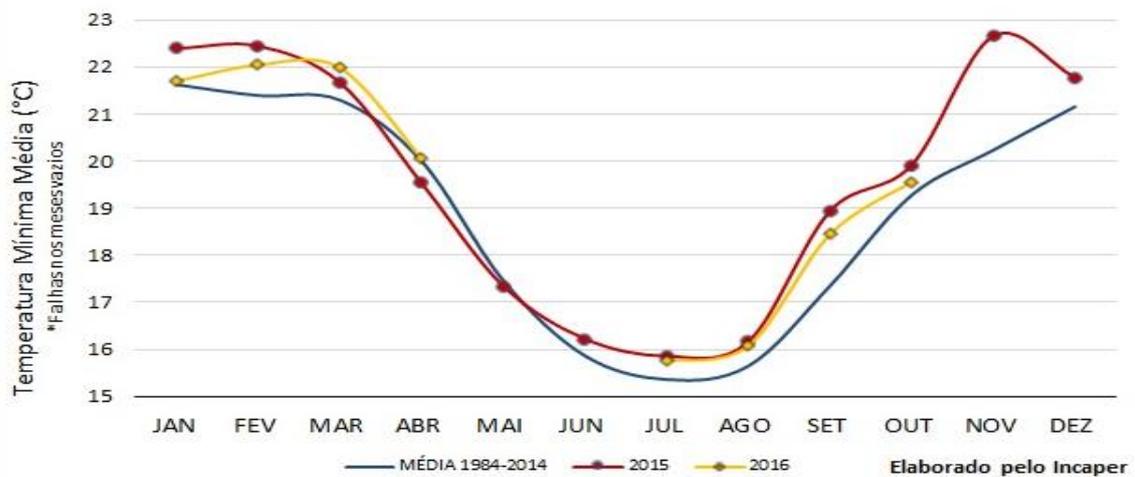


Figura 3 – Temperatura mínima média (°C) do município de Alegre-ES (INCAPER, 2016b).

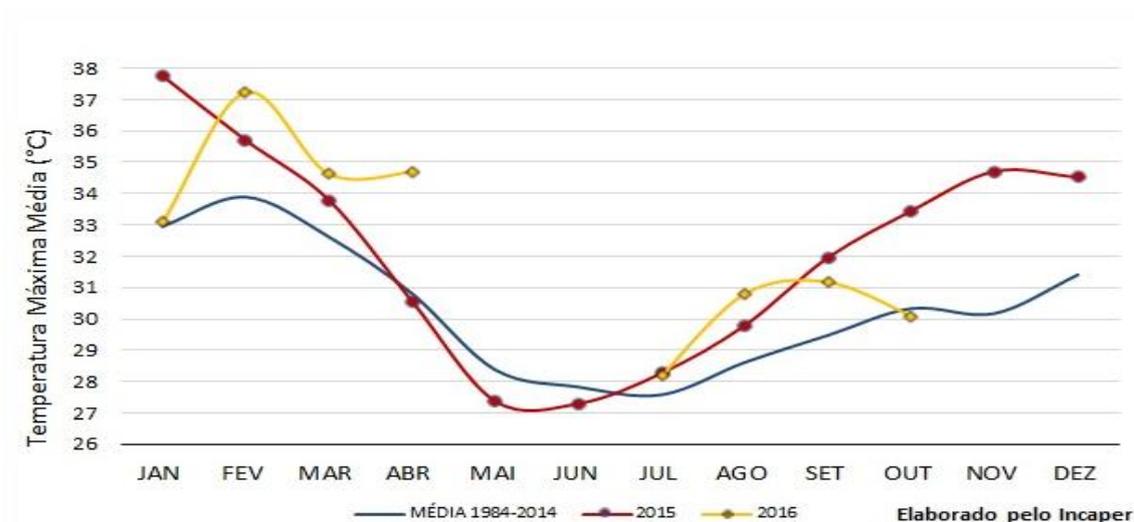


Figura 4 – Temperatura máxima média (°C) do município de Alegre-ES (INCAPER, 2016).

### 3.2 Procedência das sementes

Foram utilizados lotes de sementes de quatro genótipos de feijão, do grupo carioca: linhagens-elite CNFC-15458 e CNFC-15513 e os cultivares BRS Estilo e Carioca Precoce. Os genótipos foram cedidos pelo Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper) de Marilândia-ES.

### 3.3 Tratos culturais

A primeira etapa da pesquisa foi realizada em campo (Figura 1), em um experimento em delineamento de blocos ao acaso, com três repetições, em que a parcela é o fator estádios de maturação e a subparcela é o fator doses de adubação foliar, constituídos de cinco linhas com 80 plantas cada.

Antes da instalação dos experimentos foram coletadas amostras do solo e realizadas as análises químicas (Tabela 1), segundo recomendações de Embrapa (2011).

Tabela 1 – Resultado da análise química do solo.

P resina	M.O	pH	K	Ca	Mg	H+Al	t	T	SB	Al	V	Areia Total	Silte	Argila
mg dm <sup>-3</sup>	g dm <sup>-3</sup>	CaCl <sub>2</sub>	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>							%	%	%	%	
16,62	17,78	6,62	131	4,1	1,48	1,34	5,95	7,29	5,95	0	82,01	61,75	20,25	18

Fonte: Laboratório de Análise de Solos CCAE-UFES.

O preparo do solo foi feito de maneira convencional, e a adubação foi realizada de acordo com a interpretação da análise química do solo, sendo aplicados 40 kg ha<sup>-1</sup> de

N, 80 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 40 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, do formulado 20-40-20 (N-P-K). Após 15 dias, realizou-se a adubação de cobertura, aplicando-se 40 kg ha<sup>-1</sup> de N na forma de sulfato de amônio. A semeadura foi realizada no dia 02 de abril de 2015, dispondo três sementes em cada cova, no espaçamento de 0,50 x 0,30 m, totalizando 400 covas por tratamento. Dez dias após a semeadura foi realizado o desbaste, deixando uma planta por cova (Figura 5).



Figura 5 - Cultura de feijoeiro, com apenas uma planta por cova após o desbaste.

Durante o ciclo da cultura, o controle de plantas invasoras foi realizado manualmente, três vezes por semana, de acordo com as necessidades da cultura; o controle de insetos foi efetuado com a aplicação do inseticida Pirate<sup>®</sup> e o controle de doenças não foi realizado.

A adubação foliar foi realizada após 15; 25 e 35 dias da semeadura, com uma solução nutritiva composta por: enxofre (40,5 g ha<sup>-1</sup>), nitrogênio (123 g ha<sup>-1</sup>) e zinco (172,2 g ha<sup>-1</sup>). As datas de aplicação foram: 17/04; 27/04 e 07/05, referentes às datas após 15; 25 e 35 dias da semeadura, respectivamente. O produto foi diluído em água na proporção de 2 mL L<sup>-1</sup>, em uma dosagem de 2 L ha<sup>-1</sup>. A aplicação ocorreu na parte aérea das plantas, com auxílio de um pulverizador costal (Figura 6). Em cada genótipo, foram utilizados quatro tratamentos: A0 - testemunha (sem aplicação foliar); A1 - uma aplicação 15 dias após a semeadura; A2 - duas aplicações após 15 e 25 dias da semeadura, e A3 - três aplicações após 15, 25 e 35 dias da semeadura.

Posteriormente, na fase de inflorescência, quando aproximadamente 70% dos botões florais das plantas apresentavam-se na fase de antese, utilizando-se fios de

barbante colorido, procedeu a etiquetagem de 2000 flores no dia da antese (Figura 7) para o estudo da maturação fisiológica das sementes.



Figura 6 - Aplicação dos adubos em cobertura na cultura do feijoeiro.



Figura 7 - Etiquetagem das flores na fase de antese.

A colheita de vagens para as análises foi realizada manualmente, a cada sete dias, a partir do sétimo dia após a antese até o final do ciclo da cultura, acondicionadas em embalagens plásticas, mantidas em caixas de isopor, para evitar alterações no teor de água e conduzidas ao Laboratório de Análise de Sementes do CCAE-UFES.

### 3.4 Delineamento experimental

A primeira etapa do experimento, que compreende as análises do teor de água e morfológicas, foi realizada em delineamento em blocos casualizados, com parcelas subdivididas no tempo, em esquema fatorial com quatro genótipos, quatro aplicações de adubo foliar e diferentes estádios de maturação.

O número de estádios de maturação utilizados, contudo, variou de acordo com o tipo de análise, sendo assim: um estágio de maturação no peso de mil sementes; oito estádios de maturação na coloração de vagens e sementes; oito estádios de maturação no comprimento, largura e teor de água de vagens; seis estádios de maturação no comprimento e largura de sementes e sete estádios de maturação no teor de água das sementes.

As diferenças no número de estádios de maturação utilizados justificam-se pela escassez de sementes para a realização do teste de peso de mil sementes em todos os oito estádios de maturação; o tamanho muito pequeno das sementes nos dois primeiros estádios de maturação, impossibilitando uma análise precisa do comprimento e largura de sementes; a inexistência de sementes formadas no primeiro estágio de maturação para a realização do teor de água das sementes.

Na segunda etapa foram avaliados a germinação e o vigor das sementes, em um delineamento inteiramente casualizado, com parcelas subdivididas no tempo, em esquema fatorial com quatro genótipos, quatro aplicações de adubo foliar e diferentes estádios de maturação.

A segunda etapa também apresenta uma variação na quantidade de estádios de maturação nas análises realizadas. Os testes de germinação e índice de velocidade de germinação (IVG) tiveram seis estádios de maturação analisados, devido ao fato de que nos dois primeiros estádios, as sementes eram muito imaturas, não havendo germinação e nas análises referentes às plântulas utilizaram-se quatro estádios de maturação, nos quais houve a ocorrência de plântulas normais.

O último estágio de maturação, após 56 dias da antese, foi utilizado apenas no cv. Carioca Precoce, pois este teve um ciclo de vida mais tardio que os demais genótipos.

### 3.5 Testes

**Teor de água de vagens e de sementes** - foram obtidos pelo método de estufa a  $105 \pm 3$  °C, por 24 horas, de acordo com Brasil (2009); **peso de mil sementes** - foi

determinado pela pesagem de oito subamostras de 100 sementes, em balança analítica (0,0001g) (BRASIL, 2009); **Comprimento e largura de vagens e sementes** - foram obtidos com o auxílio de um paquímetro digital (1/10 mm), utilizando-se cinco repetições de 10 vagens e sementes; **Teste de germinação (TG)** – foi conduzido com quatro repetições de 25 sementes, desinfestadas com álcool 70%, hipoclorito de sódio e captan®, na dosagem de 5,0 g do produto comercial em 100 mL de água destilada (2,5% p/v). A semeadura foi feita em rolos de papel germitest, umedecidos com água destilada com volume equivalente a 3,0 vezes a massa do papel seco, e mantidos em câmara de germinação tipo BOD, a 25 °C, sob luz constante. A contagem de germinação foi realizada diariamente, sendo considerada germinada protrusão da raiz primária  $\geq 2\text{mm}$ ; **índice de velocidade de germinação (IVG)**: foi realizado conjuntamente com o teste de germinação, e determinado de acordo com Maguire (1962):  $IVG = (G1/N1) + (G2/N2) + (G3/N3) + \dots + (Gn/Nn)$ , em que: G1, G2, G3, ..., Gn = número de plântulas computadas na primeira, segunda, terceira e e-nésima contagem; N, N2, N3, ..., Nn = número de dias após a primeira, segunda, terceira e e-nésima contagem; **comprimentos de raiz e de parte aérea de plântulas** – foram obtidos pela medição com o auxílio de uma régua graduada em mm; **massas fresca e seca de raiz e da parte aérea de plântulas** - foram determinadas no final do teste de germinação, em dez plântulas por repetição, selecionadas aleatoriamente. As plântulas foram seccionadas na região do coleto, separando-se o sistema radicular e a parte aérea e as massas determinadas em balança analítica (0,0001 g). Para a obtenção das massas secas de raiz e parte aérea, as plântulas foram acondicionadas em sacas de papel tipo kraft e mantidas em estufa a  $70 \pm 3$  °C, por 72 horas (BRASIL, 2009).

### 3.6 Análise estatística

As análises de comprimento, largura e teor de água de vagens e sementes foram analisadas mediante a estatística descritiva, calculando-se o desvio padrão com o recurso do programa Excel XP®.

Os dados foram submetidos à análise de variância (teste F), avaliando-se os efeitos dos fatores isoladamente, bem como sua interação. Os dados qualitativos foram analisados por meio de regressão, entre os fatores adubação foliar x coletas nos estádios de maturação. Os cálculos estatísticos foram realizados por meio do programa

estatístico R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2013) e os gráficos de regressão foram gerados pelo programa Excel XP®.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A coloração das vagens e sementes de feijão em diferentes estádios de maturação está apresentada na Tabela 2. A observação da coloração de vagens e sementes dos primeiros estádios de maturação aponta indícios de frutos imaturos, em que as vagens apresentaram, após sete dias da antese, coloração verde-escuro e após 14 e 28 dias da antese, as vagens apresentaram coloração verde-claro. As sementes, no início do seu desenvolvimento, apresentaram coloração verde-claro após sete e 14 dias da antese e coloração branca após 21 e 28 dias da antese.

Tabela 2 – Coloração das vagens e das sementes de genótipos de feijão adubados com enxofre, nitrogênio e zinco durante a maturação.

Colheita/Semana	Dias após a antese	Coloração das vagens	Coloração das sementes
1 <sup>a</sup>	7	Verde-escuro	Verde-claro
2 <sup>a</sup>	14	Verde-claro	Verde-claro
3 <sup>a</sup>	21	Verde-claro	Branca
4 <sup>a</sup>	28	Verde-claro	Branca
5 <sup>a</sup>	35	Verde-amarelado	Branca com listras marrons
6 <sup>a</sup>	42	Amarela	Branca com listras marrons
7 <sup>a</sup>	49	Marrom com manchas pretas	Marrom com listras marrons escuras
8 <sup>a</sup>	56	Marrom com manchas pretas	Marrom com listras marrons escuras

Com o progresso da maturação as vagens foram gradativamente apresentando coloração amarela. Após 49 dias da antese as vagens apresentaram coloração marrom com manchas pretas, culminando com um processo de deiscência. Nesse mesmo período, as sementes de feijão do grupo carioca foram escurecendo e atingindo coloração marrom com listras marrons escuras (Tabela 2).

Os resultados do presente estudo indicam mudanças gradativas na coloração de vagens e sementes nos diferentes estádios de desenvolvimento observados, podendo inferir uma correlação entre a alteração gradual de cores com o processo de maturação fisiológica das sementes.

A coloração de frutos e sementes é um bom indicador de maturação fisiológica de sementes, podendo ser efetuada na própria área de cultivo, sem haver a necessidade

de colheita e abertura do fruto, possibilitando a visualização do processo de maturação até o final do ciclo da planta (LOPES et al., 2014).

O uso da coloração de frutos e sementes como sinalizador da maturidade fisiológica, contudo, pode ser impreciso. A utilização de características fenotípicas visíveis como indicador de um determinado processo, leva em consideração a percepção de cor do avaliador, que irá diferir de pessoa para pessoa, tornando a análise subjetiva (LOPES et al., 2005). A utilização de testes laboratoriais, como o teste de germinação e testes de vigor de sementes, auxilia na validação das informações referentes à coloração de frutos e sementes.

A literatura possui diversos trabalhos, cujos autores correlacionam a coloração de frutos e sementes com a maturação das sementes, tendo influências na germinação e no vigor. Sementes de frutos de pimenta dedo de moça de diferentes cores durante a maturação apresentaram diferenças na germinação e no vigor, sendo os maiores valores de germinação e vigor verificados nas cores referentes aos estádios finais de maturação em relação aos estádios mais imaturos (verdes) (JUSTINO et al., 2015).

Em sementes de *Melanoxylon brauna*, houve aumento significativo na germinação e na velocidade de germinação das sementes escuras em relação às claras (FLORES et al., 2014). Porém, comportamento diferente foi verificado por Borges et al. (2016), em sementes de *Eugenia calycina* Cambess, os quais não observaram diferenças na emergência de sementes em relação à coloração dos frutos.

