



**AMANDA CARVALHO PENIDO**

**TRATAMENTO QUÍMICO, ARMAZENAMENTO E  
CONDICIONAMENTO FISIOLÓGICO DE SEMENTES DE  
CAFÉ (*Coffea arabica* L.)**

**LAVRAS-MG  
2019**

**AMANDA CARVALHO PENIDO**

**TRATAMENTO QUÍMICO, ARMAZENAMENTO E CONDICIONAMENTO  
FISIOLÓGICO DE SEMENTES DE CAFÉ (*Coffea arabica* L.)**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Mestre.

Prof. Dr. João Almir Oliveira  
Orientador

Dr. João Roberto de Mello Rodrigues  
Coorientador

**LAVRAS - MG  
2019**

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

Penido, Amanda Carvalho.

Tratamento químico, armazenamento e condicionamento fisiológico de sementes de café (*Coffea arabica* L.) / Amanda Carvalho Penido. - 2019.

101 p. : il.

Orientador(a): João Almir Oliveira.

Coorientador(a): João Roberto de Mello Rodrigues.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de Lavras, 2019.

Bibliografia.

1. *Coffea arabica*. 2. Conservação de sementes. 3. Qualidade de sementes. I. Oliveira, João Almir. II. Rodrigues, João Roberto de Mello. III. Título.

**AMANDA CARVALHO PENIDO**

**TRATAMENTO QUÍMICO, ARMAZENAMENTO E CONDICIONAMENTO  
FISIOLÓGICO DE SEMENTES DE CAFÉ (*Coffea arabica* L.)**

**CHEMICAL TREATMENT, STORAGE AND PHYSIOLOGICAL CONDITIONING  
OF COFFEE SEEDS (*Coffea arabica* L.)**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 21 de agosto de 2019.

Dra. Sttela Dellyzete Veiga Franco da Rosa EMBRAPA

Dra. Patrícia de Oliveira Alvim Veiga      IFSULDEMINAS

Prof. Dr. João Almir Oliveira  
Orientador

Dr. João Roberto de Mello Rodrigues  
Coorientador

**LAVRAS – MG  
2019**

*A Deus.*

*À minha mãe, Maria  
José, por ser minha maior  
inspiração para eu buscar  
todos os meus sonhos.*

*Dedico*

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por ser minha força e proteção, e por estar sempre à frente me guiando na busca por meus sonhos e realizações.

À Universidade Federal de Lavras e ao Departamento de Agricultura, pela oportunidade e apoio durante a realização do trabalho.

Ao programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia.

Ao meu orientador, prof. Dr. João Almir, um exemplo de profissional e de ser humano. Obrigada pelos ensinamentos profissionais e pessoais compartilhados, pela amizade, conselhos, por estar sempre presente e disposto a ajudar. Sou imensamente grata a você, por tudo.

À Dra. Sttela Dellyzete Veiga Franco da Rosa, por todo o auxílio e colaboração na execução deste trabalho, por todos ensinamentos profissionais compartilhados, e por todo o carinho e atenção depositados a mim, sempre que precisei.

Aos demais professores e pesquisadores do Setor de Sementes, Dr. Renato Mendes Guimarães, Dr. Antônio Rodrigues Vieira (*In Memoriam*), Dra. Maria Laene Moreira de Carvalho, Dra. Heloisa Oliveira dos Santos e Dra. Édila Vilela de Resende Von Pinho, pela boa vontade em ensinar e pela colaboração diária.

Aos bolsistas de iniciação científica, em especial ao Venícius e Levi, pela presença constante, e por serem meu braço direito na realização do trabalho.

Aos colegas e funcionários do Setor de Sementes, pela amizade.

Ao Núcleo de Estudos em Sementes – NESem, por acrescentar em minha formação acadêmica e pessoal.

À minha mãe, Maria José, por todo o amor, carinho, amizade e, principalmente, por ser meu exemplo de fé, esperança, força e garra para enfrentar os desafios.

À minha irmã Carolina, por todos os momentos compartilhados, pela amizade, carinho e companheirismo.

Aos meus avós, Gilda, Sebastião, Silvia e Amaury, por todo o amor, carinho e afeto. Em especial ao meu avô Amaury, por ser a base de apoio aos meus estudos. Sem seu auxílio, nada seria possível.

Ao meu noivo Pedro, pelo companheirismo, paciência e incentivo em todos os momentos. Obrigada pelo apoio, carinho e, principalmente, por seu amor. Amo você!

À minha querida amiga Laís, pela presença constante, pela amizade, convivência diária e conhecimentos trocados. A caminhada foi mais leve com você sempre por perto.

Aos amigos sementeiros Édila Rezende, Diego, Vinicinho e Vitor, pela amizade e auxílio na execução do trabalho.

As minhas queridas “amicis” Angélica, Vivi, Carol, Bruna, Dih e Ju, por todo o apoio, pela amizade, carinho e orações. Vocês foram essenciais durante essa caminhada.

Agradeço a todos que, direta ou indiretamente contribuíram para a realização desta dissertação.

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

**MUITO OBRIGADA!**

## RESUMO GERAL

A baixa longevidade das sementes de café é um fator limitante para a produção de mudas em épocas favoráveis. A baixa conservação dessas sementes está relacionada com a sensibilidade à dessecação, ou seja, toleram a perda parcial de água durante a secagem e não toleram armazenamento por períodos prolongados. Os cuidados durante a secagem e o teor de água das sementes de café são fatores primordiais na manutenção da qualidade das sementes, pois estes podem influenciar na conservação adequada do potencial fisiológico durante o armazenamento. Outro fator importante para a manutenção da qualidade dessas sementes está relacionado à qualidade sanitária. A inexistência de produtos químicos para tratamento das sementes de café, registrados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, dificulta sua utilização pelos viveiristas, pois estes produtos reduzem a incidência de patógenos durante o armazenamento, bem como durante a produção de mudas. Além disso, para garantir o potencial germinativo das sementes de café, pesquisas têm sido feitas visando aumentar o índice de velocidade de germinação, bem como o percentual de germinação dessas sementes, utilizando a técnica de condicionamento fisiológico. Este trabalho foi realizado com o objetivo de ampliar os conhecimentos sobre as alterações fisiológicas, bioquímicas e sanitárias nas sementes de café. Neste contexto, três estudos foram realizados. No primeiro trabalho, foi avaliado o efeito do teor de água na longevidade de sementes de café. No segundo estudo, foi avaliado o efeito do tratamento químico na qualidade fisiológica e sanitária das sementes armazenadas. E, no terceiro estudo, avaliou-se a influência do condicionamento fisiológico (*priming*) na qualidade fisiológica e no vigor de sementes de café armazenadas com diferentes teores de água. Para sementes de café arábica, independentemente da cultivar, o armazenamento de sementes úmidas proporciona melhor manutenção da qualidade fisiológica por até nove meses e, além disso, há redução do vigor das plântulas ao longo do período de armazenamento, independentemente do teor de água das sementes. A utilização do tratamento químico com o produto Vitavax® Thiram não afeta a qualidade fisiológica das sementes de café armazenadas. Há redução na incidência dos patógenos *Fusarium* spp. e *Phoma* spp. em sementes de café tratadas e armazenadas. As sementes úmidas submetidas à técnica de condicionamento fisiológico mantêm a qualidade fisiológica após nove meses de armazenamento. O condicionamento fisiológico melhora o vigor de sementes, principalmente de lotes de média qualidade. Nas sementes secas, a utilização da técnica de condicionamento fisiológico é prejudicial após o período de nove meses de armazenamento.

**Palavras-chave:** Qualidade de sementes. Condicionamento fisiológico. Tratamento químico. Teor de água. *Coffea arabica*.



## GENERAL ABSTRACT

The low longevity of the seeds of *Coffea* spp. is a limiting factor for seedling production in favorable times. The low conservation of these seeds is related to desiccation sensitivity, that is, they tolerate partial loss of water throughout drying and do not tolerate storage for prolonged periods. Care during drying and the water content of coffee seeds are primordial factors in the maintenance of seed quality, as these may influence the proper conservation of the physiological potential during storage. Another important factor for maintaining the quality of coffee seeds is related to sanitary quality. The lack of chemical products for seed treatment registered in the Ministry of Agriculture, Livestock and Supply for coffee cultivation makes it difficult for them to be used in the nursery because these products reduce the incidence of pathogens during storage, as well as during the production of seedlings. In addition, in order to guarantee the germination potential of *Coffea* spp. seeds, research has been done aiming to increase the rate of germination as well as the percentage of germination of these seeds using the physiological conditioning technique. However, this work was carried out with the objective of increasing knowledge about physiological, biochemical, and sanitary changes in *Coffea arabica* seeds. In this context, three studies were performed. In the first work, the effect of the water content on the longevity of coffee seeds was evaluated. In the second study, the effect of the chemical treatment on the physiological and sanitary quality of the stored seeds was evaluated. And, in a third study, the influence of physiological conditioning (priming) on the physiological quality and vigor of stored coffee seeds with different water contents was evaluated. For seeds of *C. arabica*, regardless of the cultivar, the storage of moist seeds provides better maintenance of the physiological quality for up to nine months and there is also a reduction in the vigor of the seedlings throughout the storage period, independently of the water content of the seeds. The use of the chemical treatment with the product Vitavax® Thiram does not affect the physiological quality of the stored *Coffea arabica* seeds. There is a reduction in the incidence of *Fusarium* spp. and *Phoma* spp. in treated and stored coffee seeds. The wet seeds submitted to the physiological conditioning technique maintain the physiological quality after nine months of storage. Physiological conditioning improves seed vigor, especially on medium quality lots. In dry seeds, the use of the physiological conditioning technique is prejudicial during the nine-month period.

**Keywords:** Seed quality. Physiological conditioning. Chemical treatment. Water content. *Coffea arabica*.

## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO 2

- Figura 1 - Germinação (%) de sementes secas (A) e úmidas (B) das cultivares de *Coffea arabica* ao longo do armazenamento.....39
- Figura 2 - Protrusão radicular (%) de sementes secas (A) e úmidas (B) das cultivares de *Coffea arabica* ao longo do armazenamento..... 41
- Figura 3 - Percentual de plântulas com folhas cotiledonares expandidas (%) após 45 dias da semeadura de sementes secas (A) e úmidas (B) de cinco cultivares de *Coffea arabica* ao longo do armazenamento.....43
- Figura 4 - Peso de matéria seca de raízes de plântulas (g) após 45 dias da germinação de sementes secas (A) e úmidas (B) de cinco cultivares de *Coffea arabica* ao longo do armazenamento .....45
- Figura 5 - Peso de matéria seca de parte aérea de plântulas (g) após 45 dias da germinação de sementes secas (A) e úmidas (B) das cultivares de *Coffea arabica* ao longo do armazenamento. ....45
- Figura 6 - Atividade da enzimas catalase (CAT - A) e superóxido dismutase (SOD - B) ao longo do período de armazenamento de sementes de *Coffea arabica*.....46

### CAPÍTULO 3

- Figura 1 - Protrusão radicular (%) de sementes das cultivares de *C. arabica* ao longo do armazenamento..... 58
- Figura 2 - Protrusão radicular (%) de sementes de *Coffea arabica* submetidas ao tratamento químico e sem tratamento durante o período de armazenamento.....59
- Figura 3 - Germinação (%) de sementes das diferentes cultivares de café, ao longo do período de armazenamento .....61
- Figura 4 - Germinação (%) de sementes de *Coffea arabica* submetidas ou não ao tratamento químico, ao longo do armazenamento.....62