Após 56 dias da antese, foi determinado o peso de mil sementes dos genótipos de feijoeiro (Tabela 3). A linhagem-elite CNFC 15458 apresentou os valores de  $24,34 \pm 0,98$ ;  $23,39 \pm 0,59$ ;  $24,59 \pm 0,97$  e  $23,92 \pm 1,55$  g, para as adubações A0, A1, A2 e A3, respectivamente. Os valores apresentados pela linhagem-elite CNFC 15513 foram de  $23,63 \pm 0,69$ ;  $23,60 \pm 0,36$ ;  $24,59 \pm 1,31$  e  $25,21 \pm 0,76$  g para as adubações A0, A1, A2 e A3 respectivamente. Os dados sugerem que a adubação foliar possibilitou um pequeno aumento na massa das sementes nas linhagens-elite CNFC 15458 e CNFC 15513, sendo a adubação A2, a mais eficaz para a linhagem-elite CNFC 15458, e a adubação A3, a mais eficiente para a linhagem-elite CNFC 15513.

Tabela 3 – Peso de mil sementes de genótipos de feijoeiro adubados com enxofre, nitrogênio e zinco durante a maturação.

Tratamentos	Peso de mil sementes (g)			
	CNFC 15458	CNFC 15513	cv. BRS Estilo	cv. Carioca Precoce
A0	24,34±0,98	23,63±0,69	23,98±0,37	25,64±1,52
A1	23,39±0,59	23,60±0,36	23,15±0,33	25,81±0,82
A2	24,59±0,97	24,59±1,31	23,13±1,25	24,76±2,04
A3	23,92±1,55	25,21±0,76	21,96±1,01	25,78±1,47

Os valores numéricos representam a média ± desvio padrão.

A0: testemunha (sem adubação foliar); A1: uma adubação após 15 dias da sementeira; A2: duas adubações, após 15 e 25 dias da sementeira, e A3: três adubações, após 15, 25 e 35 dias da sementeira.

Os valores do peso de mil sementes para o cv. BRS Estilo foram de 23,98±0,37; 23,15±0,33; 23,13±1,25 e 21,96±1,01 g, para as adubações A0, A1, A2 e A3, respectivamente. O cv. Carioca Precoce apresentou os valores de 25,64±1,52; 25,81±0,82; 24,76±2,04 e 25,78±1,47 g, para as adubações A0, A1, A2 e A3, respectivamente (Tabela 3).

A adubação foliar não influenciou os valores da massa de sementes do cv. BRS Estilo, diferentemente do cv. Carioca Precoce, que apresentou maior massa nas sementes na adubação A1.

Os dados obtidos no teste de peso de mil sementes são utilizados para realizar o cálculo de densidade de sementeira das sementes, o número de sementes por embalagem e a produtividade da cultura. O valor do peso de mil sementes proporciona um indicativo da qualidade das sementes, tendo em vista que oportuniza noções de tamanho, sanidade e maturidade das sementes de um determinado lote (BRASIL, 2009).

Diversos fatores influenciam o valor do peso de mil sementes, como fator genético, luz solar, temperatura, umidade das sementes, grau de maturação e adubação (SCHIMIDT, 2007). Sementes que possuem maiores valores de peso de mil sementes, possuem maior vigor (PEREIRA et al., 2014).

Ao estudar a influência da massa de sementes em uma seleção de linhagens de feijão: CNFP 10104, CHC 01-175, LP 08-90, SM 1810, SM 1107, CHP 986620, LP 07-80, TB 02-07, BRS MG Realce e TB 02-24, Mambrin et al. (2015) verificaram que a linhagem BRS MG Realce apresentou maior massa de 100 grãos, e maior vigor, sendo sugerida para métodos de seleção.

Considerando o comprimento e a largura das vagens (Tabela 4), verifica-se que as linhagens-elite CNFC 15458 e CNFC 15513 apresentaram maior comprimento após sete e 14 dias da antese em todas as adubações, caracterizando o início do crescimento

do fruto. O crescimento foi progressivo após 35 dias da antese, seguido de uma pequena redução após esse período.

Tabela 4 – Comprimento (mm), largura (mm) e teor de água das vagens (%) de genótipos de feijoeiro adubados com enxofre, nitrogênio e zinco durante a maturação.

Tempos	Comprimento (mm)															
	CNFC-15458				CNFC-15513				cv. BRS Estilo				cv. Carioca Precoce			
	A0	A1	A2	A3	A0	A1	A2	A3	A0	A1	A2	A3	A0	A1	A2	A3
7	57,07±6, 18	58,91±3, 90	64,11±6 ,59	55,88±5 ,65	64,58±6 ,83	62,27±7 ,72	64,99±5 ,53	55,87±6, 15	58,13±5, 26	67,77±3 ,82	69,64±3 ,46	71,55±3 ,85	55,51±4 ,96	66,59±4 ,07	66,14±3 ,50	70,4±3, 55
14	96,89±5, 80	78,21±6, 31	87,67±4 ,12	88,41±3 ,82	94,50±4 ,75	87,99±4 ,79	91,77±6 ,33	88,44±5, 58	82,14±7, 12	80,3±6, 53	85,56±5 ,76	86,36±7 ,12	80,06±6 ,81	78,43±6 ,31	83,44±5 ,88	84,42±7 ,30
21	104,65±3 ,47	100,99±2 ,25	92,23±5 ,88	94,87±1 ,10	102,60± 4,91	104,45± 7,24	94,60±5 ,32	98,86±4, 71	98,4±3,0 6	94,57±5 ,17	93,46±3 ,60	93,28±7 ,38	95,48±4 ,98	91,38±7 ,26	90,07±3 ,82	91,19±7 ,49
28	107,37±6 ,22	103,98±4 ,32	98,24±2 ,34	97,23±8 ,37	110,63± 6,10	108,37± 7,08	100,76± 2,20	99,65±8, 32	102,47± 5,32	96,88±7 ,69	94,30±5 ,14	94,48±4 ,69	100,53± 5,40	94,49±7 ,66	94,29±4 ,79	92,31±4 ,36
35	110,98±4 ,89	107,92±4 ,71	110,97± 3,23	104,92± 3,82	113,15± 4,75	106,91± 5,45	113,55± 3,33	107,30± 3,76	104,55± 5,87	99,48± 3,62	101,81± 7,01	98,87±7 ,38	107,62± 4,77	97,59±3 ,93	101,52± 6,27	100,95± 5,69
42	101,13±6 ,57	103,77±8 ,70	96,87±5 ,42	100,86± 4,87	103,37± 6,57	104,27± 8,67	103,77± 3,66	106,87± 6,85	102,51± 7,08	102,58± 5,10	103,09± 3,63	105,54± 6,83	102,51± 7,08	102,53± 5,24	99,917± 1,07	100,53± 3,74
49	99,41±3, 94	99,47±3, 98	94,85±3 ,01	98,83±2 ,50	101,49± 3,81	104,54± 6,38	101,64± 2,82	103,90± 4,78	100,63± 4,20	103,41± 6,62	100,98± 2,85	102,59± 4,76	101,52± 6,50	104,33± 5,50	101,32± 3,27	104,53± 6,83
56	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	99,64±3 ,81	102,36± 6,57	100,01± 2,84	101,58± 4,76
Largura (mm)																
7	8,75±0, 76	9,23±0,57	7,58±1, 91	7,74±1, 64	7,92±1, 47	6,36±0, 62	7,87±1, 91	6,31±1, 48	9,316±0, 72	9,65±1, 35	9,74±0, 57	9,95±0, 69	9,01±0, 72	9,25±1, 35	9,45±0, 38	9,35±0, 24
14	9,78±1, 63	9,04±1,56	10,38±1 ,09	10,32±1 ,27	10,05±1 ,71	8,47±1, 69	9,68±0, 64	9,63±0, 89	9,91±0,5 3	9,60±0, 50	10,09±0 ,61	10,72±0 ,73	9,92±0, 68	10,19±0 ,65	10,48±0 ,48	10,51±0 ,73
21	11,29±1	12,05±0,6	10,22±0 ,94	10,48±0 ,50	10,20±0 ,60	12,35±0 ,70	10,47±0 ,98	10,31±0 ,77	11,44±1, 13	10,48±0 ,59	11,15±0 ,76	10,83±0 ,90	10,43±0 ,22	10,27±0 ,59	10,95±0 ,76	10,65±0 ,93
28	12,52±0 ,43	12,63±0,5 7	10,20±0 ,54	10,61±0 ,67	11,16±1 ,45	12,24±1 ,19	10,26±0 ,60	10,83±0 ,64	10,66±0, 33	11,16±0 ,95	10,96±0 ,52	10,41±0 ,41	10,45±0 ,32	10,97±0 ,95	10,75±0 ,52	10,22±0 ,42
35	11,73±0 ,61	12,24±0,3 8	11,73±0 ,31	12,24±0 ,25	12,04±0 ,66	12,55±0 ,36	12,44±0 ,76	12,96±0 ,57	9,84±2,1 7	9,60±1, 1	10,29±0 ,76	9,50±0, 40	9,63±2, 16	9,59±1, 01	10,27±0 ,71	9,69±0, 87
42	9,92±0, 61	9,85±0,47	8,58±0, 44	8,57±0, 23	9,61±0, 47	9,73±0, 90	9,74±0, 49	9,79±0, 74	9,51±0,4 5	9,62±0, 90	9,65±0, 48	9,68±0, 75	9,51±0, 45	9,51±0, 69	9,46±0, 24	9,63±0, 45
49	9,73±0, 66	9,56±0,30	9,04±0, 57	8,35±0, 09	9,42±0, 29	9,64±0, 61	9,59±0, 29	9,74±0, 40	9,32±0,2 8	9,53±0, 62	9,53±0, 46	9,44±0, 31	9,40±0, 47	9,11±0, 65	9,35±0, 16	9,79±0, 68
56	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9,21±0, 29	9,42±0, 61	9,41±0, 29	9,69±0, 43
Teor de água (%)																

<b>7</b>	88,39±4,89	88,91±1,87	88,91±2,43	87,75±2,74	88,77±1,93	90,02±2,03	85,86±5,97	88,77±1,93	89,47±1,15	89,46±0,38	89,94±0,90	90,38±0,53	89,27±0,74	86,54±4,89	84,95±1,59	85,21±1,45
<b>14</b>	85,02±1,02	85,32±1,37	85,32±2,97	82,60±2,04	85,46±2,02	87,18±2,12	79,72±6,51	85,49±3,39	85,53±0,29	86,31±1,58	84,94±5,55	80,73±5,00	82,49±3,08	80,78±0,41	80,78±0,41	80,11±1,26
<b>21</b>	77,21±2,41	76,92±0,77	76,92±0,77	76,23±4,04	79,32±3,28	78,50±1,01	78,12±1,24	77,92±1,41	75,27±1,42	75,40±0,80	76,95±1,40	75,81±2,32	77,10±1,79	76,64±0,81	76,03±4,17	77,96±2,39
<b>28</b>	51,76±1,28	55,19±0,60	55,19±3,00	54,59±2,52	61,55±1,97	64,39±4,95	55,91±3,61	56,02±0,64	59,06±1,29	56,86±3,31	57,76±2,18	55,87±3,32	59,53±0,69	53,09±1,92	55,43±4,40	57,41±1,94
<b>35</b>	39,61±3,73	43,62±2,21	34,96±2,83	46,72±1,98	39,85±2,86	50,60±5,90	44,74±4,47	46,01±3,41	45,12±2,87	44,82±6,28	46,39±3,67	43,18±6,56	45,01±4,90	45,45±6,28	45,52±4,98	49,14±1,17
<b>42</b>	29,04±6,03	27,61±5,66	28,71±4,98	26,70±3,88	30,43±3,60	26,95±5,30	28,99±0,76	26,26±0,84	28,68±3,66	26,30±5,18	26,81±4,59	30,03±2,88	25,04±1,52	25,04±1,52	26,95±2,47	29,97±1,74
<b>49</b>	22,19±1,64	22,87±1,19	21,81±1,23	23,90±0,42	22,32±2,20	22,87±0,83	22,54±1,28	22,24±0,62	22,18±1,80	22,86±0,82	22,02±1,51	22,25±1,72	28,05±2,06	27,70±1,74	26,94±2,46	29,97±1,74
<b>56</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22,29±0,52	21,88±1,61	21,03±0,80	21,61±0,60

Os valores numéricos representam a média ± desvio padrão.

Genótipos: CNFC 15458, CNFC 15513, cv. BRS Estilo e cv. Carioca Precoce.

A0: testemunha (sem adubação foliar); A1: uma adubação após 15 dias da semeadura; A2: duas adubações, após 15 e 25 dias da semeadura, e A3: três adubações, após 15, 25 e 35 dias da semeadura.

Os cultivares apresentaram comportamento semelhante ao das linhagens, sendo que o cv. BRS Estilo apresentou maior valor de comprimento de vagens após 49 dias da antese nas adubações A0 e A1; e após 42 dias da antese nas adubações A2 e A3. O cv. Carioca Precoce apresentou o maior comprimento de suas vagens após 35 dias da antese nas adubações A0 e A2; e após 42 dias da antese nas adubações A1 e A3.

Os valores da largura das vagens das linhagens apresentaram comportamento semelhante ao observado no comprimento, com maiores valores após 28 e 35 dias da antese. A linhagem-elite CNFC 15458 teve os maiores valores nas adubações A0 e A1, após 28 dias da antese, com 12,52 e 12,63 mm, respectivamente. Nas adubações A2 e A3, os maiores valores foram observados após 35 dias da antese, com 11,73 e 12,24 mm, respectivamente. A linhagem-elite CNFC 15513 apresentou os maiores valores da largura das vagens, após 35 dias da antese, em todas as adubações. Os valores obtidos foram 12,04; 12,55; 12,44 e 12,96 mm, para as adubações A0, A1, A2 e A3, respectivamente (Tabela 4).

Os maiores valores referentes à largura das vagens dos cultivares foram observados após 21 e 28 dias da antese. Em relação ao cv. BRS Estilo, os maiores valores foram observados nas adubações A0; A2 e A3 após 21 dias da antese, com 11,44; 11,15 e 10,83 mm, respectivamente. A adubação A1 apresentou maior valor após 28 dias da antese, com uma largura de vagens de 11,16 mm. O cv. Carioca Precoce apresentou os maiores valores nas adubações A0 e A1, após 28 dias da antese, com 10,45 e 10,97 mm, respectivamente, enquanto as adubações A2 e A3, apresentaram os maiores valores após 21 dias da antese, com 10,95 e 10,65 mm, respectivamente (Tabela 4).

A adubação foliar de enxofre, nitrogênio e zinco exerceu influência nas variáveis estudadas (Tabela 4). Houve acréscimo nos valores de comprimento de vagens na linhagem-elite CNFC-15458, na adubação A1 (99,47 mm) e CNFC-15513, nas adubações A1 e A2 (104,54 e 103,90); bem como para os cvs. BRS Estilo (A1: 103,41; A3: 102,59 mm) e Carioca Precoce (A1: 102,36; A2: 100,01; A3: 101,58 mm). Comportamento similar foi verificado na largura de vagens, para a linhagem CNFC-15513 (A1: 9,64; A2: 9,59; A3: 9,74 mm) e nos cvs. BRS Estilo (A1: 9,53; A2: 9,53; A3: 9,44 mm) e Carioca Precoce (A1: 9,42; A2: 9,41; A3: 9,69 mm).

Esses resultados estão de acordo com as observações feitas por Popinigis (1985), de que ocorrem diversas alterações nas sementes durante o processo de maturação, podendo ser morfológicas, fisiológicas e funcionais. Mudanças no teor de água,

tamanho, massa seca, germinação e vigor são indicativos do ponto de maturidade fisiológica (DELOUCHE, 1981).

O crescimento das vagens é explicado pela multiplicação das células, que ao longo do processo de maturação vão se desenvolvendo, sendo inicialmente compostas de protoplasmas até atingirem o seu desenvolvimento completo, apresentando vacúolos, carboidratos, lipídios e proteínas (COOMBE, 1976).

O tamanho do fruto está diretamente ligado ao tamanho da semente, podendo ser um indicador da maturidade da semente, sem que seja necessária a retirada da semente do fruto (LUCENA et al., 2013; SBRUSSI et al., 2014; SCHULZ et al., 2014).

Durante a maturação de sementes de pimenta “Bode Vermelha”, Gonçalves et al. (2015) verificaram comportamento semelhante no crescimento de frutos, ocorrendo um crescimento inicial, seguido de queda ao final do processo de maturação do fruto. No estudo biométrico de frutos de *Poincianella pyramidalis*, Mendonça et al. (2016) verificaram diferenças na largura nos diferentes pontos do fruto (proximal, central, distal, ponta) com a presença de sementes maiores nas regiões central e distal, demonstrando a importância da análise do tamanho de frutos.

Observou-se um aumento significativo no comprimento de sementes após sete e 14 dias da antese, contudo ao decorrer das análises esses valores mantiveram-se próximos (Tabela 5). Os maiores valores de comprimento das sementes da linhagem-elite CNFC-15458, foram encontrados após 28 dias da antese nas adubações A0 (11,82 mm); A1 (12,14 mm) e A2 (12,25 mm), e após 35 dias da antese na adubação A3 (12,41 mm). Para a linhagem-elite CNFC-15513, os maiores valores foram observados após 28 dias da antese na adubação A0 (12,53 mm), e após 35 dias da antese nas adubações A1 (12,13 mm); A2 (13,19 mm) e A3 (12,14 mm). O cv. BRS Estilo demonstrou após 28 dias da antese o maior comprimento de sementes nas adubações A0 (12,54 mm) e A2 (12,57 mm), e após 35 dias da antese, para as adubações A1 (12,40 mm) e A3 (12,72 mm). O cv. Carioca Precoce apresentou após 35 dias da antese os maiores valores, sendo: A0: 12,73; A1: 11,77; A2: 12,91; A3: 11,72 mm.

Tabela 5 - Comprimento, largura (mm) e teor de água de sementes (%) de genótipos de feijoeiro adubados com enxofre, nitrogênio e zinco durante a maturação.

Tempos	Comprimento (mm)															
	CNFC-15458				CNFC-15513				cv. BRS Estilo				cv. Carioca Precoce			
	A0	A1	A2	A3	A0	A1	A2	A3	A0	A1	A2	A3	A0	A1	A2	A3
21	9,22±1,18	9,26±0,34	9,32±0,25	9,38±0,50	9,32±0,91	9,85±0,41	9,24±0,17	9,76±0,66	9,50±1,00	9,76±0,49	9,57±0,20	9,85±0,57	9,23±0,66	9,70±0,95	9,28±0,29	9,33±0,59
28	11,82±0,44	12,14±0,46	12,25±0,57	12,14±0,32	12,53±0,14	11,59±0,20	11,72±0,13	11,56±0,37	12,54±1,00	11,91±0,21	12,57±0,58	12,42±0,35	11,70±0,78	11,57±0,45	11,28±0,13	11,14±0,38
35	11,74±0,37	12,05±0,64	12,16±0,48	12,41±0,55	12,38±0,26	12,13±0,32	13,19±0,67	12,14±0,40	12,40±0,31	12,40±0,31	10,76±0,12	12,72±0,58	12,73±0,27	11,77±0,70	12,91±0,78	11,72±0,41
42	10,59±0,19	10,13±0,32	10,48±0,08	10,30±0,34	11,75±0,24	12,03±0,23	10,98±0,39	10,56±0,06	12,03±0,20	12,33±0,25	10,76±0,12	10,58±0,33	9,78±0,47	10,03±0,36	10,55±0,40	10,14±0,05
49	10,07±0,16	10,19±0,07	10,15±0,10	10,37±0,11	10,32±0,20	10,48±0,23	10,41±0,21	10,49±0,12	10,61±0,19	10,78±0,25	10,71±0,20	10,57±0,12	10,57±0,13	10,22±0,03	10,15±0,25	10,11±0,09
56	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10,16±0,82	10,14±0,14	10,16±0,25	10,16±0,11
Largura (mm)																
21	6,09±0,65	7,24±0,08	7,08±0,61	6,34±0,20	6,47±0,94	6,89±0,09	6,37±0,28	6,33±0,38	6,36±0,68	7,50±0,09	6,91±1,08	6,31±0,36	6,92±0,63	6,90±0,47	7,27±0,09	6,47±0,46
28	7,36±0,26	7,40±0,17	7,70±0,44	7,44±0,15	8,10±0,24	7,60±0,11	7,65±0,22	7,58±0,16	6,70±0,25	7,63±0,10	7,34±0,47	6,73±0,17	7,39±0,47	7,26±0,19	7,26±0,20	7,28±0,06
35	7,49±0,33	7,53±0,14	7,58±0,24	7,66±0,14	8,23±0,24	7,94±0,11	8,26±0,39	7,82±0,17	7,38±0,12	7,71±0,12	7,64±0,11	7,15±0,21	8,11±0,13	7,61±0,38	7,87±0,37	7,43±0,19
42	7,30±0,15	6,28±0,14	6,31±0,11	7,19±0,11	7,33±0,14	7,46±0,19	6,76±0,17	7,20±0,54	8,12±0,13	7,76±0,22	8,18±0,11	7,53±0,10	7,03±0,63	6,23±0,07	6,40±0,19	7,47±0,61
49	6,54±0,09	6,55±0,03	6,60±0,4	6,81±0,12	6,54±0,04	6,56±0,10	6,61±0,07	6,89±0,07	8,44±0,06	7,85±0,10	8,00±0,07	7,76±0,02	6,83±0,03	6,66±0,10	6,65±0,08	6,65±0,13
56	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,54±0,55	6,72±0,17	6,72±0,18	6,69±0,17
Teor de água (%)																
14	84,60±2,53	84,40±1,97	83,22±1,75	83,11±1,88	81,69±3,44	81,43±2,57	81,50±1,39	83,02±1,60	83,56±3,39	83,13±0,47	83,58±0,83	83,76±2,84	83,12±3,09	83,21±2,22	83,47±0,88	83,56±1,45
21	63,32±2,88	66,15±3,76	61,85±2,10	64,41±0,37	66,71±1,58	66,38±1,80	63,82±1,86	65,87±0,94	62,40±1,08	61,48±0,56	59,76±1,96	60,25±0,61	63,45±1,56	63,09±1,47	63,24±2,27	62,25±0,87
28	54,13±3,49	50,64±3,27	52,25±1,47	52,89±3,91	51,55±0,73	52,20±3,23	53,52±1,70	50,57±0,95	52,29±0,73	51,65±0,96	51,32±3,24	51,54±0,52	51,08±0,93	51,34±0,56	51,77±0,88	51,15±0,80
35	50,92±1,16	49,2±4,98	50,32±1,88	50,78±0,28	46,04±4,08	48,85±2,63	51,13±1,17	47,00±1,49	47,36±0,46	49,48±0,93	47,50±0,96	48,72±1,07	48,13±0,81	50,78±3,19	49,02±2,03	51,44±1,30

42	29,94±4, 71	31,19±1 ,97	28,33±2 ,97	29,58±5 ,42	31,78±5 ,17	32,88±2 ,00	32,94±2 ,80	30,16±5 ,51	27,70±2 ,45	26,01±1 ,10	26,91±4 ,05	27,76±2 ,23	27,22±1 ,26	28,12±1 ,48	27,92±2 ,08	28,51±2 ,45
49	22,96±0, 45	22,56±0 ,06	22,84±0 ,60	22,82±0 ,48	22,65±0 ,27	22,63±0 ,42	23,03±0 ,51	22,67±0 ,47	23,08±0 ,79	23,06±0 ,77	22,65±0 ,26	22,70±0 ,21	26,96±0 ,40	27,18±1 ,55	26,89±0 ,94	27,52±0 ,88
56	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22,66±0 ,53	22,66±0 ,53	22,74±0 ,88	22,72±0 ,58

Os valores numéricos representam a média ± desvio padrão.

Genótipos: CNFC 15458, CNFC 15513, cv. BRS Estilo e cv. Carioca Precoce.

A0: testemunha (sem adubação foliar); A1: uma adubação após 15 dias da semeadura; A2: duas adubações, após 15 e 25 dias da semeadura, e A3: três adubações, após 15, 25 e 35 dias da semeadura.

O aumento de tamanho das sementes nos estádios iniciais da maturação ocorre devido ao acúmulo de massa seca ao longo do período de maturação. Tal fenômeno, justifica-se pela multiplicação e o desenvolvimento das células embrionárias, bem como do tecido de reserva (FERREIRA; BORGHETTI, 2004). Após isso, o tamanho tende a diminuir, pela perda de água no interior da semente (MARCOS FILHO, 2015a). Na Tabela 5, verifica-se a queda do teor de água das sementes ao longo do processo de maturação.

O comportamento da umidade das sementes ao longo do processo de maturação, inicia-se com um leve aumento do teor de água no período inicial de desenvolvimento das sementes, visando auxiliar o processo de deposição de assimilados. Os valores do teor de água nas sementes na fase inicial divergem para cada espécie, mas, esse valor está entre 80 a 90% da massa total da semente (MARCOS FILHO, 2015a). O presente estudo apresenta os valores de umidade de sementes após 14 dias da antese, um período posterior ao processo de aumento de teor de água nas sementes.

Após a fase inicial de desenvolvimento, o teor de água das sementes tende a diminuir continuamente, como visto no presente estudo (Tabela 5). Ao atingir o ponto de maturação fisiológica, a planta ativa mecanismos de dessecação, promovendo uma aceleração na queda do teor de água das sementes. Verifica-se ainda, a mudança de cor nos frutos, a abscisão foliar e o amarelecimento das folhas nesse estágio fenológico. O teor de água nas sementes decresce até se igualar à umidade relativa do ar (MARCOS FILHO, 2015a).

Lotes de sementes com teor de água reduzido e uniforme são imprescindíveis para a manutenção do vigor das sementes e para a obtenção de um estande adequado de plantas. Níveis elevados de umidade, aumentam os riscos de deterioração de um lote de sementes, pois aumentam o metabolismo e a respiração das sementes e proporcionam o ataque de microrganismos e insetos, que irão consumir os materiais de reserva das sementes (BAUDET; VILELA, 2006).

A qualidade fisiológica das sementes pode ser influenciada pela diferença no tamanho das sementes, conforme observado por Araldi et al. (2013) ao avaliar a emergência de sementes pequenas, médias e grandes de *Ipomea purpurea*, verificaram que as sementes pequenas apresentaram menor porcentagem de emergência em relação às médias e grandes.

A aplicação do adubo foliar beneficiou o comprimento das sementes ao final do ciclo da cultura, de modo que as linhagens-elite CNFC-15458 e CNFC-15513

apresentaram aumento no comprimento nas adubações A1, A2 e A3. O cv. BRS Estilo apresentou aumento do comprimento na adubação A1. Não houve acréscimo em comprimento para o cv. BRS Estilo (Tabela 5).

A uniformização do tamanho das sementes é essencial para a emergência de um estande de plantas homogêneo, devido a semelhança de vigor e substâncias de reservas presentes nas sementes (FANTINATTI et al., 2001; ARALDI et al., 2013). As variáveis, comprimento e largura de sementes, também apresentam importância na fase de comercialização da cultura do feijoeiro, tendo em vista que o grão é vendido em kg no mercado alimentício e o tamanho do grão está geralmente correlacionado com a sua massa.

O tamanho das sementes foi influenciado pela adubação foliar, pois esta propiciou uma melhor nutrição para as plantas de feijoeiro, com isso as sementes produzidas apresentaram uma melhor nutrição em sua fase de desenvolvimento, proporcionando a produção de sementes com embrião bem formado e elevado teor de substâncias de reserva (CARVALHO; NAKAGAWA 2012). Sementes grandes apresentam maior vigor em comparação com sementes pequenas, verificando-se maiores valores no comprimento de raiz e parte aérea de plântulas, aumentando a captação de nutrientes no solo e luz solar, respectivamente (VANZOLINI; NAKAGAWA, 2007).

A adubação foliar pode ter influenciado o acúmulo de massa seca com redução no teor de água das sementes. Sementes de soja tiveram o teor de massa seca de sementes aumentado com a prática da adubação foliar de silício em plantas em condições de déficit hídrico (TEODORO, 2015).

Os valores de germinação das sementes em função da adubação com enxofre, nitrogênio e zinco, durante a maturação estão representados na Figura 8. A linhagem-elite CNFC 15458 nas adubações A1 e A3, após 42 dias da antese, apresentou valores de germinação de 77 e 78%, respectivamente, enquanto após 49 dias (período final de maturação) os valores de germinação foram similares em todas as adubações (99; 98; 99 e 93% para A0; A1; A2 e A3, respectivamente).

No tratamento A1 também foi observada maior porcentagem de germinação das sementes na linhagem-elite CNFC 15513, após 35 dias da antese, com 82% (Figura 8 B). No entanto, após 49 dias da antese, a germinação total apresentada pelas sementes foi de 100; 87; 92 e 92%, para as adubações A0; A1; A2 e A3, respectivamente (Figura 8 B).

Ao longo da maturação, o cv. BRS Estilo não foi influenciado pela adubação foliar. Ao final da maturação observou-se a germinação de 100; 95; 94 e 96% para as adubações A0; A1; A2 e A3, respectivamente (Figura 8 C). O cv. Carioca Precoce apresentou maior valor de germinação (79%) após 35 dias da antese, na adubação A2. Ao final do período de maturação as sementes não apresentaram diferença na porcentagem de germinação em relação à adubação, com valores de 96; 98; 96 e 94% para as adubações A0; A1; A2 e A3, respectivamente (Figura 8 D).

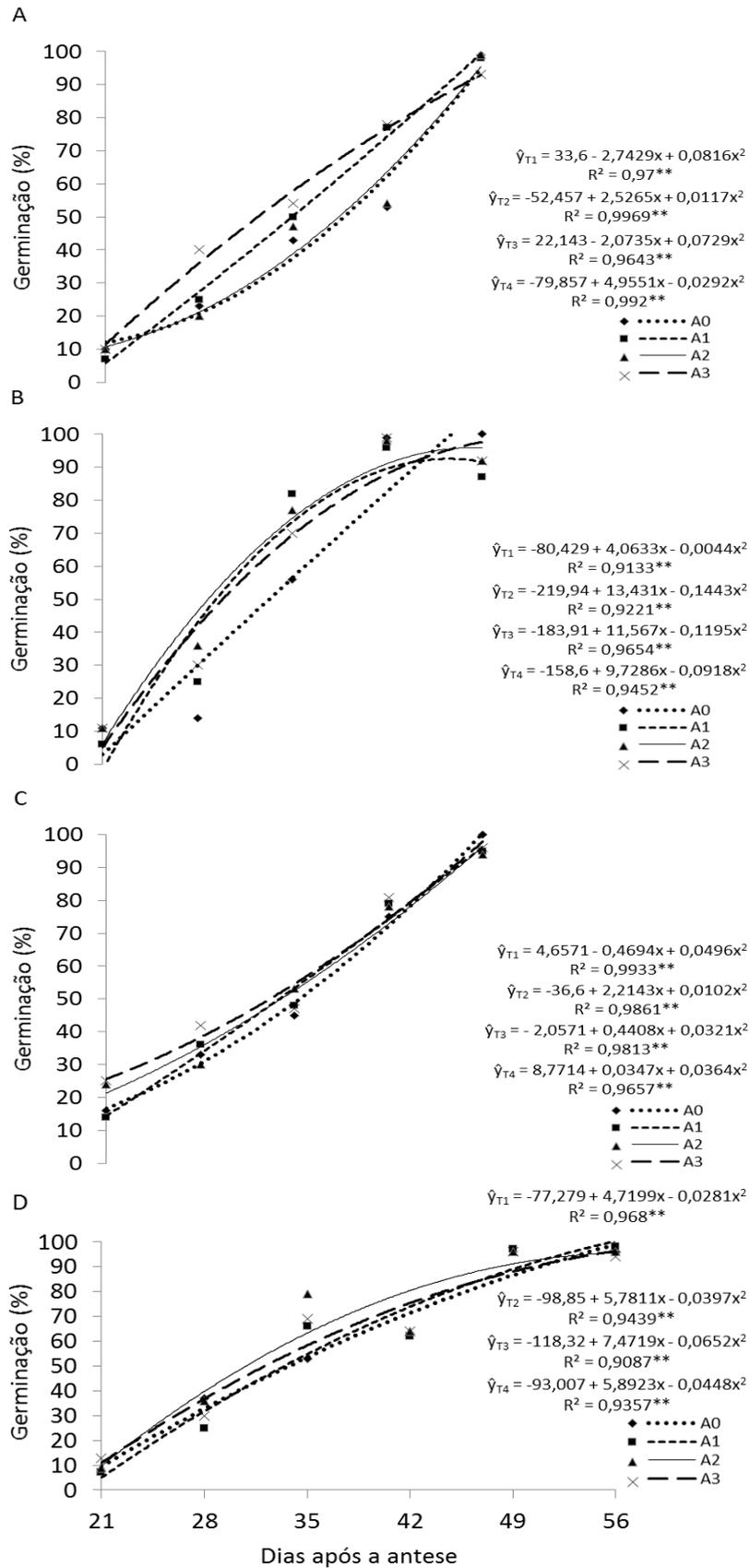


Figura 8 - Germinação de sementes de genótipos de feijoeiro fertilizados com enxofre, nitrogênio e zinco durante a maturação das linhagens-elite CNFC 15458 (A) e CNFC 15513 (B) e cultivares BRS Estilo (C) e Carioca Precoce (D).