Figura 5 -	Folhas cotiledonares expandidas (%) aos 45 dias após a semeadura de sementes das cultivares de <i>Coffea arabica</i> submetidas ao tratamento químico (B) e sem tratamento (A), durante o armazenamento.....	64
Figura 6 -	Matéria seca de raíz (g) de plântulas aos 45 dias após a semeadura de sementes das cultivares de café submetidas ao tratamento químico (B) e sem tratamento (A), durante o armazenamento; Matéria seca de parte aérea (g) de cultivares de café submetidas ao tratamento químico (D) e sem tratamento (C) durante o armazenamento.....	66
Figura 7 -	Incidência (%) do patógenos <i>Aspergillus</i> spp. (1), <i>F.usarium</i> spp.(2), <i>Penicillium</i> spp.(3) e <i>Phoma</i> spp (4). em sementes de cinco cultivares de café sem tratamento químico (A) e tratadas (B) ao longo do armazenamento.....	69

#### **CAPÍTULO 4**

Figura 1 -	Porcentagem de germinação (A) e de plântulas normais aos 15 dias (B) oriundas de sementes de <i>Coffea arabica</i> cv. Catuaí Vermelho em diferentes umidades e submetidas ao condicionamento fisiológico.....	81
Figura 2 -	Porcentagem de plântulas normais fortes (A) e de folhas cotiledonares expandidas (B) oriundas de sementes de <i>Coffea arabica</i> cv. Catuaí Vermelho em diferentes umidades e submetidas ao condicionamento fisiológico.....	86
Figura 3 -	Massa seca de raíz (A) e de parte aérea (B) de plântulas, oriundas de sementes de <i>Coffea arabica</i> cv. Catuaí Vermelho em diferentes umidades e submetidas ao condicionamento fisiológico.....	88
Figura 4 -	Porcentagem de protrusão radicular (A) e porcentagem de germinação (B) de sementes de <i>Coffea arabica</i> cv. Topázio MG 1190 submetidas ao condicionamento fisiológico ao longo do armazenamento.....	91
Figura 5 -	Porcentagens de plântulas normais aos 15 dias (A), plântulas normais fortes aos 30 dias (B) e plântulas com folhas cotiledonares expandidas aos 45 dias (C) após a semeadura de sementes de <i>Coffea arabica</i> cv. Topázio MG 1190 em diferentes umidades e submetidas ao condicionamento fisiológico.....	94

Figura 6 - Massa seca de raiz (A) e de parte aérea (B) de plântulas oriundas de sementes de *Coffea arabica* cv. Topázio MG 1190 em diferentes umidades e submetidas ao condicionamento fisiológico.....96

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO 2

- Tabela 1 - Valores médios de teor de água (bu) das sementes das diferentes cultivares de *Coffea arabica* obtidas após cada período de armazenamento.....36
- Tabela 2 - Caracterização do perfil das diferentes cultivares de *Coffea arabica* pelo teste de germinação.....37
- Tabela 3 - Porcentagem de germinação de sementes das diferentes cultivares de *Coffea arabica* com diferentes teores de água e submetidas ao armazenamento.....38
- Tabela 4 - Porcentagem de protrusão radicular de sementes das cultivares de *Coffea arabica* com diferentes teores de água e submetidas ao armazenamento.....40
- Tabela 5 - Percentual de plântulas com folhas cotiledonares expandidas aos 45 dias após semeadura (%), de sementes das cultivares de *Coffea arabica* com diferentes teores de água e submetidas ao armazenamento.....42
- Tabela 6 - Peso de matéria seca de raíz (MSR) e matéria seca de parte aérea (MSPA) de plântulas oriundas de sementes das cultivares de *Coffea arabica* com diferentes teores de água e submetidas ao armazenamento.....44

### CAPÍTULO 3

- Tabela 1 - Teor de água (%) de sementes de cinco cultivares de *Coffea arabica* recém colhidas.....55
- Tabela 2 - Protrusão radicular de sementes (%) das cultivares de *C. arabica* ao longo do armazenamento.....58
- Tabela 3 - Protrusão radicular de sementes (%) de *Coffea arabica* submetidas ao tratamento químico ao longo do armazenamento ..... 59
- Tabela 4 - Germinação de sementes (%) de diferentes cultivares de *Coffea arabica* durante o período de armazenamento .....60
- Tabela 5 - Germinação (%) de sementes de *Coffea arabica* submetidas ao tratamento químico, durante o período de armazenamento.....61
- Tabela 6 - Porcentagem de folhas cotiledonares expandidas aos 45 dias após a semeadura de sementes de cultivares de *Coffea arabica* .....63

Tabela 7 -	Matéria seca (g) de raiz (R) e parte aérea (PA) de plântulas com 45 dias, oriundas de sementes das cultivares de <i>Coffea arabica</i> .....	65
Tabela 8 -	Incidência de patógenos (%) em sementes das cultivares de <i>Coffea arabica</i> submetidas ao tratamento químico e sem tratamento, ao longo do armazenamento.....	68

#### **CAPÍTULO 4**

Tabela 1 -	Porcentagens de Germinação (G) e de plântulas normais aos 15 dias (N15) oriundas de sementes de <i>Coffea arabica</i> cv. Catuaí Vermelho com diferentes umidades e submetidas ao condicionamento fisiológico ao longo do armazenamento.....	81
Tabela 2 -	Porcentagem de plântulas normais fortes (NF) aos 30 dias após a semeadura e de folhas cotiledonares expandidas (FC) aos 45 dias após a semeadura de sementes de <i>Coffea arabica</i> cv. Catuaí Vermelho com diferentes umidades e submetidas ao condicionamento fisiológico ao longo do armazenamento.....	84
Tabela 3 -	Massa seca de raíz (MSR) e de parte aérea (MSPA) de plântulas, em gramas, aos 45 dias após a semeadura de sementes de <i>Coffea arabica</i> cv. Catuaí Vermelho com diferentes umidades e submetidas ao condicionamento fisiológico ao longo do armazenamento.....	87
Tabela 4 -	Porcentagem de protrusão radicular (PR) e germinação (G) de sementes de <i>Coffea arabica</i> cv. Topázio MG 1190 em diferentes umidades e submetidas ao condicionamento fisiológico.....	89
Tabela 5 -	Porcentagem de protrusão radicular (PR) e germinação (G) de sementes de <i>Coffea arabica</i> cv. Topázio MG 1190 submetidas ao condicionamento fisiológico ao longo do armazenamento.....	89
Tabela 6 -	Porcentagem de plântulas normais aos 15 dias (N15), plântulas normais fortes aos 30 dias (NF) e folhas cotiledonares expandidas aos 45 dias (FC) após a semeadura de sementes de <i>Coffea arabica</i> cv. Topázio MG 1190 com diferentes umidades e submetidas ao condicionamento fisiológico (C.F.) ao longo do armazenamento.....	92

Tabela 7 -	Massa seca de raiz de plântulas aos 45 dias após a semeadura de sementes de <i>Coffea arabica</i> cv. Topázio MG 1190 com diferentes umidades e submetidas ao condicionamento fisiológico ao longo do armazenamento.....	95
------------	--	----

## SUMÁRIO

	<b>CAPÍTULO 1 INTRODUÇÃO GERAL.....</b>	<b>16</b>
<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>16</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>18</b>
<b>2.1</b>	<b>Importância da cultura do café.....</b>	<b>18</b>
<b>2.2</b>	<b>Qualidade e armazenamento de sementes.....</b>	<b>18</b>
<b>2.3</b>	<b>Tratamento de sementes .....</b>	<b>21</b>
<b>2.4</b>	<b>Condicionamento fisiológico.....</b>	<b>22</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>25</b>
	<b>CAPÍTULO 2 - ARMAZENABILIDADE DE SEMENTES DE CAFÉ COM DIFERENTES TEORES DE ÁGUA.....</b>	<b>29</b>
<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>31</b>
<b>2</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>33</b>
<b>3</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>36</b>
<b>4</b>	<b>CONCLUSÕES .....</b>	<b>48</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>49</b>
	<b>CAPÍTULO 3 - TRATAMENTO QUÍMICO E QUALIDADE FISIOLÓGICA E SANITÁRIA DE SEMENTES DE <i>Coffea arabica</i> .....</b>	<b>51</b>
<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>53</b>
<b>2</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>55</b>
<b>3</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>58</b>
<b>4</b>	<b>CONCLUSÕES .....</b>	<b>71</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>72</b>
	<b>CAPÍTULO 4 - INFLUÊNCIA DO CONDICIONAMENTO FISIOLÓGICO EM SEMENTES DE CAFÉ ARMAZENADAS.....</b>	<b>74</b>
<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>76</b>
<b>2</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>78</b>
<b>3</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>81</b>
<b>4</b>	<b>CONCLUSÕES .....</b>	<b>98</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>99</b>



## CAPÍTULO 1 INTRODUÇÃO GERAL

### 1 INTRODUÇÃO

O café é um dos produtos mais importantes no mercado internacional, sendo o Brasil um país de destaque nas vendas externas dessa *commodity* no segmento do agronegócio. Em 2018, o Brasil produziu, aproximadamente, 61 milhões de sacas e a estimativa de produção para a safra de 2019 é de 51 milhões de sacas (CONAB, 2019), sendo Minas Gerais o maior estado produtor. Entre as diversas espécies de café já conhecidas, apenas duas são cultivadas e possuem grande interesse de mercado, sendo essas, *Coffea arabica* L. e *Coffea canephora* Pierre.

A importância do café está atrelada não somente ao aspecto econômico, mas também ao social e cultural. A cadeia produtiva do café é responsável pela geração de milhões de empregos no país, contribuindo como fonte de renda para a população e, além disso, o baixo custo do produto confere maior acessibilidade à maioria da população (MAPA, 2017).

Existe uma demanda crescente de café no mundo, atribuída a sua maior expansão de consumo, maior competitividade e lucratividade nos diferentes setores de produção. O aumento da produção e da exportação mundial, principalmente dos países Vietnã e Brasil, têm acrescido expressivamente as produtividades pelo uso contínuo e mais intenso de insumos e tecnologia (FERRÃO et al., 2017). Dessa forma, o mercado do café vem se consolidando de forma global, atraído pelas formas e tipos de bebidas demandadas, principalmente pelos mercados emergentes (PIRES, 2015).

Desse modo, devido à grande importância da cultura no país, a demanda de produção de mudas dessa espécie se torna cada vez mais requerida e, conseqüentemente, o uso de sementes de qualidade se faz necessário. A utilização de sementes de café com alto potencial germinativo é considerada um dos principais fatores para a obtenção de mudas mais vigorosas em campo, resultando em maior produtividade da lavoura (ARAÚJO et al., 2008).

A baixa longevidade das sementes de *Coffea* spp. é um fator limitante para a produção de mudas em épocas favoráveis. A baixa conservação dessas sementes está relacionada com a sensibilidade à dessecação, sendo classificadas como intermediárias, ou seja, toleram a perda parcial de água durante a secagem, e não toleram armazenamento por períodos prolongados (ELLIS; HONG; ROBERTS, 1990). Os cuidados durante a secagem e o teor de água das

sementes de café são fatores primordiais na manutenção da qualidade das sementes, pois estes podem influenciar na conservação adequada do potencial fisiológico durante o armazenamento.

Além disso, sementes de café apresentam germinação lenta, desuniforme e, podem ainda, dependendo do sistema de produção e processamento pós-colheita, sofrer alterações físicas, fisiológicas, sanitárias, bioquímicas e moleculares, com reflexos diretos na qualidade das sementes.