A0: testemunha (sem adubação foliar); A1: uma adubação após 15 dias da sementeira; A2: duas adubações, após 15 e 25 dias da sementeira e A3: três adubações, após 15, 25 e 35 dias da sementeira.

Os baixos valores de porcentagem de germinação apresentados nos estádios iniciais de maturação podem ser explicados pela presença de inibidores de germinação e imaturidade do embrião das sementes (KERMODE, 2005). As altas taxas de germinação nos últimos estádios analisados são indicativos de maturidade fisiológica, tendo em vista que ao alcançar o ponto de maturidade fisiológica, as sementes estão com suas estruturas bem desenvolvidas, sendo capazes de germinar e originar plântulas normais (POPINIGIS, 1985; CARVALHO; NAKAGAWA, 2012; MARCOS FILHO, 2012a).

O conhecimento do processo germinativo é vital para a obtenção de alta produtividade de uma determinada cultura, tendo em vista que é a fase do crescimento inicial da planta, na qual está mais suscetível à influência de fatores ambientais externos, como umidade, oxigênio, luz e temperatura, que quando em condições desfavoráveis à espécie, podem impossibilitar o seu desenvolvimento ou até mesmo causar a morte da planta (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012). Além dos fatores ambientais, a adubação também exerce forte influência na qualidade fisiológica das sementes, haja vista que, plantas vigorosas produzem sementes de alto vigor (PEREIRA et al., 2015).

A aplicação do adubo foliar possibilitou o aumento de vigor das sementes da linhagem-elite CNFC 15458, após 42 dias da antese, segundo o IVG (Figura 9). Os valores encontrados foram: 2,16 para a adubação A0; 3,25 para a adubação A1; 2,46 para a adubação A2 e 2,95 para a adubação A3. Todavia, na última análise, as sementes que não receberam a adubação foliar apresentaram maior IVG, com o valor de 8,33. Os demais tratamentos alcançaram os valores de 6,44 (A1); 6,64 (A2) e 7,49 (A3) (Figura 9 A).

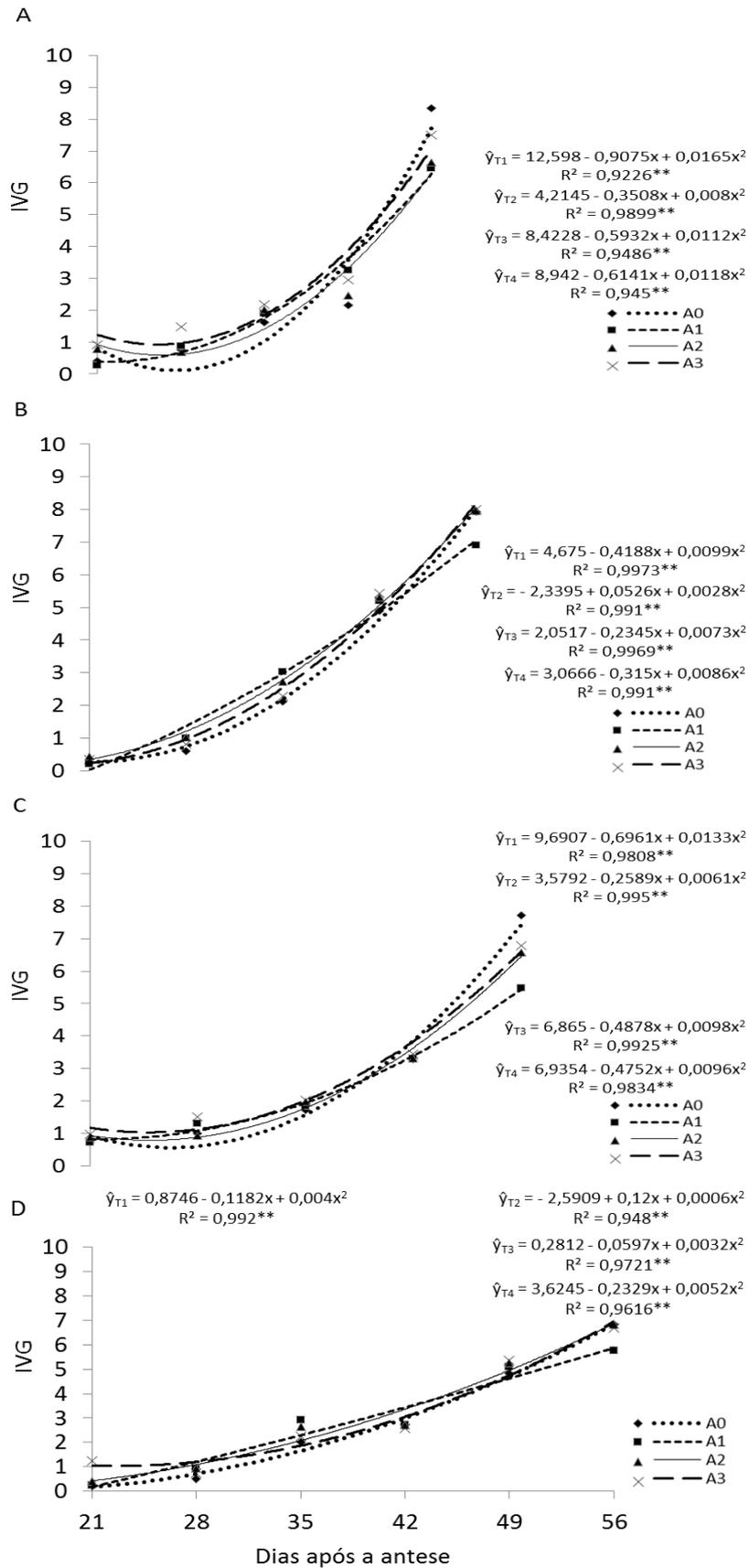


Figura 9 - Índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de genótipos de feijoeiro fertilizados com enxofre, nitrogênio e zinco durante a maturação das linhagens-elite CNFC 15458 (A) e CNFC 15513 (B), e cultivares BRS Estilo (C) e Carioca Precoce (D).

A0: testemunha (sem adubação foliar); A1: uma adubação após 15 dias da sementeira; A2: duas adubações, após 15 e 25 dias da sementeira e A3: três adubações, após 15, 25 e 35 dias da sementeira.

Verificou-se um aumento nos valores de IVG após 35 dias da antese, para as sementes da linhagem-elite CNFC 15513. A testemunha apresentou um valor de 2,11; enquanto as adubações A1; A2 e A3; obtiveram 3,03; 2,73 e 2,27; respectivamente. No último estágio de maturação, as adubações A2 e A3 atingiram valores semelhantes à testemunha (A0 = 7,92; A2 = 7,96 e A3 = 7,99), enquanto a adubação A1 (6,91) apresentou menor valor (Figura 9 B).

Não houve diferença de IVG para o cv. BRS Estilo entre as adubações após 42 dias da antese. Após 49 dias da antese a testemunha (A0) apresentou valor de IVG (7,78) superior ao valor obtido com a aplicação de adubo foliar, que foi de 5,48 (A1); 6,58 (A2); 6,79 (A3) (Figura 9 C). Entre os pontos de colheita analisados durante a maturação das sementes do cv. Carioca Precoce, verificou-se maior valor de IVG (6,68) na adubação A3 (Figura 9 D).

Entre os aminoácidos que possuem enxofre em sua constituição, a metionina se destaca no processo de biossíntese de etileno, o hormônio responsável pela maturação de frutos (COLLI; PURGATTO, 2008). A metionina é convertida em S-adenosil-metionina, que é transformada em 1-amino-ciclopropano-1-carboxil, o precursor direto do etileno (YANG; HOFFMAN, 1984). Acrescenta-se ainda a importância desse nutriente em relação a atividade enzimática; síntese de clorofila; formação e crescimento radicular; fotossíntese; participação na redução do  $\text{SO}_4^{2-}$  e  $\text{NO}_3^-$  e produção de óleos e gorduras (PRADO, 2008).

Assim como o enxofre, o nitrogênio também está presente no processo de síntese de hormônios, haja vista que na estrutura de qualquer aminoácido há a presença de um grupo amina ( $\text{NH}_2$ ) (MARSCHNER, 2012). Os aminoácidos estão presentes nas rotas de biossíntese de hormônios, sendo a metionina o precursor intermediário de etileno (YANG; HOFFMAN, 1984) e o triptofano o precursor intermediário de auxina (AWAD; CASTRO, 1992; MENGEL; KIRKBY, 2001).

As plantas que receberem doses adequadas de nitrogênio também serão beneficiadas em outras funções, pois é elemento constituinte de cloroplastos, compostos nitrogenados, ácidos nucleicos e vitaminas (SANTOS et al., 2010). Além disso, é presente em diversos processos fisiológicos, como a diferenciação celular, crescimento longitudinal da planta, respiração e fotossíntese (TAIZ; ZEIGER, 2013).

O elemento em maior concentração na solução nutritiva utilizada no presente estudo para a adubação foliar foi o zinco, um elemento atuante em diversos processos metabólicos na planta, contudo, destaca-se como um ativador de diversas enzimas,

sendo que as peptidases possuem atuação destacada no crescimento vegetal, pois impulsionam a degradação de proteínas de reserva, produzindo aminoácidos simples, que são aderidos aos esqueletos carbônicos no eixo embrionário, estimulando o crescimento vegetal (DECHEN; NACHTIGALL, 2007).

As enzimas RNA e DNA polimerase também são enzimas ativadas pelo zinco, que merecem destaque, devido à sua atuação na síntese de proteínas pelo eixo embrionário (MCCALL et al., 2000; KLOUBERT; RINK, 2015). Outros processos dependentes de zinco são a síntese de RNA e ribossomos (BORKERT, 1986) e a ampliação na área fotossintética ativa, a partir da sua ação no controle da abertura estomática (SHARMA; AGRAWAL, 2005).

A ação do zinco engloba ainda a síntese de hormônios, ativando o triptofano, um aminoácido componente de proteínas e precursor intermediário de substâncias indólicas, entre elas o ácido indolacético. A biossíntese de auxina intermediada pelo triptofano é realizada a partir de sua reação com fenóis em oxidação (AWAD; CASTRO, 1992; MENGEL; KIRKBY, 2001).

O aumento na qualidade fisiológica das sementes pode ser explicado pela influência da ação dos nutrientes inseridos pela adubação foliar nas plantas de feijoeiro, por meio de uma possível melhoria da capacidade fotossintética; enraizamento e maturação dos frutos, como os principais fatores para a produção de sementes mais vigorosas. Além disso, pode ter ocorrido um aumento nos níveis desses elementos nas sementes produzidas, contribuindo para uma melhoria na germinação e crescimento inicial das plântulas.

O uso da adubação foliar apresenta resultados positivos em diversos estudos. Silva et al. (2012) verificaram aumento no rendimento de grãos de feijoeiro, ao aplicar 60 g ha<sup>-1</sup> de molibdênio via foliar, em área de Latossolo Vermelho Amarelo. Similarmente, no cultivo de feijão, soja e amendoim, em condições de sequeiro, a adubação foliar com ácido silício, Crusciol et al. (2013) observaram maior produção de vagens por planta, possibilitando, uma produtividade de grãos superior.

Na cultura do milho, o uso de fertilizante líquido rico em NPK e com pequenas concentrações de micronutrientes (Mg, Ca, S, Zn, B, Fe, Mo, Cu e Mn), houve maior produtividade de grãos (BISCARO et al., 2013), no entanto, na cultura do feijoeiro, o uso da adubação foliar com molibdênio não influenciou na massa de sementes produzidas (LOPES et al., 2014).

Os valores de germinação (Figura 8) e do IVG (Figura 9), apresentados na fase inicial da maturação, após 21 dias da antese foram baixos, contudo, durante o progresso de maturação, estes valores foram crescendo progressiva e paulatinamente, atingindo os maiores valores nos estádios finais de maturação, entre 49 e 56 dias após a antese.

No estudo de Pires Neto et al. (2016) também observou-se uma pequena queda na germinação de sementes de angico (*Anadenanthera colubrina*), nos últimos estádios de maturação. Entretanto, Lopes et al. (2007) relatam que sementes de maracujazeiro amarelo oriundas de frutos murchos apresentam maior germinação em relação a frutos maduros.

Os resultados do presente estudo corroboram com Lopes e Soares (2006), que observaram aumento na germinação e no vigor de sementes de *Miconia cinnamomifolia* (Dc.) Naud.) em estádios de maturação mais avançados. Similarmente, na maturação em sementes de *Tibouchina granulosa*, maiores valores de IVG e germinação foram encontrados no último estágio de maturação (LOPES et al., 2005). Comportamento semelhante foi observado em sementes de abóbora (FIGUEIREDO NETO et al., 2014); feijão-caupi (NOGUEIRA et al., 2014); melão (DONATO et al., 2015) e pimenta (GONÇALVES et al., 2015).

O estudo de Ducca et al. (2015) corrobora com os valores de IVG obtidos no presente estudo, no qual se observa que as sementes de pinhão manso, apresentaram aumento linear no IVG, durante a maturação. Diferenças no vigor de sementes, analisadas pelo IVG foram observadas por Schulz et al. (2014), em sementes de *Inga laurina* (Sw.) Willd, que no primeiro estágio de maturação apresentaram menor vigor em relação às demais épocas. Todavia, sementes de mamão apresentaram um maior IVG em fase mais imatura de desenvolvimento (MELO et al., 2015).

Verifica-se um crescimento linear nos valores de comprimento de hipocótilo, em função da maturação, em todas as adubações (Figura 10). Os valores do comprimento de hipocótilo, indicam que para a linhagem-elite CNFC 15458, a melhor adubação foi a A2, com 13,89 cm (Figura 10 A). Para a linhagem-elite CNFC 15513, a melhor adubação foi a A3, com 17,82 cm (Figura 10 B). O cv. BRS Estilo apresentou o maior valor na adubação A3, com 20,95 cm (Figura 10 C), e o cv. Carioca Precoce, na adubação A0, o maior valor, com 16,12 cm (Figura 10 D). O teste de comprimento de plantas ou de suas partes foi considerado como uma importante característica para determinação do vigor de sementes de soja (VANZOLINI et al., 2007).

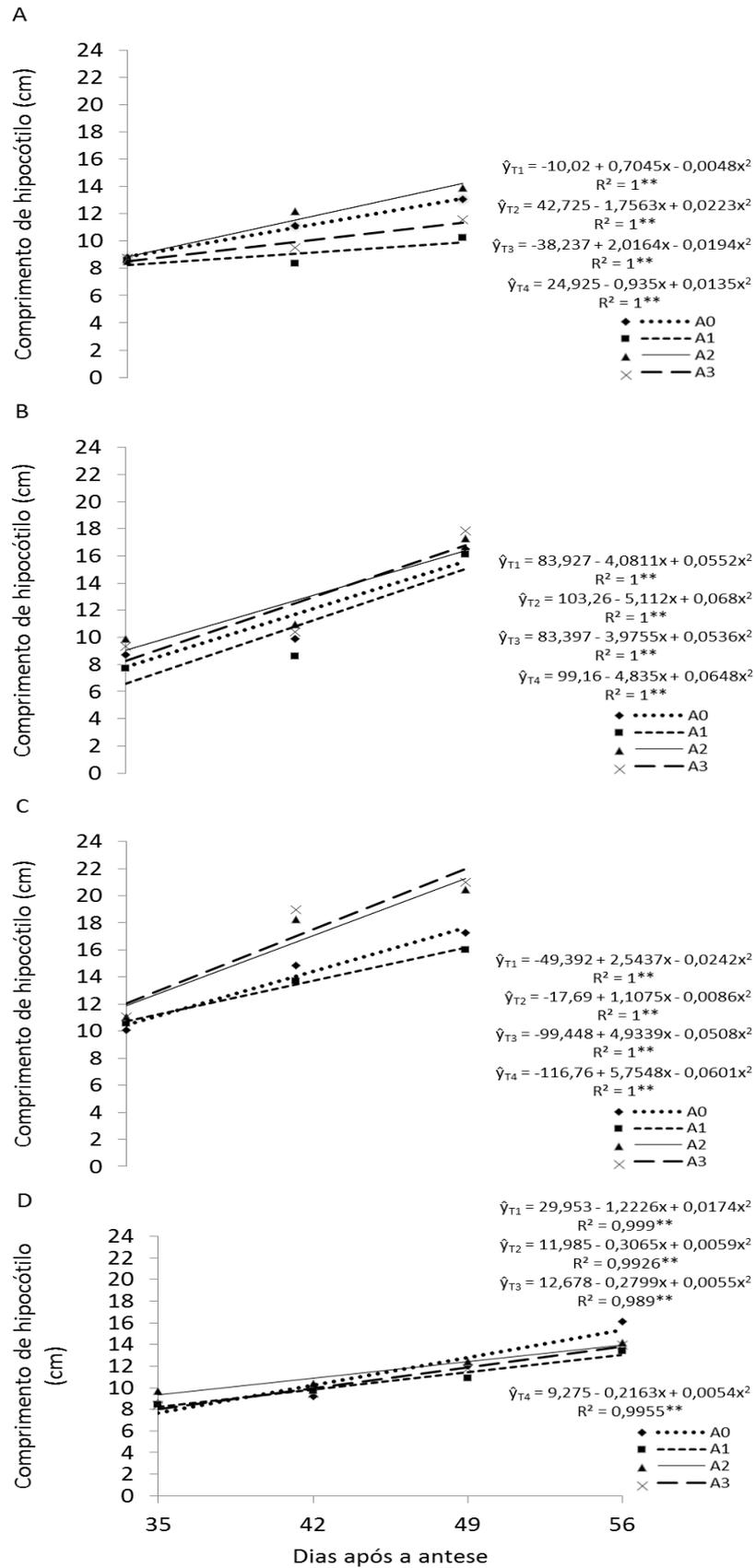


Figura 10 - Comprimento de hipocótilo de plântulas de genótipos de feijoeiro adubados com enxofre, nitrogênio e zinco durante a fase de maturação das linhagens-elite CNFC 15458 (A) e CNFC 15513 (B), e cultivares BRS Estilo (C) e Carioca Precoce (D).

A0: testemunha (sem adubação foliar); A1: uma adubação após 15 dias da sementeira; A2: duas adubações, após 15 e 25 dias da sementeira e A3: três adubações, após 15, 25 e 35 dias da sementeira.

Os dados referentes ao comprimento de raiz também indicam um aumento do vigor ao avanço da maturação das sementes (Figura 11). Os valores do comprimento de raiz, indicam que para a linhagem-elite CNFC 15458, as melhores adubações foram A0 e A2, com 12,73 e 12,74 cm, respectivamente (Figura 11 A). Para a linhagem-elite CNFC 15513, as melhores adubações foram A1 e A3, com 15,26 e 14,9 cm, respectivamente (Figura 11 B). O cv. BRS Estilo apresentou o maior valor nas adubações A0 e A3, com 15,04 e 14,93 cm (Figura 11 C), e o cv. Carioca Precoce, na adubação A2, o maior valor, com 18,13 cm (Figura 11 D).

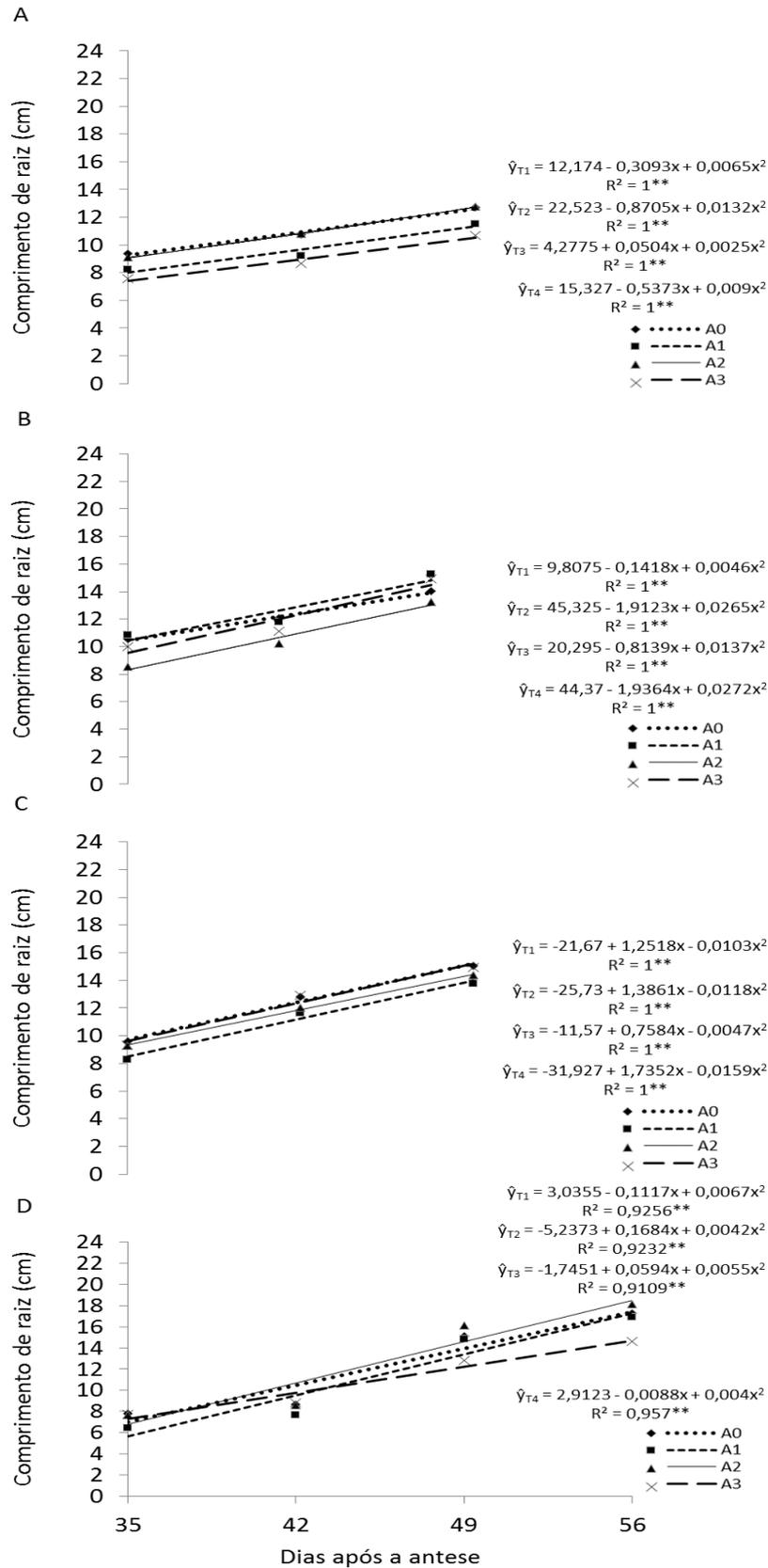


Figura 11 - Comprimento de raiz de plântulas de genótipos de feijoeiro adubados com enxofre, nitrogênio e zinco durante a fase de maturação das linhagens-elite CNFC 15458 (A) e CNFC 15513 (B), e cultivares BRS Estilo (C) e Carioca Precoce (D).

A0: testemunha (sem adubação foliar); A1: uma adubação após 15 dias da sementeira; A2: duas adubações, após 15 e 25 dias da sementeira e A3: três adubações, após 15, 25 e 35 dias da sementeira.

O teste de germinação é realizado sob condições artificiais em laboratório, sob condições ambientais ótimas para o crescimento e desenvolvimento de plântulas (BRASIL, 2009). Entretanto, essas condições não são costumeiramente encontradas em campo, podendo haver baixa disponibilidade hídrica, solos pobres em nutrientes, entre outros fatores. Sendo assim, somente o teste de germinação não apresenta dados sobre o vigor das sementes (BEWLEY; BLACK, 1994). Um teste comumente utilizado para a avaliação do vigor de sementes é o comprimento de hipocótilo e raiz, que é amplamente utilizado pela sua simplicidade e eficácia (GUEDES et al., 2015).

Portanto, surge a importância dos testes de vigor para avaliação do comportamento de lotes de sementes que contribuem com informações que levam em consideração a heterogeneidade apresentada em campo (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012), principalmente considerando que o vigor é a capacidade das sementes atingirem uma emergência uniforme e rápida sob condições de campo, em uma faixa de condições ambientais ampla, gerando plântulas normais (AOSA, 1992). E, as plântulas que apresentam maior comprimento de raiz são aquelas oriundas de sementes mais vigorosas (GUEDES et al., 2015; MARCOS FILHO, 2015).

Os valores de massa seca de hipocótilo, também apresentaram um crescimento em função do tempo de maturação (Figura 12). Para os valores de massa seca de hipocótilo, a linhagem-elite CNFC 15458, apresentou o seu maior valor, na adubação A2, com 1,62 g plântula<sup>-1</sup> (Figura 12 A). Para a linhagem-elite CNFC 15513, a adubação mais indicada é a A0, com 1,11 g (Figura 12 B), esta, também foi a mais indicada para o cv. BRS Estilo, com 1,43 g plântula<sup>-1</sup> (Figura 12 C). O cv. Carioca Precoce, teve seu maior valor na adubação A3, com 1,48 g plântula<sup>-1</sup>.

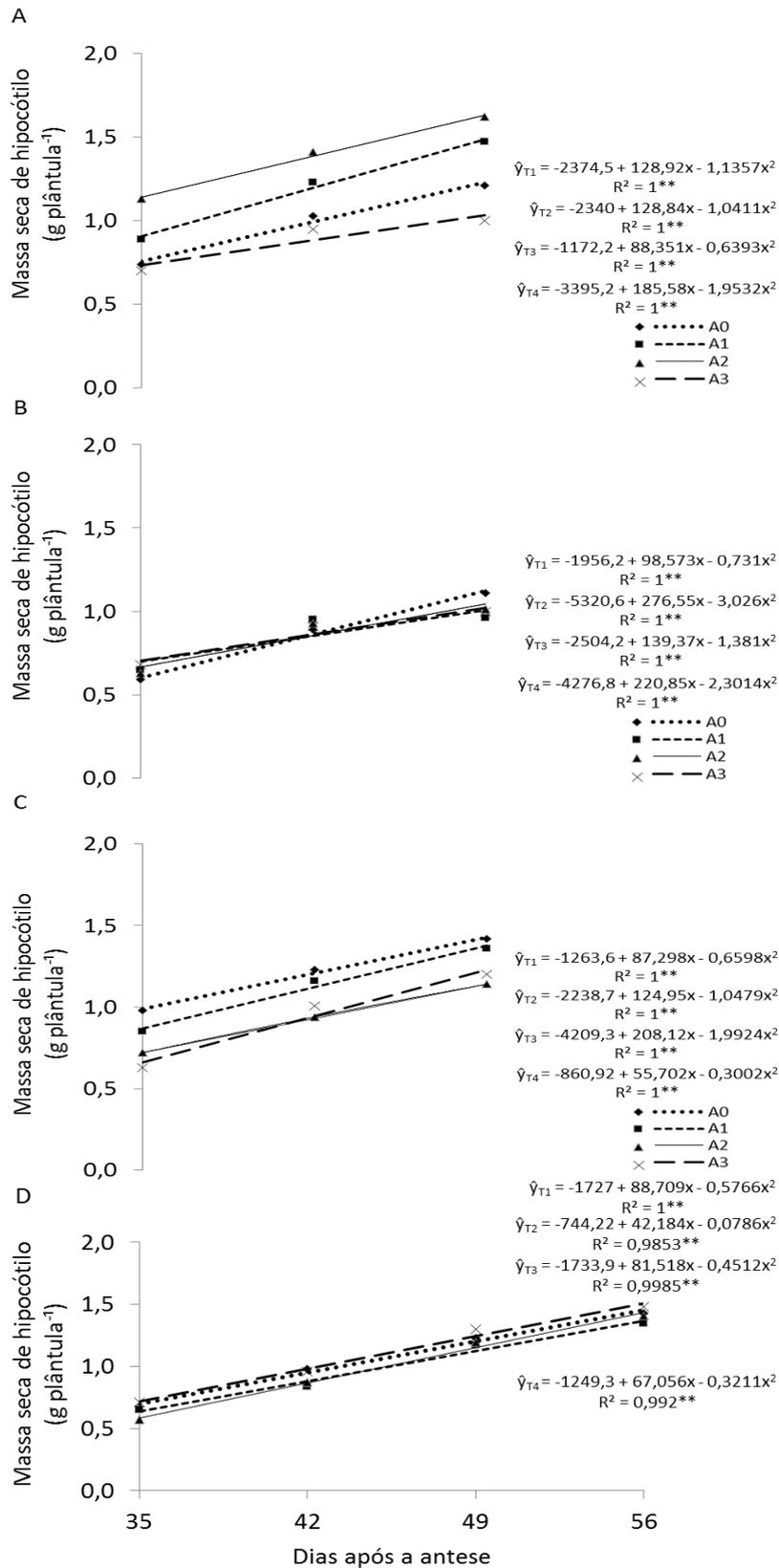


Figura 12 - Massa seca de hipocótilo de plântulas de genótipos de feijoeiro adubados com enxofre, nitrogênio e zinco durante a fase de maturação das linhagens-elite CNFC 15458 (A) e CNFC 15513 (B), e cultivares BRS Estilo (C) e Carioca Precoce (D).

A0: testemunha (sem adubação foliar); A1: uma adubação após 15 dias da sementeira; A2: duas adubações, após 15 e 25 dias da sementeira e A3: três adubações, após 15, 25 e 35 dias da sementeira.

Os valores referentes à massa seca de raiz, apresentaram comportamento semelhante às análises realizadas com o hipocótilo, sugerindo aumento nos seus valores em função da maturação das sementes (Figura 13).

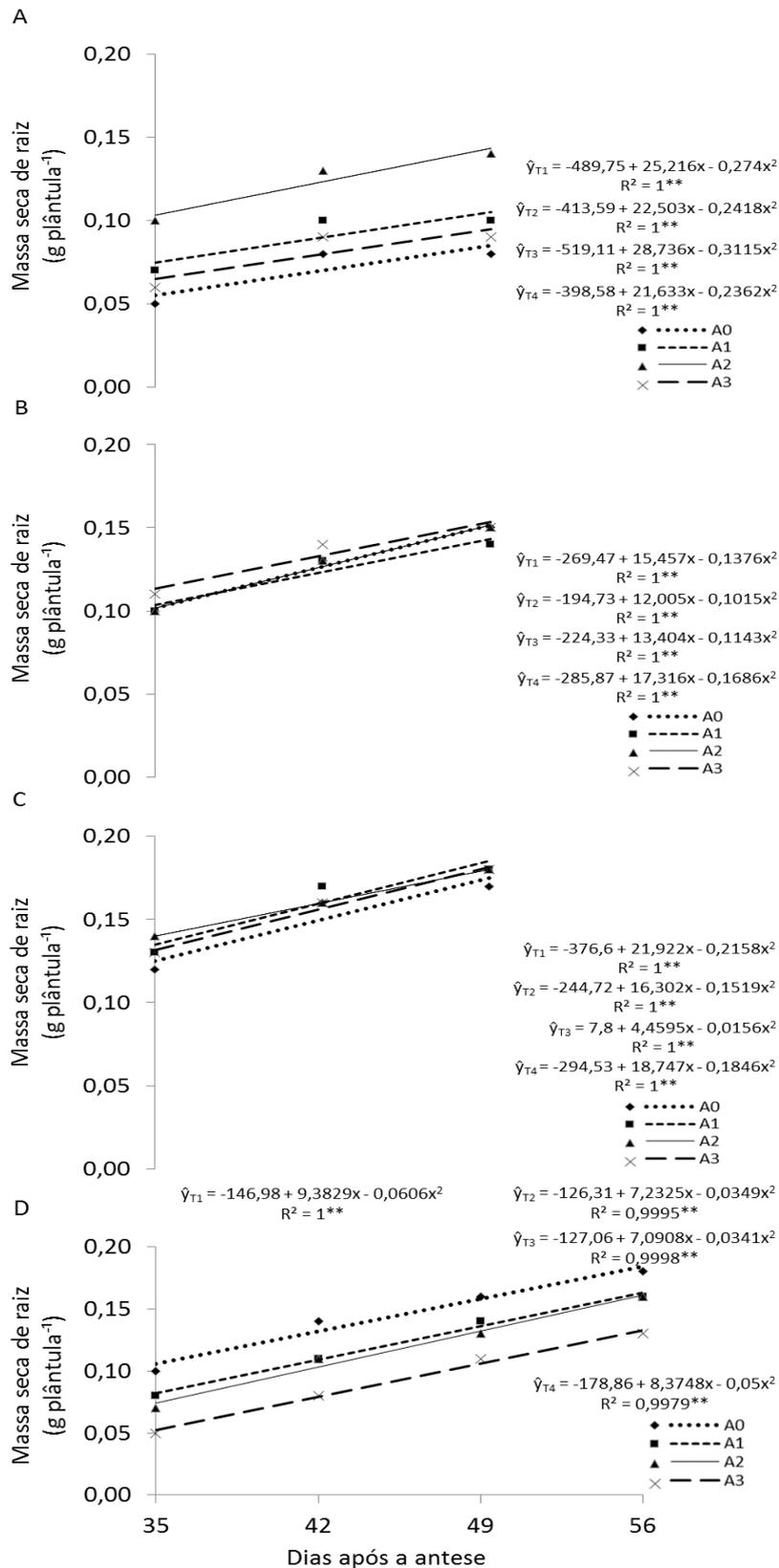


Figura 13 - Massa seca de raiz de plântulas de genótipos de feijoeiro adubados com enxofre, nitrogênio e zinco durante a fase de maturação das linhagens-elite CNFC 15458 (A) e CNFC 15513 (B), e cultivares BRS Estilo (C) e Carioca Precoce (D).