Para garantir o potencial germinativo das sementes de *Coffea* spp., pesquisas têm sido feitas visando aumentar o índice de velocidade de germinação, bem como o percentual de germinação das sementes de café (CAMARGO, 1998; LIMA, 1999; LIMA et al., 2004; BRAZ; ROSSETTO, 2008; CARVALHO; GUIMARÃES; SILVA, 2012) utilizando tratamentos pré-germinativos comumente conhecidos como condicionamento fisiológico ou *priming* de sementes. Entretanto, fatores como potencial hídrico, tempo de condicionamento, temperatura, vigor das sementes, espécie e condições de armazenamento afetam a eficácia dessa técnica (EHAB, 2016). Em sementes de café, a busca pelo desenvolvimento dessa tecnologia é particularmente importante, pois a germinação lenta, e a rápida deterioração do potencial fisiológico das sementes, são consideradas problemas críticos para a espécie.

Outro fator importante para a manutenção da qualidade das sementes de café está relacionado a qualidade sanitária. A proliferação de fungos de solo e de armazenamento são importantes causadores de perda da qualidade das sementes ao longo do armazenamento. Entretanto, ainda não existem produtos registrados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) para tratamento de sementes de café. Viveiristas têm utilizado alguns produtos não registrados para a cultura como forma de diminuir a incidência de patógenos durante o armazenamento, bem como durante a produção de mudas. No entanto, são escassos os estudos que comprovem a eficácia da utilização de produtos químicos como tratamento de sementes de café sem, contudo, causar algum efeito fitotóxico para as sementes.

Considerando-se a exigência de viabilizar a conservação das sementes de café, fator este considerado primordial para garantir a competitividade do café no cenário internacional, este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar a qualidade fisiológica e sanitária de sementes de café da espécie *Coffea arabica* L., utilizando diferentes cultivares e correlacionando-as com teores de água, tratamento químico e condicionamento fisiológico, visando a manutenção da qualidade das sementes armazenadas.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 Importância da cultura do café**

O café pertence à família Rubiaceae e ao gênero *Coffea*. Dentre as várias espécies conhecidas, duas se destacam com valor de mercado, *Coffea arabica* L. e a *Coffea canephora* Pierre. As demais espécies do gênero não possuem valor comercial, no entanto, são utilizadas em programas de melhoramento genético (VAN DER VOSSSEN; BERTRAND; CHARRIER, 2015). Essa *commodity* é exportada para diversos países, sendo o Brasil considerado o maior produtor e exportador de café do mundo. A estimativa de produção para a safra de 2019 é de aproximadamente 51 milhões de sacas de 60 quilos (CONAB, 2019).

O café é uma das culturas mais tradicionais da agricultura brasileira (FAGAN et al., 2011) e de indiscutível importância socioeconômica para o país, devido às divisas geradas com a exportação e a mão de obra empregada nas diferentes etapas de produção (ARAUJO et al., 2008). No estado de Minas Gerais concentra-se a maior área de cultivo da espécie arábica, com 1,22 milhões de hectares, correspondendo a 69,6% da área ocupada com café arábica, em âmbito nacional (CONAB, 2019).

Desta forma, há uma demanda de produção de mudas dessa espécie em ampla escala e a utilização de sementes de qualidade com alto potencial germinativo tem sido considerado como um dos principais fatores de obtenção de mudas mais vigorosas em campo, resultando em maior produtividade da lavoura (ARAUJO et al., 2008).

Nos últimos anos, as instituições de pesquisa, visando garantir alta produtividade, têm buscado o aprimoramento de técnicas de cultivo e processamento pós-colheita, introdução de cultivares resistentes, dentre outros fatores (COELHO, 2014). Apesar das intensas pesquisas realizadas com sementes de café nos últimos anos, a definição das melhores metodologias de armazenamento das sementes dessa espécie ainda não foi totalmente elucidada.

### **2.2 Qualidade e armazenamento de sementes**

A qualidade de sementes envolve a interação de características que determinam o potencial de um lote após a semeadura ou durante o armazenamento, por meio de quatro atributos, que são: genético, físico, sanitário e fisiológico. A qualidade genética diz respeito às

características intrínsecas da cultivar, como resistência ou tolerância a doenças e pragas, potencial produtivo, arquitetura da planta, dentre outras características particulares da cultivar; a física, refere-se a ausência de material inerte e sementes de outras espécies e/ou cultivares, teor de água, uniformidade quanto ao tamanho e integridade física; a qualidade fisiológica está relacionada à longevidade, germinação e vigor e; a qualidade sanitária refere-se à ausência de pragas e doenças nas sementes. Estes atributos podem ser afetados durante todo o processo produtivo da semente, desde o campo até o armazenamento (MARCOS FILHO, 2015).

Uma das maiores dificuldades dos produtores de mudas de café é que as sementes são colhidas e precisam ser semeadas em curto prazo, visto que perdem a viabilidade rapidamente. No entanto, as sementes são colhidas a partir de junho, onde as temperaturas são baixas, o que dificulta o desenvolvimento das mudas. Segundo Guimarães e Mendes (1998) a emergência em condições de campo, ocorre entre 50 e 60 dias após a semeadura, porém, em condições de temperaturas abaixo de 25 °C pode estender o desenvolvimento em 90 a 120 dias. Este fato é importante para a maioria das regiões produtoras de *Coffea arabica* L., pois as sementes de café colhidas em maio/junho estarão disponíveis ao viveirista no início da estação fria (ROSA et al., 2007). Desta forma, torna-se interessante armazenar as sementes até que temperaturas mais próximas do ideal sejam obtidas, para que ocorra a germinação mais rápida após a semeadura.

No entanto, a secagem e o armazenamento são, possivelmente, os fatores mais importantes na obtenção de sementes de café de qualidade e, conseqüentemente, na obtenção de mudas vigorosas. Isso se deve às limitações apresentadas pelas sementes de café com relação à conservação, com perdas significativas de germinação e de vigor após o armazenamento em curto prazo.

As sementes de *Coffea arabica* foram classificadas primeiramente como recalcitrantes (KING; ROBERTS, 1979), posteriormente como ortodoxas (ROBERTS; KING; ELLIS, 1984) e, por último, foram consideradas sementes intermediárias (ELLIS; HONG; ROBERTS, 1990; HONG ELLIS, 1992), pois podem ser armazenadas por curtos períodos e toleram uma considerável redução do teor de água quando comparadas às sementes recalcitrantes, porém, não toleram uma perda de água excessiva e têm seu vigor reduzido quando armazenadas em baixas temperaturas.

A velocidade do processo deteriorativo durante o período de armazenamento pode ser reduzida em função de fatores como longevidade das sementes, qualidade inicial, estágio de maturação, grau de umidade, condições físicas da semente, condições do ambiente de armazenamento, tratamento fitossanitário e tipo de embalagem (SALES et al., 2011). Porém, atualmente, o maior desafio enfrentado para a conservação das espécies sensíveis à dessecação é a elaboração de estratégias que possibilitem aumentar o tempo de armazenamento sem que ocorra a perda significativa de viabilidade dessas sementes (DUSSERT et al., 2006).

O poder germinativo das sementes de café é conservado por períodos curtos de armazenamento. No entanto, diversas pesquisas foram realizadas a fim de aumentar o período de conservação dessas sementes. Brandão et al. (2002), ao estudarem a tolerância à dessecação em sementes de café, concluíram que sementes secas a 15% de umidade, embaladas hermeticamente, mantêm a qualidade fisiológica por 9 meses de armazenamento, e que sementes não secas, com 50% de umidade nas mesmas condições, apresentam uma queda linear na qualidade ao longo do armazenamento em câmara fria a 10 °C. No trabalho de Araujo et al. (2008) foi possível observar que sementes com 31,5% de umidade também podem ser armazenadas por 9 meses quando acondicionadas em embalagens permeáveis, e que sementes com umidade próximo a 48,5% conservam-se bem até 6 meses de armazenamento, quando acondicionadas em embalagem permeável e temperatura de 15 °C.

Já Vieira et al. (2007), ao estudarem o armazenamento de sementes de café em diferentes ambientes e método de secagem, verificaram que nas condições de câmara fria é possível armazenar por nove meses sementes sem secagem, com teor de água próximo de 47%, ou secadas lentamente até atingirem 12% de umidade. Além disso, os autores afirmam que, independentemente do tipo de secagem, o vigor das sementes é afetado no armazenamento em condições de armazém convencional. Abreu et al. (2014) observaram que sementes secadas lentamente à sombra até 20% de umidade, propiciam a conservação da qualidade por até 12 meses com o armazenamento em câmara fria a 10°C.

Sendo assim, a conservação das sementes de café tem sido objetivo de muitos estudos, mas os resultados obtidos até então, têm sido contraditórios, dificultando uma indicação geral sobre as condições mais favoráveis que permitam a manutenção da qualidade fisiológica por um período prolongado (COELHO, 2014). Portanto, tecnologias que visem manter a qualidade das sementes durante o armazenamento até o momento da sementeira, em épocas

propícias, são de extrema importância para a obtenção de mudas de qualidade, permitindo ao produtor a oportunidade de programar a instalação de sua lavoura na melhor época para sua região, conseqüentemente, com formação de lavouras mais precoces e produtivas (VIEIRA et al., 2007). Além disso, permitir a conservação das sementes por mais de um ano, também é desejável para preservar estoques genéticos visando o melhoramento genético da cultura.

### 2.3 Tratamento de sementes

O tratamento de sementes tem por objetivo assegurar a qualidade sanitária, por meio da aplicação de produtos químicos ou biológicos que sejam eficientes para controlar fitopatógenos, principalmente fungos associados às sementes ou aqueles presentes no solo, além de atuar contra o ataque inicial de pragas específicas do solo.

Os fungos de campo, representados principalmente pelos gêneros *Fusarium*, *Colletotrichum*, *Alternaria* etc., ocorrem em maior frequência quando as sementes ficam expostas no campo após atingir a maturidade. Já os conhecidos ‘fungos de armazenamento’ dos gêneros *Aspergillus* e *Penicillium*, por exemplo, geralmente ocorrem nas sementes após a colheita, tendo maior desenvolvimento em sementes com teor de água superior a 14% (MARCOS FILHO, 2015). Portanto, quanto maior for o teor de água das sementes durante o armazenamento, mais propícias elas se tornam ao ataque de fungos de armazenamento e, neste caso, o tratamento químico, visando a proteção das sementes pode se tornar uma alternativa viável.

A preservação da qualidade das sementes durante o armazenamento é um aspecto fundamental a ser considerado no processo produtivo, pois os cuidados na fase de produção podem ser anulados se a qualidade das sementes não for mantida, no mínimo até a época de semeadura (OLIVEIRA et al., 1999). Dentre as medidas preventivas, a aplicação de fungicidas e inseticidas visando a proteção de sementes durante o armazenamento torna-se cada dia mais importante na produção agrícola, e tem sido muito utilizada desde então. Entretanto, pesquisas têm evidenciado que alguns produtos podem ocasionar redução na germinação das sementes e na sobrevivência das plântulas, devido ao efeito fitotóxico (ABATI et al., 2014).

Na cultura do café, não existem produtos registrados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) para o tratamento de sementes dessa espécie. No entanto,

alguns estudos sobre produtos químicos registrados para outras culturas já foram realizados, como o trabalho de Mendonça et al. (2000) que ao utilizarem o produto Monceren<sup>®</sup> (feniluréia) nas sementes, e em diferentes fases de desenvolvimento das mudas de café, verificaram que a aplicação do produto por rega após a germinação das sementes, proporcionou maior controle do tombamento causado por *Rhizoctonia solani*, quando comparado com a aplicação do produto nas sementes. Já no trabalho de Ferreira et al. (2010), ao estudarem a transmissibilidade do fungo *Colletotrichum gloeosporioides* e o efeito do tratamento de sementes de café com a presença dessa doença, observaram que o tratamento de sementes com o produto comercial Derosal Plus<sup>®</sup> (benzimidazol + dimetilditiocarbamato) atinge índices positivos no controle da morte de plântulas oriundas de sementes colhidas de plantas doentes.