A0: testemunha (sem adubação foliar); A1: uma adubação após 15 dias da sementeira; A2: duas adubações, após 15 e 25 dias da sementeira, e A3: três adubações, após 15, 25 e 35 dias da sementeira.

Ao verificar a massa seca de raiz sugere-se que para a linhagem-elite CNFC 15458, a melhor adubação foi a A2, com um valor de 0,14 g plântula<sup>-1</sup> (Figura 13 A). Não houve diferença entre as adubações, nas análises da linhagem-elite CNFC 15513 (Figura 13 B) e o cv. BRS Estilo (Figura 13 C). Para o cv. Carioca Precoce, a adubação A0, apresentou o maior valor, com 0,18 g plântula<sup>-1</sup> (Figura 13 D).

A massa seca de plântulas (raiz e/ou hipocótilo) é uma característica utilizada como indicador de vigor de sementes, por se originarem do transporte do tecido de reserva para o eixo embrionário e as plântulas suportarem maiores oscilações das condições ambientais (NAKAGAWA, 1999).

Neste trabalho, verificou-se os benefícios da adubação foliar no vigor das sementes, o que pode ser atribuído à maior disponibilidade e incorporação de nutrientes nas plantas, o que contribui para o maior acúmulo de massa seca nas sementes. Além disso, a planta absorve nutrientes mais rapidamente quando a adubação é via foliar, em comparação com a adubação via solo (CASTRO, 2009).

A adubação foliar em feijoeiro com molibdênio aumentou os valores de massa seca de plântulas (ASCOLI et al., 2008). Similarmente, no crescimento inicial de milho doce, de acordo com Cunha et al. (2016), a aplicação de bioestimulante Stimulate determinou um aumento no conteúdo de massa seca de raiz.

De acordo com Silva Júnior et al. (2015), a adequação da adubação determina um aumento no crescimento inicial de plantas, que apresentaram comportamento quadrático no acúmulo de massa fresca e linear para os valores de massa seca na cultura da melanciaira.

Similarmente, efeitos benéficos como aumento nos valores de massa fresca, massa seca e no comprimento de plântulas foram observados com a aplicação de fertilizante a base de zinco e molibdênio, em sementes de sorgo (CUNHA et al., 2015), entretanto, em sementes tratadas com zinco, boro e molibdênio não houve incrementos na massa seca de parte aérea e raiz (TAVARES et al., 2013).

O cultivo do feijoeiro apresenta certa variedade quanto à duração de seu ciclo, entre os cultivares disponíveis no mercado nacional. Em média, o produtor leva 90 dias para alcançar a maturidade fisiológica do feijão. Com a utilização de genótipos melhorados, esse tempo pode ser reduzido (RIBEIRO et al., 2004). As linhagens-elite CNFC 15458 e CNFC 15513 e o cv. BRS Estilo apresentaram um ciclo de vida de 84 dias, enquanto o cv. Carioca Precoce se mostrou mais tardio, com um ciclo de vida de 91 dias.

Em experimentos com feijão, Ascoli et al. (2008), observaram um ciclo da cultura, com 89 dias, e Oliveira et al. (2015), um ciclo de 106 dias. Deve-se levar em consideração que a maturação é um processo, no qual ocorrem diversas modificações físicas, fisiológicas, morfológicas e bioquímicas, que têm início quando ocorre a fecundação do óvulo e culminam com a paralização do transporte de nutrientes da planta mãe para a semente (DELOUCHE, 1981). E, neste trabalho, destaca-se a importância da adubação e da maturação para a obtenção de sementes de melhor qualidade fisiológica. Observou-se durante essa fase, que a germinação, o IVG e o acúmulo de substâncias de reservas foram crescentes simultaneamente com o desenvolvimento das sementes.

## **5. CONCLUSÕES**

A linhagem CNFC 15513 e o cultivar BRS Estilo foram considerados como os mais vigorosos.

A maturação fisiológica das sementes ocorre após 49 e 56 dias da antese, para as Linhagens CNFC 15513, 15458 e cv. BRS Estilo; e Carioca Precoce, respectivamente.

As Linhagens CNFC 15513, Linhagem 15458 e cv. BRS Estilo apresentam um ciclo da cultura de 84 dias. O cultivar Carioca Precoce apresenta um ciclo da cultura de 91 dias.

A adubação foliar aumenta a qualidade fisiológica em algumas fases da maturação das sementes de feijão, das Linhagens-élite CNFC 15513, CNFC 15458 e cultivares BRS Estilo e Carioca Precoce.

## **6. AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem ao Conselho Nacional e Desenvolvimento Científico (CNPq) pela bolsa de produtividade em pesquisa e a Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (FAPES) pela concessão da bolsa de pós-graduação.

## REFERÊNCIAS

ADDICOTT, F.T.; LYNCH, R.S. Physiology of abscission. **Annual Reviews Plant Physiology**, v.6, p.211-238, 1955.

AHMAD, S.; SULTAN, S. M. Physiological changes in the seeds of *Jatropha curcas* L. at different stages of fruit maturity. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.58, n.1, p.118-123, 2015.

ALBANNA, L. S.; SALEM, N. M.; AWWAD, A. M. Seed germination and growth of cucumber (*Cucumis sativus*): effect of nano-crystalline sulfur. **Journal of Agricultural Science**, v.8, n.10, p.219-225, 2016.

ALKIMIM, E. R.; DAVID, A. M. S. de. S.; SOUSA, T. V.; RODRIGUES, C. G.; AMARO, H. T. R. Different harvest times and physiological quality of coriander seeds. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, v.20, n.2, p.133–137, 2016.

AMARO, A. C. E.; ZUCARELI, V.; MISCHAN, M. M.; FERREIRA, G. Combinações entre GA<sub>4+7</sub> + N-(fenilmetil)-aminopurina e ethephon na germinação de sementes de *Passiflora cincinnata* Mast. **Revista Brasileira de Sementes**, v.31, n.1, p.195-202, 2009.

ARALDI, R.; VELINI, E. D.; GOMES, G. L. G.; CARBONARI, C. A.; ALVES, E.; TRINDADE, M. L. B. Variação do tamanho de sementes de plantas daninhas e sua influência nos padrões de emergência das plântulas. **Planta Daninha**, v.31, n.1, p.117-126, 2013.

ARAÚJO, E. de. O.; VITORINO, A. C. T.; MERCANTE, F. M.; NUNES, D. P.; SCALON, S. de. P. Q. Qualidade de sementes de milho em resposta à adubação nitrogenada e à inoculação com bactérias diazotróficas. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.9, n.2, p.159-165, 2014.

ARAÚJO, M. M. V.; SOUSA, J. R. S.; CAMILI, E. C. Germinação de sementes de trigo tratadas com zinco e boro. **Revista de Agricultura**, v.91, n.3, p.274-284, 2016.

ASCOLI, A. A.; SORATTO, R. P.; MARUYAMA, W. I. Aplicação foliar de molibdênio, produtividade e qualidade fisiológica de sementes de feijoeiro irrigado. **Bragantia**, v.67, n.2, p.377-384, 2008.

ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSIS (AOSA). **Seedling evaluation handbook**. Hdbk. Seed Testing Contrib. 35. Assn. Official Seed Analysts, Las Cruces, 1992.

AWAD, M.; CASTRO, P. R. C. **Introdução a fisiologia vegetal**. 2. Ed. São Paulo: Nobel, 1992. 177 p.

AZZOLINI, M.; JACOMINO, A. P.; SPOTO, H. F. Estádios de maturação e qualidade pós-colheita de goiabas 'Pedro Sato'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.26, n.1, p.29-31, 2004.

BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. N. **Experimentação agrícola**. 4.ed. Jaboticabal: FUNEP, 2006. 246p.

BARBOSA, J. G.; LOPES, L. C. **Propagação de plantas ornamentais**. Viçosa: UFLA, 2011. 183p.

BARBOSA, F. R.; GONZAGA, A. C. O. **Informações técnicas para o cultivo do feijoeiro comum na região central brasileira: 2011/2013**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2012. p.15-20. (Série Documentos).

BATTISTUS, A. G.; FUCHS, F.; SOUSA, R. F. B. de.; MALAVASI, M. de. M.; DRANSKI, J. A. L.; RAMPIM, L.; BULEGON, L. G.; GUIMARÃES, V. F.; MORANZA, T. M.; MÜLLER, M. A.; LIMA, P. R. Physiological maturity of seeds and colorimetry of yellow passion fruit (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Degener). **African Journal of Agricultural Research**, v.9, n.40, p.3018-3024, 2014.

BAUDET, L. M. B.; VILLELA, F. A.; Armazenamento de Sementes. In: PESKE, S. T.; LUCCA FILHO, O. A.; BARROS, A. C. S. A. **Sementes: Fundamentos científicos e**

tecnológicos. 2.ed. rev. e ampl. Pelotas: Ed. Universitária/UFPel, 2006. cap.7, p.427-470.

BEWLEY, J. D.; BLACK, M. **Seeds**. Physiology of development and germination. 2 ed, New York, Plenum Press, 1994. 445p.

BINSFELD, J. A.; BARBIERI, A. P. P.; HUTH, C.; CABRERA, I. C.; HENNING, L. M. M. Uso de bioativador, bioestimulante e complexo de nutrientes em sementes de soja. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.44, n.1, p.88-94, 2014.

BISCARO, G. A.; PRADO, E. A. F. do.; MOTOMIYA, A. V. de. A.; ROBAINA, A. D. Efeito de diferentes níveis de adubação foliar com NPK mais micronutrientes na produtividade do milho safrinha na Região de Dourados/MS. **Semina: Ciências Agrárias**, v.34, n.5, p.2169-2178, 2013.

BORGES, K. C. de. F.; SANTANA, D. G. de.; MELO, B. de.; SANTOS, C. M. dos. Rendimento de polpa e morfometria de frutos e sementes de pitangueira-do-cerrado. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.32, n.2, p.471-478, 2010.

BORGES, K. C. de. F.; SANTANA, D. G. de.; LOPES, S. W.; PEREIRA, V. J. Coloração do fruto e substrato na emergência e no crescimento de plantas de *Eugenia calycina* Cambess. **Floresta e Ambiente**, v.23, n.4, p.544-554, 2016.

BORKERT, C. M. Micronutrientes na planta. In: BÜLL, L. T.; ROSOLEM, C. A. **Interpretação de análise química de solo e planta para fins de adubação**. Botucatu: Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais, 1986. p. 309-329.

BORKERT, C. M.; GAUDÊNCIO, C. A.; PEREIRA, J. E.; PEREIRA, L. R.; OLIVEIRA JUNIOR, A. Nutrientes minerais na biomassa da parte aérea em culturas de cobertura de solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.38, n.1, p.143-153, 2003.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para Análise de Sementes**. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: MAPA/ACS, 2009. 395p.

BRZEZINSKI, C. R.; ZUCARELI, C.; HENNING, F. A.; ABATI, J.; PRANDO, A. M.; HENNING, A. A. Nitrogênio e inoculação com *Azospirillum* na qualidade fisiológica e sanitária de sementes de trigo. **Revista de Ciências Agrárias**, v.57, n.3, p.257-265, 2014.

CAIXETA, F.; VON PINHO, E. V. de. R.; GUIMARÃES, R. M.; PEREIRA, P. H. A. R.; CATÃO, H. C. R. M.; CLEMENTE, A. da. C. S. Determinação do ponto de colheita na produção de sementes de pimenta malagueta e alterações bioquímicas durante o armazenamento e a germinação. **Científica**, v.42, n.2, p.187-197, 2014.

CAMARGO, E. R.; MARCHESAN, E.; AVILA, L. A. de.; SILVA, L. S. da.; ROSSATO, T. L.; MASSONI, P. F. Manutenção da área foliar e produtividade de arroz irrigado com a aplicação de fertilizantes foliares no estágio de emborrachamento. **Ciência Rural**, v.38, n.5, p.1439-1442, 2008.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 5.Ed. Jaboticabal: FUNEP, 2012.

CASTRO, M. M.; GODOY, A. R.; CARDOSO, A. I. I. Qualidade de sementes de quiabeiro em função da idade e do repouso pós-colheita dos frutos. **Ciência e Agrotecnologia**, v.32, n.5, p.1491-1495, 2008.

CASTRO, P. R. C. **Princípios da adubação foliar**. Jaboticabal: Fundação de Apoio a Pesquisa, Ensino e Extensão, p.42, 2009.

CATUCHI, T. A.; COSTA, L. P. F. da.; FOLONI, J. S. S.; TIRITAN, C. S.; CUSTÓDIO, C. C.; TSUNAKO, A. T. Produção e qualidade de sementes de *Urochloa humidicola* em razão da adubação nitrogenada e potássica. **Colloquium Agrariae**, v.9, n.2, p.30-42, 2013.

CLINE, M. G. Apical Dominance. **The Botanical Review**, New York, v.57, n.4, p.318-358, 1991.

CIPRIANO, M. A. P.; PATRÍCIO, F. R. A.; FREITAS, S. S. Potencial de rizobactérias na promoção de crescimento e controle da podridão radicular em alface hidropônica. **Summa Phytopathologica**, v.39, n.1, p.51-57, 2013.

COLLI, S.; PURGATTO, E. **Fisiologia vegetal** (KERBAUY, G. B., 2 ed). Rio de Janeiro, Editora Guanabara Koogan, p.271-295, 2008.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento Safra Brasileira de Grãos, v.4 – Safra 2016/2017, n.2 – Segundo levantamento, novembro 2016.

COOMBE, B. G. The development of fleshy fruits. **Annual Review of Plant Physiology**. Palo Alto, v. 27, p. 207–228, 1976.

COSTA JUNIOR, R. G.; PALHANO, V. de. O.; MATOR, F. A.; NASCIMENTO, J. M.; GORDIN, C. L.; HEID, D. M. Efeito da urina de vaca sobre o desenvolvimento de sementes de girassol (*Helianthus annuus* L.). **Cadernos de Agroecologia**, v.9, n.4, p.01-07, 2014.

CRUSCIOL, C. A. C.; SORATTO, R. P.; CASTRO, G. S. A.; COSTA, C. H. M. da.; FERRARI NETO, J. Aplicação foliar de ácido silícico estabilizado na soja, feijão e amendoim. **Revista Ciência Agronômica**, v.44, n.2, p.404-410, 2013.

CUNHA, S. G. S. da.; DAVID, A. M. S. de. S.; AMARO, H. T. R.; ALVES, D. D. A.; PORTO, E. M. V. Qualidade fisiológica de sementes de sorgo em resposta ao tratamento com fertilizante à base de zinco e molibdênio. **Revista Agrarian**, v.8, n.30, p.351-357, 2015.

CUNHA, R. C. da.; OLIVEIRA, F. de. A. de.; SOUZA, M. W. de. L.; MEDEIROS, J. F. de.; LIMA, L. A.; OLIVEIRA, M. K. T. Ação de bioestimulante no desenvolvimento inicial do milho doce submetido ao estresse salino. **Irriga**, v.1, n.1, p.191-204, 2016.

DANTAS, S. A. G.; CAVALCANTE, L. F.; ALVES, E. U.; NASCIMENTO, J. A. M. do.; SILVA, S. A. da.; DANTAS, T. A. G. Physiological quality of yellow passion fruit

seed produced under saline water, NPK and bovine biofertilizer. **African Journal of Agricultural Research**, v.10, n.30, p.2948-2954, 2015.

DAVIES, P. J. The plant hormones; Their nature, occurrence, and functions. In: DAVIES P. J. **Plant hormones: physiology, biochemistry and molecular biology**. 2. ed. London: Kluwer Academic Publishers, 1995. p. 1 - 13.

DAYAL, A.; RANGARE, N. R.; KUMAR, A.; KUMARI, M. Effect of physiological maturity on seed quality of maize (*Zea mays* L.). **Forage Research**, v.40, n.1, p.1-6, 2014.

DEUNER, C.; MENEGHELLO, G. E.; BORGES, C. T.; GRIEP, L.; ALMEIDA, A. S.; DEUNER, S. Rendimento e qualidade de sementes de soja produzidas sob diferentes manejos nutricionais. **Revista de Ciências Agrárias**, v.38, n.3, p.357-365, 2015.

DELOUCHE, J. C. Seed maturation. In: **Handbook of seed technology**. Mississippi: Mississippi State University, p.17-23. 1981.

DIAS, D. C. F. S. Maturação fisiológica de sementes: o processo. **Seed News**, v.5, n.6, p.22-24, 2001.

DIAS, R. E. B. A.; SIVA, F. M. da.; CUNHA, J. P. B.; AVELAR, R. C.; FERNANDES, F. C. Eficiência da colheita mecanizada do café com o uso do inibidor de biossíntese de etileno. **Coffee Science**, v.9, n.4, p.527-536, 2014.

DIAS, M. A.; DIAS, D. C. F. dos. S.; BORGES, E. E. de. L. e.; DIAS, L. A. dos. S. Qualidade e compostos fenólicos em sementes de mamão alterados pela colheita e maturação dos frutos. **Ciência Rural**, v.45, n.4, p.737-743, 2015.

DODDS, J. H.; ROBERTS, L. W. **Experiments in plant tissue culture**. Cambridge: Cambridge University Press, 1999. 256p.

DONATO, L. M. S.; RABELO, M. M.; DAVID, A. M. S de. S.; ROCHA, A. F.; ROCHA, A. S.; BORGES, G. A. Qualidade fisiológica de sementes de melão em

função do estágio de maturação dos frutos. **Comunicata Scientiae**, v.6, n.1, p.49-56, 2015.

DORNELAS, C. S. M.; ALMEIDA, F. A. C.; FIGUEIREDO NETO, A.; SOUSA, D. M. M.; EVANGELISTA, A. P. Desenvolvimento na maturação de frutos e sementes de Urucum (*Bixa orellana* L.). **Scientia plena**, v.11, n.1, p.1-9, 2015.

DUCCA, C. A. D.; SOUZA, N. M. de.; PRETE, C. E. C. Qualidade fisiológica e lipídios totais de sementes de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) em função de épocas de colheita. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, v.19, n.4, p.364–368, 2015.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Manual de métodos de análises de solo. 2.ed. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 2011. 212p.

ENGELS, C. & MARSCHNER, H. Plant uptake and utilization of nitrogen. In: BACON, P. E., ed. **Nitrogen fertilization in the environment**. New York, Marcel Dekker, 1995. p.41-81.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Nutrição mineral de plantas: Princípios e perspectivas**. 2.ed. Londrina, Planta, 2006. 401p.

FANTINATTI, J. B.; HONÓRIO, S. L.; RAZERA, L. F. Qualidade de sementes de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) de diversas densidades, obtidas em mesa gravitacional. **Informativo ABRATES**, v. 11, n. 2, p. 83, 2001.

FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre: ARTMED, p.51-67, 2004.

FERREIRA, A. B. de. H. **Dicionário da língua portuguesa**. 5. ed. Curitiba: Positivo, 2010. 2222 p. ISBN 978-85-385-4198-1.

FIGUEIREDO NETO, A.; ALMEIDA, F. A. C.; DANTAS, B. F.; GARRIDO, M. da. S.; ARAGÃO, C. A. Maturação fisiológica de sementes de abóbora (*Curcubita moschata* Duch) produzidas no semiárido. **Comunicata Scientiae** v.5 n.3, p.302-310, 2014.

FLORES, A. V.; LIMA e BORGES, E. E. de.; GONÇALVES, J. F. de. C.; GUIMARÃES, V. M.; ATAÍDE, G. da. M.; BARROS, D. de. P.; PEREIRA, M. D. Efeito do substrato, cor e tamanho de sementes na germinação e vigor de *Melanoxylon brauna*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v.34, n.78, p.141-147, 2014.

GALVÃO, E. C.; RAMOS, J. D.; PIO, L. A. S.; LAREDO, R. R.; SILVA, F. O. dos. R.; MIRANDA, J. M. de. S. Substratos e ácido indol-3-butírico na produção de mudas de pitaita vermelha de polpa branca. **Revista Ceres**, v. 63, n.6, p.860-867, 2016.

GHASSEMI-GOLEZANI, K.; MOHAMMADI, M.; ZEHTAB-SALMA, S.; NASRULLAHZADEH, S. Changes in seed vigor of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) cultivars during maturity in response to water limitation. **Acta Agriculturae Slovenica**, v.107, n.1, p.15-23, 2016.

GRZYBOWSKI, C. R. de. S.; VIEIRA, R. D.; PANOBIANCO, M. Testes de estresse na avaliação do vigor de sementes de milho. **Revista Ciência Agronômica**, v.46, n.3, p.590-596, 2015.

GONÇALVES, V. D.; MULLER, D. H.; FAVA, C. L. F.; CAMILI, E. C. Maturação fisiológica de sementes de pimenta ‘Bode Vermelha’. **Revista Caatinga**, v.28, n.3, p.137-146, 2015.

GUEDES, R. S.; ALVES, E. U.; SANTOS-MOURA, S. da. S.; GALINDO, E. A. Teste de comprimento de plântula na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Smith. **Semina: Ciências Agrárias**, v.36, n.4, p.2373-2382, 2015.

GUIMARÃES G. M.; STONE, L. F.; BRUNINI, O. Adaptação do feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.) à seca. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, n.1, p.70-75, 2006.

GUIMARÃES, M. de. A.; VIANA, C. dos. S.; TELLO, J. P. de. J.; DAMASCENO, L. A.; MIRANDA, J. F. de. Emergência e desempenho de plântulas de cubiu em diferentes substratos e profundidades de semeadura. **Bioscience Journal**, v.30, supplement.2, p.802-810, 2014.

HABIBI, H.; GHAVAMI, M.; FOTOKIAN, M. H.; TALAEI, G. H. Effect of foliar applications with auxin (indole-3-acetic acid (IAA)) and planting dates on yield quality and quantity of in three cultivars of cotton fibers. **International Journal of Biosciences**, v.6, n.8, p.9-15, 2015.

HARIKRISHNAN, H.; SHANMUGAIAH, V.; BALASUBRAMANIAN, N. Optimization for production of Indole acetic acid (IAA) by plant growth promoting *Streptomyces* sp VSMGT1014 isolated from rice rhizosphere. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**, v.3, n.8, p.158-171, 2014.

HARTMANN, H. T.; KESTER, D. E.; DAVIES JUNIOR, F. T.; GENEVE, R. L. **Plant propagation; principles and practices**. 8. ed. New Jersey: Prentice Hall, 2014. 770p.

HINOJOSA, G. F. Auxina em plantas superiores: síntese e propriedades fisiológicas. In: CID, L. P. B. **Hormônios vegetais em plantas superiores**. Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2005. p. 15-57.

INCAPER. Instituto Capixaba de Pesquisa e Extensão Rural., Navegador Geobase. Disponível em: <[http://www.geobases.es.gov.br/publico/AcessoNavegador.aspx?id=142&nome=NAVEGADOR\\_GEOBASES](http://www.geobases.es.gov.br/publico/AcessoNavegador.aspx?id=142&nome=NAVEGADOR_GEOBASES)>. Acesso em: 06 dezembro de 2016.

INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION. **ISTA handbook on seedling evaluation**. 3. ed. Switzerland: International Seed Testing Association, 2006.

JAHAN, S.; IQBAL, S.; JABEEN, K.; SADAF, S. Ameliorating influence of sulfur on germination attributes of canola (*Brassica napus* L.) under chromium stress. **Pakistan Journal of Botany**, v.47, n.2, p.407-411, 2015.

JOMORI, M. L. L.; SASAKI, F. F. C.; BERNO, N. D.; GIMENES, L. C.; KLUGE, R. A. Desverdecimento e armazenamento refrigerado de tangor 'Murcott' em função de concentração e tempo de exposição ao etileno. **Semina: Ciências Agrárias**, v.35, n.2, p. 825-834, 2014.

JUSTINO, E. V.; BOITEUX, L. S.; FONSECA, M. E. N.; SILVA FILHO, J. G.; NASCIMENTO, W. M. Determinação da maturidade fisiológica de sementes de pimenta dedo de moça *Capsicum baccatum* var. Pendulum. **Horticultura Brasileira**, v.33, n.3, p.324-331, 2015.

KABIR, A.; KIM, W.; WANG, H. W.; YAO, Q.; KWON, H.; KARUPPANAPANDIAN, T. Sulfur fertilization influence on growth and yield traits of three Korean soybean varieties. **International Journal of Agriculture System**, v.4, n.1, p.1-12, 2016.

KERBAUY, G. B. Auxinas. In: MERCIER, H. **Fisiologia vegetal**. 2.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2013. cap.9, p. 182 - 210.

KERMODE, A. R. Role of abscisic acid in seed dormancy. **Journal of Plant Growth Regulation**, v.24, n.4, p.319-344, 2005.

KEPCZYNSKI, J.; SZNIGIR, P. Participation of GA<sub>3</sub>, ethylene, NO and HCN in germination of *Amaranthus retroflexus* L. seeds with various dormancy levels. **Acta Physiologiae Plantarum**, v.36, n.1, p.1463–1472, 2014.

KLOUBERT, V.; RINK, L. Zinc as a micronutrient and its preventive role of oxidative damage in cells. *Food Funct.* 2015; 6:3195-204.

KRZYŻANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. p.1, 4, 26.

LABORIAU, L. G. A. **Germinação das sementes**. Washington: Secretaria Geral da Organização dos Estados Americanos, 1983. 171 p.

LAWARE, S. L.; RASKAR, S. Influence of zinc oxide nanoparticles on growth, flowering and seed productivity in onion. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**, v.3, n.7, p.74-88, 2014.

LEÃO, J. R. A.; VASCONCELOS, J. de. M.; BELTRÃO, R. T.; RAPOSO, A.; FERMINO JUNIOR, P. C. P. Micropropagação de *Aechmea setigera* Mart. ex Schult. & Schult. f.: uma bromélia endêmica da Amazônia Ocidental. **Biota Amazônia**, v.4, n.2, p.117-123, 2014.

LEMES, E. S.; TUNES, L. M. de.; ALMEIDA, A. da. S.; MENEGHELLO, G. E.; OLIVEIRA, S. de.; MUNIZ, M. F. B. Response of wheat seeds to zinc application during storage. **Ciencia e Investigación Agraria**, n.42, v.1, p.109-119, 2015.

LEÓN, A. E.; ROSELL, C. M. et al. **De tales harinas, tales panes: granos, harinas y productos de panificación en iberoamérica**. Córdoba: Hugo Baéz Editor, 2007. 480p

LIMA, C. B.; BOAVENTURA, A. C.; GOMES, M. M. Cuttings of *Lippia alba* with emphasis on time for seedling formation, substrates and plant growth regulators. **Horticultura Brasileira**, v.33, n.2, p.230-235, 2015.

LISBOA, C. F.; SILVA, D. D. A.; TEIXEIRA, I. R.; CAMPOS, A. J. de.; DEVILLA, I. A.; SILVA, A. G. da. Physiological quality of sesame seed harvested at different plant positions and maturity stages. **African Journal of Agricultural Research**, v.11, n.30, p.2825-2832, 2016.

LOPES, J. C.; JARDIM, I. C. C.; SOBREIRA, D. G.; FORDE, G. H. A.; TATAGIBA, J. S. Associação entre germinação, vigor e sanidade em sementes de milho precoce e normal, produzidos na área experimental do Centro Agropecuário da UFES. In:

Congresso Brasileiro de Sementes, 7, Campo Grande, 1991. **Informativo ABRATES**, 1991.

LOPES, A. S. **Manual internacional de fertilidade do solo**. Piracicaba-SP: Associação Brasileira para pesquisa da potassa e do fosfato. 1998. 177p.

LOPES, J. C.; DIAS, P. C.; PEREIRA, M. D. Maturação fisiológica de sementes de quaresmeira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40, n.8, p.811-816, 2005.

LOPES, J. C.; SOARES, A. da. S. Estudo da maturação de sementes de carvalho vermelho (*Miconia cinnamomifolia* (Dc.) Naud. **Ciência e Agrotecnologia**, v.30, n.4, p.623-628, 2006.

LOPES, J. C.; BONO, G. M.; ALEXANDRE, R. S.; MAIA, V. M. Germinação e vigor de plantas de maracujazeiro amarelo em diferentes estádios de maturação do fruto, arilo e substrato. **Ciência e Agrotecnologia**, v.31, n.5, p.1340-1346, 2007.

LOPES, J. C.; MATHEUS, M. T.; CORRÊA, N. B.; SILVA, D. P. Germinação de sementes de embiruçu (*Pseudobombax grandiflorum* (cav.) a. Robyns) em diferentes estádios de maturação e substratos. **Floresta**, v.38, n.2, p.331-337, 2008.

LOPES, J. C.; ALEXANDRE, R. S. **Germinação de sementes de espécies florestais**. In: CHICHORRO, J. F.; GARCIA, G. de O.; BAUER, M. de O.; CALDEIRA, M. V. W. (Org.). Tópicos em Ciências Florestais. 1 ed. Visconde do Rio Branco: Suprema. v.1, p.21-56, 2010.

LOPES, J. F.; COELHO, F. C.; RANGEL, O. J. P.; RABELLO, W. S.; GRAVINA, G. de. A.; VIEIRA, H. D. Adubação foliar com níquel e molibdênio no feijoeiro comum cv. Ouro Vermelho. **Revista Ceres**, v.61, n.2, p.234-240, 2014.

LOPES, I. S.; NÓBREGA, A. M. F. da.; MATOS, V. P. Maturação e colheita da semente de *Amburana cearensis* (Allem.) A. C. Smith. **Ciência Florestal**, v.24, n.3, p.565-572, 2014.

LUCENA, M. A.; CAVALCANTI, N. T. F.; FARIAS, A. L.; SANTOS, K. S.; ARRIEL, N. H. C.; ALBUQUERQUE, F. A. Qualidade de sementes de gergelim colhidas de frutos em diferentes estádios de maturação. **Scientia Plena**, v.9, n.6, p.1-7, 2013.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, v.2, n.2, p.176-177, 1962.

MALAVASI, M. M. Germinação de sementes. In: PIÑA-RODRIGUES, F. C. M. (Coord.) **Manual de análise de sementes florestais**. Campinas: Fundação Cargill, p.25-40, 1988.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres Ltda., 2006. 638 p.

MALAVOLTA, E.; MORAES, M. F. Fundamentos do nitrogênio e do enxofre na nutrição mineral das plantas cultivadas. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S.; VITTI, G. C. (Ed.). **Nitrogênio e enxofre na agricultura brasileira**. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2007. p. 189-249.

MAMBRIN, R. B.; RIBEIRO, N. D.; STORCK, L.; DOMINGUES, L. da. S.; BARKERT, K. A. Seleção de linhagens de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) baseada em caracteres morfológicos, fenológicos e de produção. **Revista de Agricultura** v.90, n.2, p.141-155, 2015.

MARCOS-FILHO, J. **Fisiologia de Sementes de Plantas Cultivadas**. 2 ed. ABRATES, 2015a. 659p.

MARCOS-FILHO, J. Seed vigor testing: an overview of the past, present and future perspective. **Scientia Agricola**, v.72, n.4, p.363-374, 2015b.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 3.ed London: Elsevier, 2012. 643p.

MATA, M. F.; SILVA, K. B.; BRUNO, A. R. de. L. FELIX, L. P.; MEDEIROS FILHO, S.; ALVES, E. U. Maturação fisiológica de sementes de ingazeiro (*Inga striata*) Benth. **Semina: Ciências Agrárias**, v.34, n.2, p.549-566, 2013.

MATHEUS, M. T.; LOPES, J. C. Morfologia de frutos, sementes e plântulas e germinação de sementes de *Erythrina variegata* L. **Revista Brasileira de Sementes**, v.29, n.3, p.8-17, 2007.

MAYER, A. M.; POLJAKOFF-MAYBER, A. **The germination of seeds**. Oxford: Pergamon Press, 1989. 270p.