No trabalho de Veiga (2010), sobre o efeito da secagem e do tratamento químico com Vitavax<sup>®</sup> Thiram 200 SC (carboxanilida + dimetilditiocarbamato) em sementes de café, foi observado que aos 12 meses de armazenamento, a porcentagem de plântulas normais estava acima de 90%, com exceção daquelas sementes armazenadas úmidas, principalmente quando tratadas, apresentando porcentagem de plântulas normais de apenas 2,5%, mostrando, portanto, um efeito fitotóxico do produto utilizado nas sementes úmidas.

Contudo, viveiristas têm utilizado produtos não registrados para a cultura, como forma de proteção e eliminação de patógenos, sendo ainda necessário pesquisas com a utilização de produtos químicos que se mostrem eficientes para sementes de café. Dessa forma, é possível elucidar o efeito do produto no desenvolvimento das plântulas, bem como na proteção contra os fungos de armazenamento, visando prolongar a longevidade das sementes e evitar a rápida deterioração.

## **2.4 Condicionamento fisiológico**

O condicionamento fisiológico, ou *priming*, é um tratamento em pré-semeadura utilizado em diferentes espécies visando reduzir o tempo de emergência de plântulas e para uniformizar e acelerar a germinação de sementes. Essa técnica baseia-se no controle da hidratação das sementes a um nível que permita o início de todos os processos preparatórios da germinação, mas sem que ocorra alongamento celular e, conseqüentemente, a protrusão radicular. Dessa forma, ao final do condicionamento, espera-se que todas as sementes atinjam

a mesma fase na curva de embebição, sem atingirem a fase de emergência da radícula (fase III) (HEYDECKER; COOLBEAR, 1977).

Existem várias técnicas de condicionamento fisiológico utilizadas e a classificação depende dos agentes primários. Estes incluem, dentre outros, o hidrocondicionamento, no qual as sementes são embebidas em água sob condições ótimas de temperatura; osmocondicionamento, que utiliza agentes osmóticos para limitar a entrada de água na semente e; matriz sólida, onde as sementes são misturadas em material sólido (orgânico ou inorgânico), permitindo também o controle da entrada de água (PAPARELLA et al., 2015). Além disso, fatores como tipo de solução osmótica, temperatura, tempo de embebição das sementes, qualidade inicial do lote, e as condições de armazenamento, afetam a eficiência da técnica (NASCIMENTO, 2004).

Em sementes de café, alguns estudos foram realizados utilizando-se tratamentos pré-germinativos na tentativa de aumentar o índice de velocidade de germinação, bem como o percentual de germinação das sementes. Camargo (1998) e Lima (1999), estudaram o efeito do condicionamento osmótico sobre a qualidade fisiológica de sementes de café, e concluíram que os tratamentos com embebição direta em água, contribuíram para o revigoramento das sementes. Resultados semelhantes foram encontrados por Guimarães (2000), que concluiu que a imersão das sementes em água por 8 dias a 30 °C, aumenta a taxa e a velocidade de germinação. Lima (2004), estudando os efeitos do condicionamento fisiológico de sementes de café, armazenadas por 9 meses, concluiu que o condicionamento fisiológico em água se mostrou eficaz no revigoramento, principalmente a 25 °C por 12 dias.

A técnica de *priming* também tem sido utilizada em diversas espécies visando aumentar o potencial de germinação das sementes em condições de estresse. Nawaz et al. (2013) observou melhoria na germinação e maior tolerância a seca em sementes de trigo. Li e Zhang (2012) também observaram maior tolerância à seca em plântulas de arroz, quando submetidas à técnica de osmocondicionamento, utilizando polietilenoglicol (PEG) e ácido salicílico (SA). Além disso, melhorias no desenvolvimento das sementes nas áreas em condições de salinidade têm sido relatadas, como por exemplo, em sementes de tomate (PRADHAN et al., 2014), pimenta (ALLOUI et al., 2014) e soja (MILADINOV et al., 2015).

Braz e Rossetto (2008), estudando o efeito do condicionamento fisiológico na germinação e no vigor de sementes armazenadas, observaram que o condicionamento fisiológico beneficiou a germinação e o vigor das sementes de café armazenadas por um



período de nove meses. Carvalho, Guimaraes e Silva (2012), ao avaliarem a germinação e o vigor das sementes de *Coffea arabica* L. submetidas ao condicionamento fisiológico utilizando sementes com e sem pergaminho, concluíram que a presença do pergaminho não influencia nos efeitos do condicionamento fisiológico na qualidade das sementes.

No trabalho de Kikuti et al. (2013) foi observado que, o condicionamento fisiológico em água por até 12 horas, não é suficiente para aumentar a germinação e o vigor do lote de sementes. Os autores também concluem que a temperatura de 45 °C e maior tempo de condicionamento reduz o potencial fisiológico das sementes. Carvalho, Almeida e Guimarães (2014) observaram que o condicionamento fisiológico em matriz sólida melhora a porcentagem e a velocidade de emergência de plântulas oriundas das sementes armazenadas por 12 meses.

Assim, pode-se dizer que o condicionamento fisiológico de sementes vem sendo bastante estudado em diversas espécies. Além disso, tem se destacado entre os tratamentos pré-germinativos em sementes de café. No entanto, ainda são escassos os estudos que avaliem a qualidade de sementes de café ao longo do período de armazenamento, quando submetidas à técnica de condicionamento fisiológico.

Com a utilização da técnica, pode-se associar a melhoria no desempenho germinativo com a utilização de sementes de cafeeiro armazenadas, permitindo um semeio em época mais adequada e, conseqüentemente, um plantio mais precoce, com desenvolvimento mais rápido das mudas no campo, possivelmente com reflexos sobre as primeiras produções, implicando no retorno mais rápido dos investimentos.

## REFERÊNCIAS

- ABATI, J. et al. Treatment with fungicides and insecticides on the physiological quality and health of wheat seeds. **Journal of Seed Science**, Londrina, v. 36, n. 4, p. 392-398, 2014.
- ABREU, L. A. S. et al. Behavior of coffee seeds to desiccation tolerance and storage. **Journal of Seed Science**, Londrina, v. 36, n. 4, p. 399-406, 2014.
- ALOUÏ, H. et al. Germination and growth in control and primed seeds of pepper as affected by salt stress. **Cercetari agronomice în Moldova**, Iasi, v. 47, n. 3, p. 83-95, 2014.
- ARAÚJO, R.F. et al. Conservação de sementes de café (*Coffea arabica* L.) despulpado e não despulpado. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 30, n. 3, p. 71-78, 2008.
- BRANDÃO JUNIOR, D.S. et al. Tolerância à dessecação de sementes de cafeeiro (*Coffea arabica* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 24, n. 2, p. 17-23, 2002.
- BRAZ, M. R. S.; ROSSETTO, C. A.V. Condicionamento fisiológico na germinação e no vigor de sementes armazenadas de café. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 7, p. 1849-1856, 2008.
- CAMARGO, R. **Condicionamento fisiológico de sementes de cafeeiro (*Coffea arabica* L.)**. 1998. 108 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 1998.
- CARVALHO, C.A.M.; ALMEIDA, T.T.; GUIMARÃES, R.M. Plântulas de café originadas de sementes armazenadas e submetidas ao condicionamento fisiológico em matriz sólida. **Nativa**, v 2, n.3, p.166-169, 2014.
- CARVALHO, C. A. M.; GUIMARAES, R. M.; SILVA, T. T. A. Condicionamento fisiológico em matriz sólida de sementes de café (*Coffea arabica* L.) com e sem pergaminho. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 34, n. 1, p. 94-98, 2012.
- COELHO, S.V.B. **Secagem e resfriamento de sementes de *Coffea arabica* L. visando ao armazenamento em temperaturas supra e subzero**. 2014. 129 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2014.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira: café, segundo levantamento, maio 2019. Brasília: **Conab**, v. 5, n. 2, p. 1-61, 2019.
- DUSSERT, S. et al. Oxidative stress, phospholipid loss and lipid hydrolysis during drying and storage of intermediate seeds. **Physiologia Plantarum**, v. 127, n. 2, p. 192-204, 2006.
- EHAB A. I. Seed priming to alleviate salinity stress in germinating seeds. **Journal of Plant Physiology**, v. 192, p. 38-46, 2016.

- ELLIS, R. H.; HONG, T. D.; ROBERTS, E. H. An intermediate category of seed storage behavior?:I., coffee. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 41, n. 230, p. 1167-1174, 1990.
- FAGAN, E. B. et al. Efeito do tempo de formação do grão de café (*Coffea sp*) na qualidade da bebida. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 27, n. 5, p. 729-738, 2011.
- FERRÃO, R.G. et al. **Café Conilon**. 2. ed. atual. e ampl. Vitória, ES: Incaper, 2017. 784 p.
- FERREIRA, J. B. et al. Transmissibilidade e efeito do tratamento de sementes de cafeeiros com mancha manteigosa (*C. gloeosporioides*). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 1, p. 101-108, 2010.
- GUIMARÃES, R. M. **Tolerância à dessecação e condicionamento fisiológico em sementes de cafeeiro (*Coffea arabica* L.)**. 2000. 180 p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2000.
- GUIMARÃES, R. J.; MENDES, A. N. G. Produção de mudas de cafeeiro. In: MENDES, A. N. G.; GUIMARÃES, R. G. (Eds.). **Cafeicultura empresarial: produtividade e qualidade**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1998. p. 1-60.
- HEYDECKER, W.; P. COOLBEAR. Seed treatments for improved performance survey and attempted prognosis. **Seed Science and Technology**, v. 5, p. 353-425. 1977.
- HONG, T. D.; ELLIS, R. H. Development of desiccation tolerance in Norway maple (*Acer platanoides* L.) seeds during maturation drying. **Seed Science Research**, v. 2, n. 3, p. 169-172, 1992.
- KIKUTI, A. L. P. et al. Coffee seeds water imbibition at different periods and temperatures. **Revista Acadêmica Ciência Animal**, v. 11, n. S2, p. 51-57, 2013.
- KING, M. W.; ROBERTS, E. H. **The storage of recalcitrant seeds: achievements and possible approaches**. Rome: IBPGR, 1979. 96 p.
- LI, X.; ZHANG, L. SA and PEG-induced priming for water stress tolerance in rice seedling. **In Information Technology and Agricultural Engineering**. Springer, Berlin: Heidelberg, 2012. p. 881-887.
- LIMA, S. M. P. et al. Efeitos de tempos e temperaturas de condicionamento sobre a qualidade fisiológica de sementes de cafeeiro (*Coffea arabica*, L.) sob condições ideais e de estresse térmico. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 28, n. 3, p. 506-514, 2004.
- LIMA, W. A. A. **Condicionamento fisiológico, germinação e vigor de sementes de café (*Coffea arabica* L.)**. 1999. 69 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1999.
- MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Café no Brasil**. 2017. Disponível em: < <http://www.agricultura.gov.br> >. Acesso em: 24 jun. 2019.

MARCOS-FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, 2005. 495 p.

MENDONÇA, J. M. A. et al. Eficiência do Monceren 25% PM (Pencycuron) no controle do tombamento causado por *Rhizoctonia solani* em plântulas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 2000, Poços de Caldas, MG. **Anais...** Poços de Caldas, MG: MAPA/EMBRAPA, 2000. v.1, p.253-256.

MILADINOV, Z. J. et al. Optimal time of soybean seed priming and primer effect under salt stress conditions. **Journal of Agricultural Sciences**, v. 60, n. 2, p. 109-117, 2015.

NASCIMENTO, W. M. **Condicionamento osmótico de sementes de hortaliças**. Brasília: EMBRAPA, 2004. 12 p. (Circular Técnica, 33).