MCCALL, K. A.; HUANG, C.; FIERKE, C. A. Function and mechanism of zinc metalloenzymes. *J Nutr* 2000; 130: 1437-46.

MENGEL, K.; KIRKBY, E. **Principles of plant nutrition**. 5.ed. Dordrecht/Boston/London: Kluwer Academic Publishers, 2001. 849p.

MELO, A. P. C.; SELEGUINI, A.; PEREIRA, J. M.; NETO, A. R.; WISINTAINER, C.; NEVES, R. G.; CAMILO, Y. M. V. Maturação de frutos e tratamento pré-germinativo na produção de mudas de mamão. **Revista de Ciências Agrárias**, v.38, n.3, p.330-337, 2015.

MENDONÇA, A. V. R.; FREITAS, T. A. S. de.; SOUZA, L. S.; FONSECA, M. D. S.; SOUZA, J. S. Morfologia de frutos e sementes e germinação de *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L. P. Queiroz, comb. Nov. **Ciência Florestal**, v.26, n.2, p.375-387, 2016.

MOCELLIN, P. S. R. Princípios da adubação foliar. **Coletânea de dados e revisão bibliográfica**, p.10, 2004.

MUNIZ, M. A.; BARBOSA, J. G.; OLIVEIRA, L. G.; PIMENTA, J. F. N. Massa fresca de estacas e doses de ácido indolacético no enraizamento de tango. **Ornamental Horticulture**, v.21, n.1, p.27-32, 2015.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. In: KRZYZANOSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. p.2.1-2.24.

NAKAO, A. H.; VAZQUEZ, G. H.; OLIVEIRA, C. O. e.; SILVA, J. C. da.; SOUZA, M. F. P. Aplicação foliar de molibdênio em soja: efeitos na produtividade e qualidade fisiológica da semente. **Enciclopédia Biosfera**, v.10, n.18; p.343-352, 2014.

NASCIMENTO, R.; MOSQUIM, P. R. Crescimento e teor de proteínas em sementes de soja sob influência de hormônios vegetais. **Revista Brasileira de Botânica**, v.27, n.3, p.573-579, 2004.

NOBRE, D. A. C.; TROGELLO, E.; MORAIS, D. L. B.; BRANDÃO JUNIOR, D. S. Qualidade da semente do gergelim preto (*Sesamum indicum* L.) em diferentes épocas de colheita. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.15, n.4, p.609-616, 2013.

NOGUEIRA, N. W.; FREITAS, R. M. O. de.; TORRES, S. B.; LEAL, C. C. P. Physiological maturation of cowpea seeds. **Journal of Seed Science**, v.36, n.3, p.312-317, 2014.

OLIVEIRA, I. B. de.; MENDONÇA, G. W. de.; BINOTTI, F. F. da. S.; ASCOLI, A. de. A.; COSTA, E. Fertilizante foliar em feijoeiro de inverno e sua influência na produtividade e qualidade fisiológica das sementes. **Revista de Agricultura Neotropical**, v.2, n.2, p.57-67, 2015.

OLIVEIRA, T. P. de. F. de.; BARROSO, D. G.; LAMÔNICA, K. R.; CARVALHO, G. C. M. W. de. Aplicação de AIB e tipo de miniestacas na produção de mudas de *Handroanthus heptaphyllus* Mattos. **Ciência Florestal**, v.26, n.1, p.313-320, 2016.

PAVANI, K. V.; DIVYA, V.; VEENA, I.; ADITYA, M.; DEVAKINANDAN, G. V. S. Influence of bioengineered zinc nanoparticles and zinc metal on *Cicer arietinum* seedlings growth. **Asian Journal of Agriculture and Biology**, v.02, n.04, p.216-223, 2014.

PEREIRA, F. E. C. B.; TORRES, S. B.; SILVA, M. I. de. L.; GRANGEIRO, L. C.; BENEDITO, C. P. Qualidade fisiológica de sementes de pimenta em função da idade e do tempo de repouso pós-colheita dos frutos. **Revista Ciência Agronômica**, v.45, n.4, p.737-744, 2014.

PEREIRA, L. B.; ARF, O.; SANTOS, N. C. B dos.; OLIVEIRA, A. E. Z de.; KOMURO, L. K. Manejo da adubação na cultura do feijão em sistema de produção orgânico. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.45, n.1, p.29-38, 2015.

PINTO, M. B.; GRABIAS, J.; HOFFMANN, P. M.; VELAZCO, S. J. E.; BLUM, C. T. Caracterização morfológica de frutos, sementes, plântulas e germinação de *Oreopanax fulvum* Marchal. **Agrária**, v.11, n.2, p.111-116, 2016.

PIRES NETO, P. A. F.; PIRES, V. C. M.; MORAES, C. B.; OLIVEIRA, L. M. de.; PORTELLA, A. C.; NAKAGAWA, J. Physiological ripening of *Anadenanthera colubrina* (Vellozo) Brenan seeds. **Journal of Seed Science**, v.38, n.2, p.155-160, 2016.

POLJAKOFF-MAYBER, A., G. G. SOMERS, E. WERKER.; J. L. GALLAGHER. Seeds of *Kosteletzkya virginica* (Malvaceae): their structure, germination and salt tolerance, II. Germination and salt tolerance. **American Journal of Botany**, v.81, p.54–59, 1994.

PONTES FILHO, F. S. T.; ALMEIDA, E. I. B.; BARROSO, M. M. A.; CAJAZEIRA, J. P.; CORRÊA, M. C. de. M. Comprimento de estacas e concentrações de ácido indolbutírico (AIB) na propagação vegetativa de pitaia. **Revista Ciência Agronômica**, v. 45, n. 4, p. 788-793, 2014.

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

PRADO, R. M. **Nutrição de plantas**. São Paulo: UNESP, 2008.

PRICE, C. A.; CLARK, H. E.; FUNKHOUSER, E. A. Functions of micronutrients in plants. In: Mortvedt, J. J.; Giordano, P. M.; Lindsay, W. L. (eds). Micronutrients in agriculture. **Soil Science Society of America**, 1972. p. 231-242.

RAIJ, B. V. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. Piracicaba-SP: International Plant Nutrition Institute, 2011. 420p.

R CORE TEAM R: A language and environment for statistical computing. **R Foundation for Statistical Computing**. Vienna, Austria. Url: <http://www.R-project.org/>, 2013.

RICCI, N.; PACHECO, A. C.; CONDE, A. S.; CUSTÓDIO, C. C. Qualidade de sementes de pimenta jalapenho em função da maturação e tempo de permanência nos frutos. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.43, n.2, p.123-129, 2013.

RIOS, A. de. O.; ABREU, C. M. P. de.; CORRÊA, A. D. Efeito das estocagem e das condições sobre algumas propriedades físicas, químicas e nutricionais de três cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris*, L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v.23, suppl.0, p.39-45, 2003.

RODRIGUES, D. B.; NADAL, M. C.; CAMARGO, S. S.; ASSIS, A. M. de.; SCHUCH, M. W.; PEIL, R. M. N.; FARIA, R. T. Growth regulators and substrates for *Oncidium baueri* Lindl. micropropagation. **Semina: Ciências Agrárias**, v.37, n.5, p.2901-2910, 2016.

RUFINO, A. C. de.; LEMES, E. S.; TAVARES, L. C.; VILLELA, F. A. Desempenho fisiológico de sementes de arroz tratadas com macro e micronutrientes. **Revista de La Facultad de Agronomía**, v.112, n.1, p.11-17, 2013.

SANCHES, A. G.; SILVA, M. B. da.; MOREIRA, E. G. S.; COSTA, J. M.; CORDEIRO, C. A. M. Maturação de graviolas após armazenamento em atmosfera controlada. **Revista de Agricultura Neotropical**, v.3, n.2, p.54-61, 2016.

SANTANA, E. S.; RAMOS, L. da. L.; FEITOZA, H. da. C.; MEDEIROS, J. C.; MIELEZRSKI, F. Rice seeds yield and quality according to fertilization. **Comunicata Scientiae**, v.8, n.1, p.126-133, 2017.

SANTOS, M. M.; GALVÃO, J. C. C.; SILVA, I. R.; MIRANDA, G. V.; FINGER, F. L. Épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura na cultura do milho em plantio direto, e alocação do nitrogênio (<sup>15</sup>N) na planta. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.34, n.4, p.1185-1194, 2010.

SANTOS, H. O. dos.; DUTRA, S. M. F.; PEREIRA, R. W.; PIRES, R. M. de. O.; PINHO, E. V. de. R. V.; ROSA, S. D. V. F. da.; CARVALHO, M. L. M. de. Physiological quality of habanero pepper (*Capisicum chinense*) seeds based on development and drying process. **African Journal of Agricultural Research**, v.11, n.12, p.1102-1109, 2016.

SARROPOULOU, V.; DIMASSI-THERIOU, K.; THERIOS, I. Effects of exogenous L-arginine on in vitro rooting, chlorophyll, carbohydrate, and proline concentrations in the sweet cherry rootstock M × M 14 (*Prunus avium* L. x *Prunus mahaleb* L.). **Plant Biotechnology Reports**, v.7, n.4, p.457-465, 2013.

SBRUSSI, C. A. G.; ZUCARELI, C.; PRANDO, A. M.; SILVA, B. V. de. A. B. da. Maturation stages of fruit development and physiological seed quality in *Physalis peruviana*. **Revista Ciência Agronômica**, v.45, n.3, p.543-549, 2014.

SCOLARO, A. M. T.; ARGENTA, L. C.; AMARANTE, C. V. T. do.; PETRI, J. L.; HAWERROTH, F. J. Controle da maturação pré-colheita de maçãs 'Royal Gala' pela inibição da ação ou síntese do etileno. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.37, n.1, p.38-47, 2015.

SCHULZ, D. G.; ORO, P.; VOLKWEIS, C.; MALAVASI, M. de. M.; MALAVASI, U. C. Maturidade Fisiológica e Morfometria de Sementes de *Inga laurina* (Sw.) Willd. **Floresta e Ambiente**, v.21, n.1, p.45-51, 2014.

SHARMA, R. K.; AGRAWAL, M. "Biological effects of heavy metals: an overview." **Journal of Environmental Biology**, v.26, n.2, p.301-313, 2005.

SILVA, C. C. F.; CALIARI, M.; SOARES, M. S. J. Caracterização química de farelo de arroz in natura e extrusado. SOCIEDADE BRASILEIRA PARA O PROGRESSO DA CIÊNCIA, 2012. Disponível em:. Acesso em: 13 jan. 2017.

SILVA, E. de. B.; SANTOS, S. R.; FONSECA, F. G.; TANURE, L. P. P.; FREITAS, J. P. X. de. Aplicação foliar de molibdênio em feijoeiro irrigado cultivado no norte de Minas Gerais. **Bioscience Journal**, v.28, Supplement 1, p.64-71, 2012.

SILVA, L. L. H. da.; ARRIEL, E. F.; LUCENA, R. J.; PIMENTA, M. A. C.; BEZERRA, R. M. R. Ácido indol acético e ácido indol butírico na clonagem de *Cnidocolus quercifolius* pelo processo de macroestaquia. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.8, n.1, p.90-96, 2013.

SILVA, G. C.; OLIVEIRA, L. M.; LUCHESE, A. M.; SILVA, T. R. S.; NASCIMENTO, M. N. Propagação vegetativa e crescimento inicial de *Lippia origanoides* (alecrim-de-tabuleiro). **Horticultura Brasileira**, v.33, n.2, p.236-240, 2015.

SILVA, M. G. da.; SOUZA, A. F. de.; SILVA, G. H. F. da.; LOPES, A. da. S.; TEODORO, P. E. Irrigation and nitrogen management in protein content and quality of common bean seeds. **Bioscience Journal**, v.33, n.2, p.314-320, 2017.

SILVA, T. F.; MELLONI, R.; MELLONI, E. G. P.; GONÇALVES, E. D. Bactérias diazotróficas não simbióticas e enraizamento de estacas semilenhosas de oliveira (*Olea europaea* l.). **Ciência Florestal**, v.27, n.1, p.61-71, 2017.

SILVA JÚNIOR, E. G. da.; MAIA, J. M.; SILVA, A. F. da.; SANTOS, E. E. de. S.; RECH, E. G.; ALMEIDA, R. A. de. Influência de composto orgânico na germinação e desenvolvimento inicial de melancia. **Revista de Biologia & Farmácia e Manejo Agrícola**, v.11, n.1, p.1-13, 2015.

SOUZA, R. S.; FERNANDES, M. S. **Nutrição mineral de plantas**. 22.ed.Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p. 216-252.

SOUZA, R. R. de.; CAVALCANTE, M. Z. B.; LIMA, M. P. D.; ALIXANDRE, T. F.; NASCIMENTO, R. T. Propagação vegetativa de hibisco com diferentes tipos de estacas e concentrações de ácido indolbutírico. **Comunicata Scientiae**, v.6, n.3, p.291-296, 2015.

SOUZA, A. das. G.; SMIDERLE, O. J.; SPINELLI, V. M.; SOUZA, R. O. de.; BIANCHI, V. J. Correlation of biometrical characteristics of fruit and seed with twinning and vigor of *Prunus persica* rootstocks. **Journal of Seed Science**, v.38, n.4, p.322-328, 2016.

TABATABAEI, S.; EHSANZADEH, P.; ETESAMI, H.; ALIKHANI, H. A.; GLICK, B. R. Indole-3-acetic acid (IAA) producing *Pseudomonas* isolates inhibit seed germination and  $\alpha$ -amylase activity in durum wheat (*Triticum turgidum* L.). **Spanish Journal of Agricultural Research**, v.14, n.1, p.1-10, 2016).

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

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. Plant physiology and development. Sinauer Associates, Incorporated. 2015.

TAVARES, L. C.; FONSECA, D. A. R.; BRUNES, A. P.; RUFINO, C. de. A.; MENEGUELLO, G. E.; BARROS, A. C. S. A. Performance of rice seeds treated with zinc, boron, and molybdenum. **Journal of Seed Science**, v.35, n.4, p.532-539, 2013.

TEALE, W. D.; PAPONOV, I. A.; PALME, K. Auxin in action: signalling, transport and the control of plant growth and development. *Nat Rev Mol Cell Biol* 7:847–859. 2006.

TEZOTTO, T.; SOUZA, S. A. R.; MIHAIL, J.; FAVARIN, J. L.; MAZZAFERA, P.; BILYEY, K.; POLACCO, J. C. Deletion of the single *UreG* urease activation gene in

soybean NIL lines: characterization and pleiotropic effects. **Theoretical and Experimental Plant Physiology**, v. 1: 1- 16, 2016.

TOLEDO, M. Z.; FONSECA, N. R.; CÉSAR, M. L.; SORATTO, R. P.; CAVARIANI, C.; CRUSCIOL, C. A. C. Qualidade fisiológica e armazenamento de sementes de feijão em função da aplicação tardia de nitrogênio em cobertura. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.39, n.2, p.124-133, 2009.

TEODORO, P. E.; RIBEIRO, L. P.; OLIVEIRA, E. P. de.; CORRÊA, C. C. G.; TORRES. Acúmulo de massa seca na soja em resposta a aplicação foliar com silício sob condições de déficit hídrico. **Bioscience Journal**, v.31, n.1, p.161-170, 2015.

TRINDADE, D. C. G. da.; LIMA, M. A. C. de.; ASSIS, J. S. de. Ação do 1-metilciclopropeno na conservação pós-colheita de manga 'Palmer' em diferentes estádios de maturação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.50, n.9, p.753-762, 2015.

VANZOLINI, S.; ARAKI, C. A. S.; SILVA, A. C. T. M.; NAKAGAWA, J. Teste de comprimento de plântula na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v.29, n.2, p.90-96, 2007.

VANZOLINI, S.; NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho de plântulas. **Informativo ABRATES**, Curitiba, v.17, n.1-3, p.76-83, 2007.

VIEIRA, R. D.; CARVALHO, N. M. **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: Funep, 164p. 1994.

VIEIRA, C.; PAULA JUNIOR, T. J.; BORÉM, A. **Feijão**. Viçosa: UFV, 2006. 600p.

VIEIRA, R. L.; SILVA, A. L. da.; ZAFFARI, G. R.; FELTRIM, A. L. Morfogênese de plantas de alho *in vitro*: papel dos reguladores de crescimento na indução e desenvolvimento de bulbos. **Ciência Rural**, v.44, n.3, p.439-445, 2014.

YANG, S. F.; HOFFMAN, N. E. Ethylene biosynthesis and its regulation in higher plants. **Annual Review of Plant Physiology**, v.35, p.155-189, 1984.