NAWAZ, F. et al. Selenium (Se) seed priming induced growth and biochemical changes in wheat under water deficit conditions. **Biological trace element research**, v. 151, n. 2, p. 284-293, 2013.

OLIVEIRA, J. A. et al. Comportamento de sementes de milho colhidas por diferentes métodos, sob condições de armazém convencional. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 23, n. 2, p. 289-302, 1999.

PAPARELLA, S. et al. Seed priming: state of the art and new perspectives. **Plant Cell Reports**, v. 34, n. 8, p. 1281-1293, 2015.

PIRES, O. **Visão global do café robusta**. Palestra Coffee Dinner 2015. São Paulo, SP, 2015.

PRADHAN, N. A. V. I. N. et al. Osmopriming of tomato genotypes with polyethylene glycol 6000 induces tolerance to salinity stress. **Trends in Biosciences**, v. 7, p. 4412-4417, 2014.

ROBERTS, E. H.; KING, M. W.; ELLIS, R. H. Recalcitrant seeds: their recognition and storage. In: HOLDEN, J. H. W.; WILLIAMS, J. T. (Ed.). **Crop genetic resources: conservation and evaluation**. London: G. A. Unwim, 1984. p. 38-52.

ROSA, S. D. V. F. et al. Formação de mudas de *Coffea arabica* L. cv. rubi utilizando sementes ou frutos em diferentes estágios de desenvolvimento. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 2, p. 349-356, 2007.

SALES, J. F. et al. The germination of bush mint (*Hyptis marrubioides* EPL.) seeds as a function of harvest stage, light, temperature and duration of storage. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 33, n. 4, p. 709-713, 2011.

VAN DER VOSSSEN, H.; BERTRAND, B.; CHARRIER, A. Next generation variety development for sustainable production of arabica coffee (*Coffea arabica* L.): a review. **Euphytica**, Wageningen, v. 204, n. 2, p. 243-256, 2015.

VEIGA, P. O. A. **Qualidade de mudas e aspectos fisiológicos, bioquímicos e biofísicos de sementes de café armazenadas**. 2010. 112 p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2010.

VIEIRA, A. R. et al. Armazenamento de sementes de cafeeiro: ambientes e métodos de secagem. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 29, n. 1, 76-82, 2007.

## **CAPÍTULO 2 - ARMAZENABILIDADE DE SEMENTES DE CAFÉ COM DIFERENTES TEORES DE ÁGUA**

### **RESUMO**

As sementes de café são classificadas como intermediárias por possuírem baixa tolerância à dessecação e baixa longevidade. Dessa forma, o controle da umidade e das condições de armazenamento são fatores importantes na manutenção da qualidade fisiológica destas sementes. Assim, o objetivo neste trabalho foi avaliar o efeito do teor de água na longevidade de sementes de café. Foram utilizadas sementes de cinco cultivares de *Coffea arabica* da safra 2016/2017. Parte das sementes colhidas foi secada a sombra até atingir 12% de umidade, e a outra parte não passou por processo de secagem, permanecendo com teores de água próximo a 40%. As sementes foram armazenadas em câmara fria a 10 °C por um período de nove meses, sendo a qualidade fisiológica avaliada a cada três meses pelos testes de germinação, protrusão radicular, plântulas com folhas cotiledonares expandidas, massa seca de plântulas e análises enzimáticas das enzimas catalase e superóxido dismutase. Independentemente da cultivar, o armazenamento de sementes úmidas de café proporciona melhor manutenção da qualidade fisiológica por até nove meses. Há redução do vigor das plântulas ao longo do período de armazenamento, independentemente do teor de água das sementes.

**Palavras-chave:** Qualidade de sementes. *Coffea arabica*. Umidade. Armazenamento.

## ABSTRACT

Coffee seeds are classified as intermediate because they have low tolerance to desiccation and low longevity. Consequently, moisture control and storage conditions are important factors in maintaining the physiological quality of these seeds. Thus, the objective of this work was to evaluate the effect of water content on coffee seed longevity. Seeds of five cultivars of *Coffea arabica* from the 2016/2017 crop were used. Part of the harvested seeds was dried in the shade to 12% humidity and the other part did not go through drying process, remaining with 40% water content. The seeds were stored in a cold chamber at 10 °C for a period of nine months, and the physiological quality was evaluated every three months by germination, root protrusion, expanded cotyledonary seedling, seedling dry mass, and enzymatic analysis of catalase enzymes. and superoxide dismutase. Regardless of the cultivar, the storage of moist coffee seeds provides better maintenance of physiological quality for up to nine months. Seedling vigor is reduced throughout the storage period, regardless of seed water content.

**Keywords:** Seed quality. *Coffea arabica*. Moisture. Storage.

## 1 INTRODUÇÃO

A longevidade das sementes é considerada uma das características mais importantes não só para a adaptação das plantas em meio a ambientes de mudanças edafoclimáticas, mas também para a agricultura e a conservação da biodiversidade (SANO et al., 2016). Sabe-se que as sementes da espécie *Coffea arabica* apresentam uma conservação limitada, devido ao seu comportamento intermediário em não tolerar a dessecação, e também ao ambiente de armazenamento (COELHO et al., 2015; ELLIS; HONG; ROBERTS, 1990; FANTAZZINI et al., 2018).

Dentre as condições ambientais, fatores como a temperatura, umidade relativa e presença de patógenos são aspectos importantes que influenciam a viabilidade e a longevidade das sementes durante o período de armazenamento (GROOT et al., 2012; PETRENKO, 2014). Dentre estes fatores, destaca-se o teor de água das sementes como um fator chave, pois influencia diretamente a qualidade das sementes, e seu ajuste correto é considerado um desafio constante para os produtores de sementes de café (NASIRO; SHIMBER; MOHAMMED, 2017).

Alguns trabalhos foram realizados para avaliar o desempenho de sementes de café sobre condições específicas de umidade, secagem e armazenamento. No estudo de Brandão Júnior et al. (2002), foi observado que sementes de café mantiveram a qualidade fisiológica quando armazenadas com 15% de umidade em embalagem impermeável a 10 °C durante um período de nove meses, porém, sementes com 50% de umidade tiveram um decréscimo a taxas constantes na porcentagem de germinação no mesmo período. Rosa et al. (2005) observaram que independentemente do método de secagem, teores de água acima de 35% são prejudiciais à manutenção da qualidade fisiológica das sementes de café. Araújo et al. (2008) observou que sementes com alta umidade (31,5%) podem ser armazenadas por um período de nove meses em embalagem permeável. Com relação à secagem, Abreu et al. (2014) observaram que as sementes secadas lentamente à sombra, até 20% de umidade, proporcionaram uma correta conservação da qualidade por até doze meses de armazenamento. Apesar dos diferentes estudos que envolvem os efeitos da umidade e da secagem sob a qualidade fisiológica de sementes de café, os resultados obtidos são ainda contraditórios e inconclusivos (SANTOS; VON PINHO; ROSA, 2013).



Devido a importância da cultura do café no país, e de sua expressiva contribuição no mercado internacional, se faz necessário aprimorar os estudos e o desenvolvimento de técnicas que permitam um armazenamento adequado e, posteriormente, a possibilidade da semeadura de sementes com alta qualidade, principalmente na época mais favorável ao desenvolvimento das mudas de café, uma vez que a produção das sementes não coincide com esse período. Assim, o objetivo neste trabalho foi avaliar a longevidade de sementes de cinco cultivares de *Coffea arabica* com diferentes teores de água.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no Laboratório Central de Análise de Sementes do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras (UFLA). Foram utilizadas sementes da safra 2017, da espécie *Coffea arabica* L. cultivares Catuaí Vermelho IAC 144, Mundo Novo IAC 376/4, Catiguá MG2, MGS Aranãs e Topázio MG 1190, cedidas pela Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG).

Foram utilizados no trabalho, sementes com dois teores de água, sendo sementes recém-colhidas que já estavam sendo comercializadas pela empresa com o teor de água variando de 29 a 41% entre as cultivares, e sementes secas, sendo que parte das sementes destas cultivares foi secada à sombra até atingir o teor de água próximo de 12%.

Depois de obtidas as sementes nos dois teores de água, estas foram acondicionadas em sacos de rafia convencional e ainda embaladas com outro saco plástico impermeável. O armazenamento foi realizado em câmara fria a 10 °C, sendo retirado amostras a cada três meses por um período de nove meses para determinação da qualidade fisiológica, conforme os testes e as determinações descritas a seguir.

### a) Determinação do teor de água

O teor de água foi realizado pelo método de estufa a  $105 \pm 3$  °C/24h (BRASIL, 2009), com duas amostras de 20 g por repetição. Os resultados obtidos, com base no peso úmido, foram expressos em porcentagem.

### b) Teste de germinação

Foi realizado utilizando-se quatro repetições de 50 sementes sem o pergaminho, distribuídas em papel para germinação, umedecido com quantidade de água equivalente a 2,5 vezes o peso do papel seco. As sementes foram mantidas em germinador regulado em temperatura de 30 °C e a porcentagem de plântulas normais foi avaliada após 30 dias, seguindo critérios estabelecidos na Regra para Análise de Sementes (BRASIL, 2009).

### c) Protrusão radicular

Realizado aos 15 dias após o início do teste de germinação, sendo computadas as plântulas que apresentaram a emissão da radícula, e os resultados foram expressos em porcentagem.

d) Plântulas com folhas cotiledonares expandidas

O teste foi realizado aos 45 dias do início do teste de germinação, no qual foram computadas as plântulas que apresentaram as folhas cotiledonares totalmente expandidas (estádio orelha de onça) e os resultados foram expressos em porcentagem.

e) Massa seca de plântulas

Realizado aos 45 dias após o início do teste de germinação, os eixos hipocótilo-radícula das plântulas normais foram separados e acondicionados em sacos de papel, colocadas em estufa com circulação de ar a 60 °C, durante cinco dias. Após esse período foi determinada a massa seca de raízes e de parte aérea das plântulas, sendo os resultados expressos em gramas por plântula.

f) Análise enzimática

A cada período de armazenamento foram determinadas a quantificação da atividade das enzimas catalase (CAT) e superóxido dismutase (SOD). As sementes foram maceradas em nitrogênio líquido e polivinilpolipirrolidona (PVPP) insolúvel. Amostras de 50 mg do material macerado foi homogeneizada em 1,5 mL do tampão de extração composto por fosfato de potássio 100 mM (pH 7,0), EDTA 0,1 mM e ácido ascórbico 10 mM e água. O material homogeneizado foi centrifugado a 13.000 g por 20 minutos a 4 °C e o sobrenadante coletado.

A atividade da SOD foi baseada na capacidade da enzima em inibir a fotorredução do azul de nitrotetrazólio (NBT) em um meio de reação contendo fosfato de potássio 100 mM (pH 7,8), metionina 14 mM, EDTA 0,1 µM, NBT 75 µM e riboflavina 2 µM (GIANNOPOLITIS; RIES, 1977). As leituras foram realizadas em espectrofotômetro de placas a 560 nm. Uma unidade da SOD corresponde à quantidade de enzima capaz de inibir em 50% a fotorredução do NBT nas condições de ensaio. A atividade da CAT foi determinada conforme Azevedo et al. (1998), com modificações, estimada pelo decréscimo na absorvância a 240 nm durante 3 minutos em um meio de reação contendo fosfato de potássio 100 mM (pH 7,0) e H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 12,5 mM.

g) Delineamento experimental e análises estatísticas

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2x4x5, sendo dois teores de água (úmida e seca), quatro períodos de armazenamento (0,3,6 e 9 meses) e cinco cultivares utilizadas. Os dados foram submetidos à análise de variância e a comparação de médias, com nível de significância a 5%, foi realizada pelo teste de Scott

Knott, com auxílio do software SISVAR® (FERREIRA, 2011). Os dados quantitativos referentes ao período de armazenamento foram analisados por meio das médias observadas.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios de teor de água das sementes das cinco cultivares utilizadas no trabalho, determinadas após cada período de armazenamento estão contidos na Tabela 1.

Tabela 1 - Valores médios de teor de água (bu) das sementes das diferentes cultivares de *Coffea arabica* obtidas após cada período de armazenamento.

Cultivar	Armazenamento (meses)	Umidade (%)	
		Úmida	seca
Catuaí Vermelho IAC 144	0	39,17	12,89
	3	39,16	12,58
	6	39,44	12,99
	9	39,06	12,91
Mundo Novo IAC 376/4	0	38,25	11,36
	3	38,48	11,51
	6	38,67	11,96
	9	38,40	11,68
Catiguá MG2	0	29,80	12,30
	3	29,78	12,62
	6	29,89	12,45
	9	29,14	12,57
MGS Aranãs	0	40,39	11,65
	3	40,90	11,56
	6	40,79	11,90
	9	40,95	11,83
Topázio MG 1190	0	41,01	12,30
	3	41,08	12,15
	6	41,88	12,34
	9	41,11	12,12

Fonte: Da autora (2019).

Observa-se que houveram poucas alterações no teor de água das sementes ao longo do período de armazenamento, devido ao uso de embalagens impermeáveis, que asseguram a manutenção do teor de água, sendo adequada para períodos mais prolongados, pois evita oscilações da umidade ao longo do período de armazenamento, fator importante para manutenção da qualidade das sementes (CORLETT; BARROS; VILLELA, 2007). Segundo Suriyong et al. (2015), as condições de armazenamento desempenham um papel importante para manter a alta qualidade de sementes e está relacionada principalmente às condições de temperatura e umidade, associados ao tipo de embalagem utilizado.

A caracterização do perfil inicial das cinco cultivares de *Coffea arabica* foi feito utilizando os dados de germinação das sementes recém-colhidas. Observa-se pelos resultados

da Tabela 2, que não houve diferença significativa entre os resultados, mostrando que as cultivares foram inicialmente armazenadas com o mesmo percentual de germinação.

Tabela 2 - Caracterização do perfil das diferentes cultivares de *Coffea arabica* pelo teste de germinação.

Cultivar	Germinação (%)
Catuaí Vermelho IAC 144	80 a
Mundo Novo IAC 376/4	78 a
Catiguá MG2	77 a
MGS Aranãs	81 a
Topázio MG 1190	84 a

As médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Scott Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: Da autora (2019).

Pelos resultados da análise de variância, houve interação tripla dos fatores em estudo para todas as variáveis analisadas na avaliação da qualidade fisiológicas das sementes das diferentes cultivares, com diferentes teores de água e período de armazenamento.

No teste de germinação, pode-se observar que não há diferença nos resultados de sementes úmidas e secas apenas quando as sementes estavam recém-colhidas e que não foram armazenadas, com exceção da cultivar Mundo Novo. Após o armazenamento, nos três períodos subsequentes, as sementes úmidas apresentam melhores resultados quando comparadas às sementes secas na maioria das cultivares (TABELA 3).

Tabela 3 - Porcentagem de germinação de sementes das diferentes cultivares de *Coffea arabica* com diferentes teores de água e submetidas ao armazenamento.

Armazenamento (meses)	Cultivares	Umidade	
		úmida	seca
0	Catuaí Vermelho IAC 144	80 Aa	78 Aa
	Mundo Novo IAC 376/4	78 Aa	70 Bb
	Catiguá MG2	77 Aa	81 Aa
	MGS Aranãs	81 Aa	81 Aa
	Topázio MG 1190	84 Aa	83 Aa
3	Catuaí Vermelho IAC 144	81 Aa	79 Ba
	Mundo Novo IAC 376/4	80 Aa	69 Cb
	Catiguá MG2	82 Aa	71 Cb
	MGS Aranãs	84 Aa	76 Bb
	Topázio MG 1190	85 Aa	86 Aa
6	Catuaí Vermelho IAC 144	86 Aa	81 Ab
	Mundo Novo IAC 376/4	81 Ba	65 Bb
	Catiguá MG2	78 Ba	70 Bb
	MGS Aranãs	84 Aa	77 Ab
	Topázio MG 1190	86 Aa	83 Aa
9	Catuaí Vermelho IAC 144	80 Ba	75 Ba
	Mundo Novo IAC 376/4	77 Ba	71 Bb
	Catiguá MG2	66 Cb	81 Aa
	MGS Aranãs	86 Aa	74 Bb
	Topázio MG 1190	87 Aa	81 Aa

As médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna para cada época de armazenamento e minúscula na linha não diferem entre si pelo teste Scott Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: Da autora (2019).

As sementes de café possuem sensibilidade à perda de umidade e, por isso, as sementes úmidas apresentam melhores resultados, mantendo sua qualidade mesmo quando armazenadas. Nasiro, Shimber e Mohammed (2017) observaram que existe uma interação altamente significativa entre as condições de armazenamento, tempo de armazenamento e teor de água das sementes de café. As sementes com maior teor de água tiveram um desempenho superior àquelas que foram secadas a teores mais baixos de água, e o ambiente resfriado também foi superior quando comparado ao ambiente sem controle da temperatura e umidade relativa. Lopes et al. (2014), trabalhando com armazenamento de sementes de café arábica, observaram que sementes com maior teor de água preservaram sua viabilidade por um período mais longo durante o armazenamento do que aquelas com menor teor de água. Esses dados corroboram com o que foi observado nesse estudo.

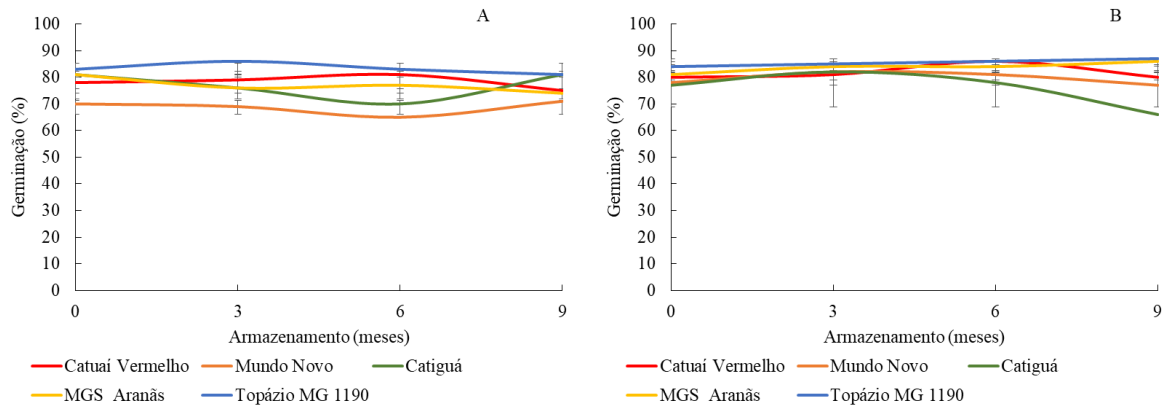
Braccini et al. (1999) observaram que as sementes de café com teor de água elevado (35%) tiveram resultados favoráveis de germinação no decorrer do armazenamento. No

trabalho de Vieira et al. (2007), também foi observado que as sementes sem secagem e aquelas secadas lentamente, armazenadas em câmara fria, tiveram resultados semelhantes em relação à conservação do poder germinativo, com menor redução linear na germinação até os nove meses de armazenamento.

Ao analisar as cultivares, pode-se notar que até os três meses de armazenamento, as sementes úmidas das diferentes cultivares permaneceram com a mesma qualidade e, após os seis meses, é possível observar diferenças entre as mesmas (TABELA 3). Esse fato não ocorre com as sementes secas, que aos três meses de armazenamento, observa-se maiores diferenças entre as cultivares com relação à germinação das sementes.

De maneira geral, as cultivares tiveram uma pequena variação na porcentagem de germinação ao longo do período de armazenamento (FIGURA 1). Nas sementes úmidas observa-se uma tendência de queda aos nove meses de armazenamento, mas com exceção da cultivar Catiguá, as sementes permaneceram com porcentagem de germinação acima do padrão mínimo exigido pelo Ministério da Agricultura para comercialização, que atualmente é de 70% (BRASIL, 2012).

Figura 1 - Germinação (%) de sementes secas (A) e úmidas (B) das cultivares de *Coffea arabica* ao longo do armazenamento.



Fonte: Da autora (2019).

Observa-se para a porcentagem de protrusão radicular, que os resultados foram semelhantes aos observados no teste de germinação. Não houve diferença entre as cultivares nos resultados das sementes úmidas e secas até os três meses de armazenamento, com exceção da cv. Mundo Novo IAC 376/4, que apresentou uma redução na protrusão e também na germinação das sementes secas logo já no início do armazenamento (TABELA 4).



Após o período de nove meses de armazenamento, pode-se observar redução na qualidade das sementes que foram secadas, quando comparadas às úmidas, na maioria das cultivares utilizadas no estudo (TABELA 4). Além disso, ao comparar as cultivares, nas sementes úmidas somente aos 9 meses é possível observar diferença na qualidade entre as cultivares. Nas sementes que foram secadas, pode-se observar que após seis meses de armazenamento, há diferença nas cultivares com relação à qualidade fisiológica.

Tabela 4 - Porcentagem de protrusão radicular de sementes das cultivares de *Coffea arabica* com diferentes teores de água e submetidas ao armazenamento.

Armazenamento (meses)	Cultivares	Umidade	
		úmida	seca
0	Catuai Vermelho IAC 144	94 Aa	93 Aa
	Mundo Novo IAC 376/4	90 Aa	83 Bb
	Catiguá MG2	90 Aa	91 Aa
	MGS Aranãs	91 Aa	92 Aa
	Topázio MG 1190	92 Aa	94 Aa
3	Catuai Vermelho IAC 144	96 Aa	93 Aa
	Mundo Novo IAC 376/4	95 Aa	89 Ab
	Catiguá MG2	93 Aa	91 Aa
	MGS Aranãs	94 Aa	93 Aa
	Topázio MG 1190	93 Aa	95 Aa
6	Catuai Vermelho IAC 144	91 Aa	89 Ba
	Mundo Novo IAC 376/4	91 Aa	78 Cb
	Catiguá MG2	88 Ab	94 Aa
	MGS Aranãs	91 Aa	87 Ba
	Topázio MG 1190	89 Aa	89 Ba
9	Catuai Vermelho IAC 144	88 Ba	82 Bb
	Mundo Novo IAC 376/4	89 Ba	81 Bb
	Catiguá MG2	76 Cb	91 Aa
	MGS Aranãs	95 Aa	84 Bb
	Topázio MG 1190	96 Aa	95 Aa

As médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna para cada época de armazenamento e minúscula na linha não diferem entre si pelo teste Scott Knott a 5% de probabilidade.

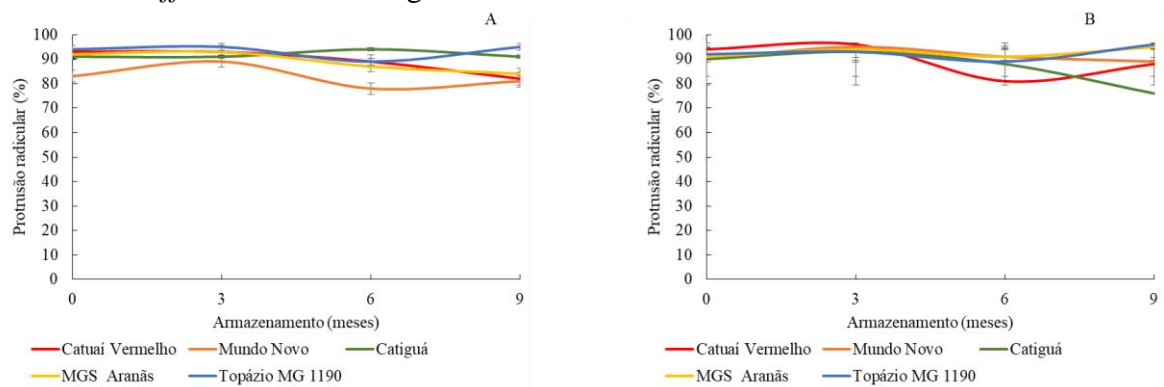
Fonte: Da autora (2019).

No início do armazenamento, os eventos oxidativos levam à quebra de dormência, promovendo a capacidade de germinação, e podem ser considerados como um mecanismo benéfico para melhorar o vigor das sementes. Posteriormente, se o armazenamento ocorre por períodos prolongados, o acúmulo de dano oxidativo celular induz progressivamente à perda do vigor das sementes e, assim, a redução da capacidade de germinação (SANO et al., 2016). Na cultura do café é comum que até os três meses de armazenamento as sementes melhorem

seu potencial de germinação e, posteriormente, ao longo do período de armazenamento, tem-se uma queda gradativa no potencial das mesmas, fato este que pode ser observado neste estudo.

De maneira geral, é possível notar que na maioria das cultivares utilizadas neste estudo, as sementes não perderam seu potencial de protrusão radicular, havendo pouca variação ao longo dos nove meses em que as sementes foram armazenadas, como mostra a Figura 2.

Figura 2 - Protrusão radicular (%) de sementes secas (A) e úmidas (B) das cultivares de *Coffea arabica* ao longo do armazenamento.



Fonte: Da autora (2019).

Nos resultados do percentual de plântulas com folhas cotiledonares expandidas (TABELA 5), também houve interação tripla dos fatores em estudo. Foi observado que, em geral, as sementes úmidas apresentam maior porcentagem de folhas cotiledonares expandidas quando comparadas às sementes que passaram pelo processo de secagem. Para a maioria das cultivares, as sementes úmidas, aos nove meses de armazenamento, apresentaram resultados superiores às sementes secas, mostrando que o armazenamento de sementes úmidas proporciona uma melhor manutenção da qualidade fisiológica e vigor das sementes. Esse resultado também foi observado no teste de germinação.

Tabela 5 - Percentual de plântulas com folhas cotiledonares expandidas aos 45 dias após semeadura (%), de sementes das cultivares de *Coffea arabica* com diferentes teores de água e submetidas ao armazenamento.

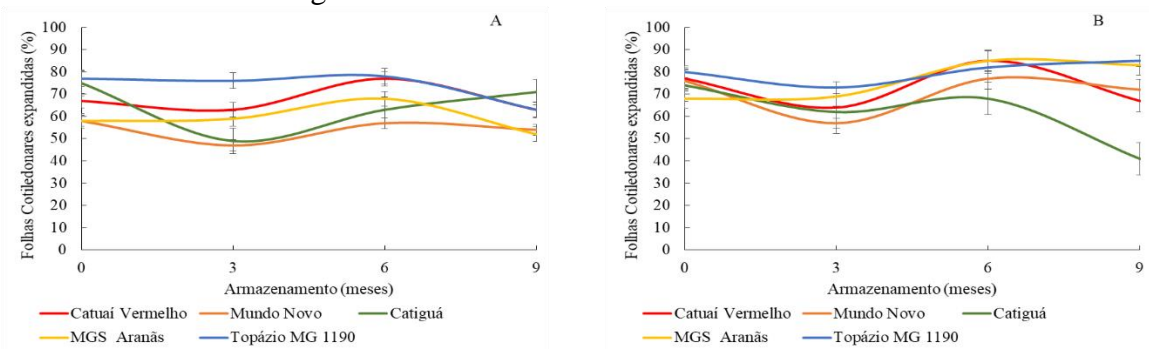
Armazenamento (meses)	Cultivares	Umidade	
		úmida	seca
0	Catuaí Vermelho IAC 144	77 Aa	67 Bb
	Mundo Novo IAC 376/4	76 Aa	58 Cb
	Catiguá MG2	74 Aa	75 Aa
	MGS Aranãs	68 Ba	58 Cb
	Topázio MG 1190	80 Aa	77 Aa
3	Catuaí Vermelho IAC 144	64 Ba	63 Ba
	Mundo Novo IAC 376/4	57 Ba	47 Cb
	Catiguá MG2	62 Ba	49 Cb
	MGS Aranãs	69 Aa	59 Bb
	Topázio MG 1190	73 Aa	76 Aa
6	Catuaí Vermelho IAC 144	85 Aa	77 Ab
	Mundo Novo IAC 376/4	77 Aa	57 Cb
	Catiguá MG2	68 Ba	63 Ba
	MGS Aranãs	84 Aa	68 Bb
	Topázio MG 1190	82 Aa	78 Aa
9	Catuaí Vermelho IAC 144	67 Ba	63 Ba
	Mundo Novo IAC 376/4	72 Ba	54 Cb
	Catiguá MG2	41 Cb	71 Aa
	MGS Aranãs	83 Aa	52 Cb
	Topázio MG 1190	85 Aa	63 Bb

As médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna para cada época de armazenamento e minúscula na linha não diferem entre si pelo teste Scott Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: Da autora (2019).

Pela Figura 3, observa-se que há redução no vigor das plântulas de café da maioria das cultivares ao longo do período de armazenamento, nos dois teores de água avaliados no estudo. Esse fato é esperado, pois logo após a maturidade fisiológica das sementes, ocorre uma série de alterações fisiológicas, físicas, bioquímicas nas mesmas e, como consequência, há uma redução do vigor das mesmas. A deterioração pode ser acelerada por diversos fatores, dentre eles, a elevada temperatura do local de armazenamento e também o teor de água da semente (SCHAUSBERGER et al., 2019).

Figura 3 - Percentual de plântulas com folhas cotiledonares expandidas (%) após 45 dias da semeadura de sementes secas (A) e úmidas (B) de cinco cultivares de *Coffea arabica* ao longo do armazenamento.



Fonte: Da autora (2019).

Para as variáveis matéria seca de raiz e de parte aérea, os melhores resultados também foram observados nas sementes úmidas, como observado na Tabela 6. Nas sementes recém-colhidas é possível observar melhores resultados nas sementes úmidas quando comparadas às sementes secas, e ao longo do armazenamento esse fato também pode ser notado. É possível verificar que as cultivares apresentam diferenças no vigor já nas primeiras avaliações, em sementes recém-colhidas, para os dois teores de água estudados e, ao longo do período de armazenamento, essas diferenças também são observadas (TABELA 6).

Tabela 6 - Peso de matéria seca de raíz (MSR) e matéria seca de parte aérea (MSPA) de plântulas oriundas de sementes das cultivares de *Coffea arabica* com diferentes teores de água e submetidas ao armazenamento.

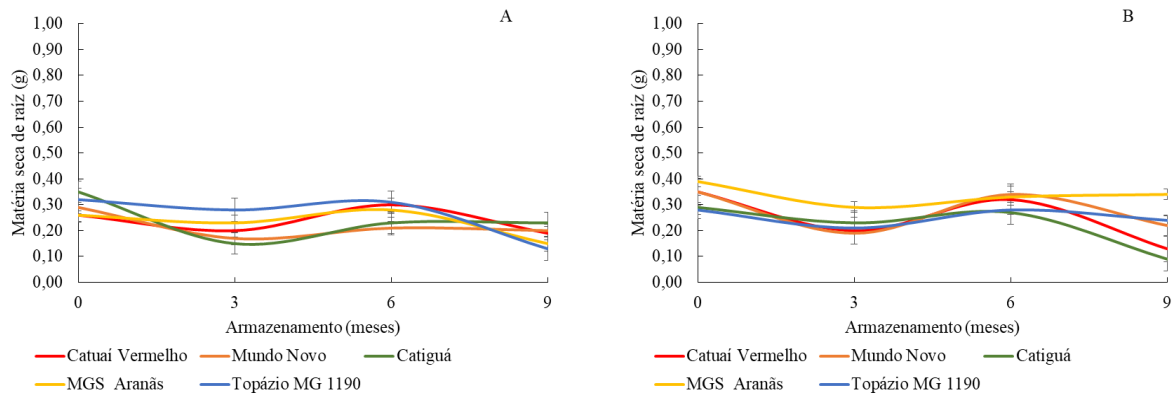
Armazenamento (meses)	Cultivares	MSR (g)		MSPA (g)	
		Umidade		Umidade	
		úmida	Seca	úmida	seca
0	Catuaí Vermelho IAC 144	0,35 Aa	0,26 Bb	1,60 Aa	1,35 Ab
	Mundo Novo IAC 376/4	0,35 Aa	0,29 Bb	1,80 Aa	1,36 Ab
	Catiguá MG2	0,29 Ba	0,35 Aa	1,31 Bb	1,57 Aa
	MGS Aranãs	0,39 Aa	0,26 Bb	1,42 Ba	1,04 Bb
	Topázio MG 1190	0,28 Ba	0,32 Aa	1,51 Ba	1,50 Aa
3	Catuaí Vermelho IAC 144	0,20 Ba	0,20 Ba	1,21 Ba	1,16 Ba
	Mundo Novo IAC 376/4	0,19 Ba	0,17 Ba	1,35 Ba	1,05 Bb
	Catiguá MG2	0,23 Ba	0,15 Bb	1,22 Ba	0,87 Bb
	MGS Aranãs	0,29 Aa	0,23 Aa	1,59 Aa	1,25 Ab
	Topázio MG 1190	0,21 Bb	0,28 Aa	1,40 Ba	1,47 Aa
6	Catuaí Vermelho IAC 144	0,32 Aa	0,30 Aa	1,62 Ba	1,53 Aa
	Mundo Novo IAC 376/4	0,34 Aa	0,21 Bb	1,79 Aa	1,25 Bb
	Catiguá MG2	0,27 Aa	0,23 Ba	1,43 Ba	1,27 Ba
	MGS Aranãs	0,33 Aa	0,28 Aa	1,89 Aa	1,51 Ab
	Topázio MG 1190	0,28 Aa	0,31 Aa	1,73 Aa	1,59 Aa
9	Catuaí Vermelho IAC 144	0,13 Cb	0,19 Aa	0,98 Ca	1,17 Aa
	Mundo Novo IAC 376/4	0,22 Ba	0,20 Aa	1,28 Ba	1,15 Aa
	Catiguá MG2	0,09 Cb	0,23 Aa	0,64 Db	1,27 Aa
	MGS Aranãs	0,34 Aa	0,13 Bb	1,89 Aa	1,03 Ab
	Topázio MG 1190	0,24 Ba	0,16 Bb	1,60 Ba	1,16 Ab

As médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna para cada época de armazenamento e minúscula na linha para cada variável, não diferem entre si pelo teste Scott Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: Da autora

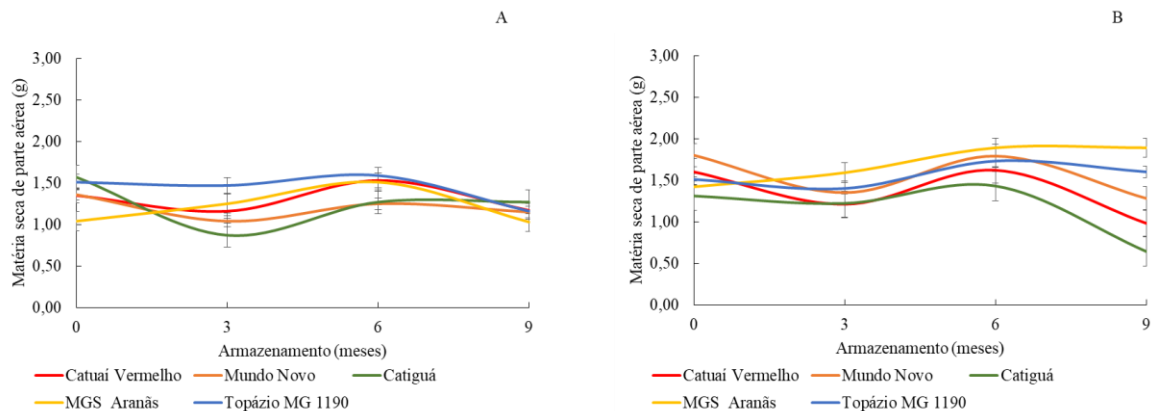
Observa-se também pelos resultados das Figuras 4 e 5, que, as cultivares de maneira geral, foram perdendo o vigor ao longo do armazenamento, apresentando menores acúmulos de matéria seca de raízes e parte aérea nas sementes recém-colhidas e sem armazenamento. Esse mesmo resultado foi observado na avaliação das folhas cotiledonares expandidas, concluindo que houve redução do vigor das sementes durante o armazenamento.

Figura 4 - Peso de matéria seca de raízes de plântulas (g) após 45 dias da germinação de sementes secas (A) e úmidas (B) de cinco cultivares de *Coffea arabica* ao longo do armazenamento



Fonte: Da autora (2019).

Figura 5 - Peso de matéria seca de parte aérea de plântulas (g) após 45 dias da sementeira de sementes secas (A) e úmidas (B) das cultivares de *Coffea arabica* ao longo do armazenamento.



Fonte: Da autora (2019).

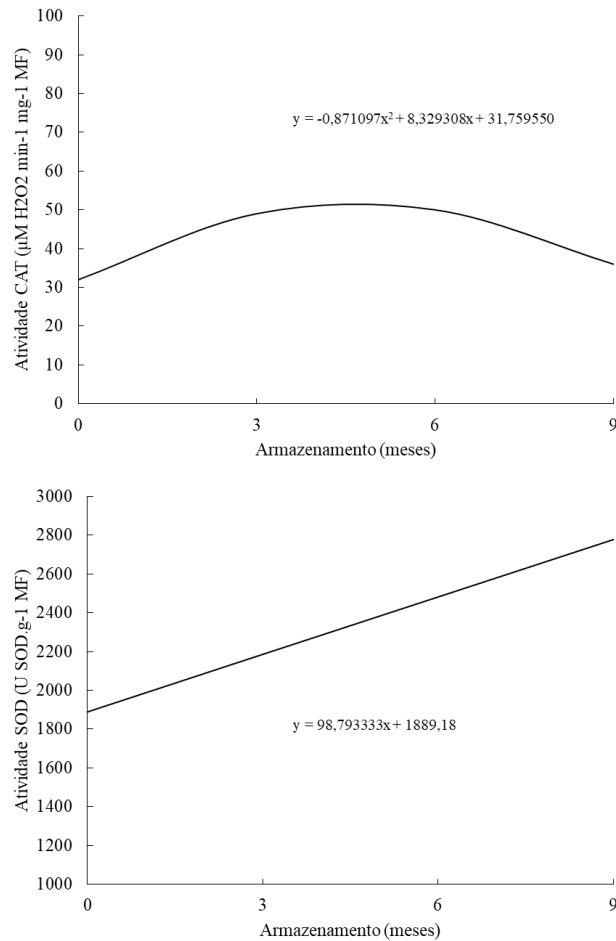
Para a maioria dos testes de vigor avaliados neste trabalho, observou-se uma redução na qualidade das sementes após o período de armazenamento, divergindo dos resultados do teste de germinação, em que houve manutenção da qualidade das sementes de café. Esse mesmo resultado foi observado no trabalho de Coelho et al. (2015).

Efeitos semelhantes foram encontrados nos trabalhos de Abreu et al. (2014) e Vieira et al. (2007), no qual as sementes de café armazenadas apresentaram uma redução no vigor ao longo do período de armazenamento, independentemente do processo de secagem.

Para as análises da atividade enzimática da catalase (CAT) e superóxido dismutase (SOD) houve efeito significativo isolado do fator armazenamento. Pela Figura 6A pode-se observar que a atividade da enzima catalase aumentou nos três e seis meses de

armazenamento, e aos nove meses observa-se uma queda na atividade dessa enzima. Na Figura 6B observa-se um aumento linear da atividade da enzima superóxido dismutase durante o armazenamento. Aos nove meses é possível observar a maior taxa de atividade dessa enzima.

Figura 6 - Atividade das enzimas catalase (CAT - A) superóxido dismutase (SOD - B) ao longo do período de armazenamento de sementes de *Coffea arabica*.



Fonte: Da autora (2019).

Estas duas enzimas fazem parte do sistema de proteção contra a deterioração de sementes. A enzima superóxido dismutase (SOD), catalisa a dismutação do radical superóxido em  $\text{H}_2\text{O}_2$  e  $\text{O}_2$  e a catalase (CAT) pode quebrar  $\text{H}_2\text{O}_2$  em  $\text{H}_2\text{O}$  e  $\text{O}_2$  (CARNEIRO et al., 2011), sendo esta, uma defesa importante contra os radicais livres. Desse modo, o aumento da expressão da catalase ocorre para eliminar o acúmulo de  $\text{H}_2\text{O}_2$  resultante da peroxidação lipídica em sementes (EYIDOGAN; ÖZ, 2007). Segundo Salla et al. (2016), o aumento da atividade de enzimas antioxidantes, incluindo SOD e CAT é uma das primeiras linhas de

defesa contra o estresse oxidativo nas células. Esse fato confirma o que foi observado no trabalho, de que as sementes vão se deteriorando ao longo do período de armazenamento e, conseqüentemente, há redução do vigor das mesmas.



#### **4 CONCLUSÕES**

O armazenamento de sementes úmidas das cultivares avaliadas de *Coffea arabica*, proporciona uma melhor manutenção da qualidade fisiológica por nove meses.

Há redução do vigor das sementes ao longo do período de armazenamento, independentemente do teor de água estudado.

Há comportamento diferenciado entre as cultivares de *C. arabica* avaliadas quanto à deterioração ao longo do armazenamento.

#### **AGRADECIMENTOS**

À Capes e à UFLA, pelo financiamento do estudo e pela concessão de bolsas.

## REFERÊNCIAS

- ABREU, L. A. S. et al. Behavior of coffee seeds to desiccation tolerance and storage. **Journal of Seed Science**, Londrina, v. 36, n. 4, p. 399-406, 2014.
- ARAÚJO, R. F.; ARAUJO, E. F.; CECON, P. R.; SOFIATTI, V. Conservação de sementes de café (*Coffea arabica* L.) despulpado e não despulpado. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 30, n. 3, p.71-78, 2008.
- AZEVEDO, R. A. et al. Response of antioxidant enzymes to transfer from elevated carbon dioxide to air and ozone fumigation, in the leaves and roots of wild-type and a catalase-deficient mutant of barley. **Physiology Plantarum**, v. 104, p. 280-292, 1998.
- BRACCINI, A. et al. Efeito do grau de umidade e do tipo de embalagem na conservação de sementes de café (*Coffea arabica* L.). **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 21, n. 3, p. 571-577, 1999.
- BRANDÃO JÚNIOR, D. S.; VIEIRA, M. G. G. C.; GUIMARÃES, R. M.; HILHORST, H. W. M. Tolerância à dessecação de sementes de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) **Revista Brasileira de Sementes**, v. 24, n. 2, p.17-23, 2002.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - Secretaria de Defesa Agropecuária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: MAPA/ACS, 2009. 395 p.
- \_\_\_\_\_. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 35, de 29 de novembro de 2012**. Anexo XXII. Brasília: MAPA/ACS, 2012. 10 p.
- CARNEIRO, M. M. L. C. et al. Atividade antioxidante e viabilidade de sementes de girassol após estresse hídrico e salino. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 33, n. 4, p. 752-761, 2011.
- COELHO, S.V. B. et al. Alterações fisiológicas e bioquímicas em sementes de café secas em sílica gel e soluções salinas saturadas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 50, n. 6, p.483-491, jun. 2015.
- CORLETT, F. M. F.; BARROS, A. C. S. A.; VILLELA, F. A. Qualidade fisiológica de sementes de urucum armazenadas em diferentes ambientes e embalagens. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 29, n. 2, p. 148-158, 2007.
- ELLIS, R. H.; HONG, T. D.; ROBERTS, E. H. An intermediate category of seed storage behavior?:I., coffee. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 41, n. 230, p. 1167-1174, 1990.
- EYIDOĞAN, F.; OZ, M. T. Effect of salinity on antioxidant responses of chickpea seedlings. **Acta Physiology Plant**, v. 29, n. 5, p. 485-493, 2007.
- FANTAZZINI, T. B. et al. Associação entre o teste de envelhecimento artificial e o armazenamento natural de sementes de café. **Journal of Seed Science**, Londrina, v. 40, n. 2, p. 164-172, jun. 2018.

FERREIRA, D. F. SISVAR: A computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, nov./dez. 2011.

GIANNOPOLITIS, C. N.; RIES, S. K. Superoxide dismutases. I. Occurrence in higher plants. **Plant Physiology**, v. 59, p. 309-314, 1977.

GROOT, S. et al. Seed storage at elevated partial pressure of oxygen, a fast method for analysing seed ageing under dry conditions. **Annals of Botany**, v. 110, p. 1149–1159, 2012.

LOPES, J. C. et al. Spatial distribution of physiological quality of Arábica coffee seeds to cultivate Catuai. **Idesia (Arica)**, v. 32, n. 2, p. 65-74, 2014.

NASIRO, K.; SHIMBER, T.; MOHAMMED, A. Germination and seedling growth rate of coffee (*Coffea arabica* L.) seeds as influenced by initial seed moisture content, storage time and storage condition. **International Journal of Agriculture Biosciences**, v. 6, n. 6, p. 304-310, 2017.

PETRENKO, V. Influence of storage conditions on germination of winter wheat seeds (*Triticum aestivum* L.) in relation to agriculture systems. **Žemės Ūkio Mokslai**, v. 21, n. 3, p. 173-180, 2014.

ROSA, S. D. V. F. et al. Effects of different drying rates on the physiological quality of *Coffea canephora* Pierre seeds. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 17, p. 199-205, 2005.

SALLA, S. et al. Antioxidant activity of papaya seeds extracts against oxidative stress induced by H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> in HepG2 cells. **Food Science and Technology**, v. 66, p. 293–297, 2016.

SANO, N. et al. Staying Alive: Molecular Aspects of Seed Longevity. **Plant and Cell Physiology**, v. 57, n. 4, p. 660–674, April, 2016.

SANTOS, G. C.; VON PINHO, E. V. R.; ROSA, S. D.V.F. Gene expression of coffee seed oxidation and germination processes during drying. **Genetics and Molecular Research**, v. 12, n. 4, p. 6968-6982, 2013.

SCHAUSBERGER, C. et al. Abscisic acid-determined seed vigour differences do not influence redox regulation during ageing. **Biochemical Journal**, 28 Feb. 2019.

SURIYONG, S. et al. Influence of Storage Conditions on Change of Hemp Seed Quality. **Agriculture and Agricultural Science Procedia**, v. 5, p. 170–176, 2015.

VIEIRA, A. R. et al. Armazenamento de sementes de cafeeiro: ambientes e métodos de secagem. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 29, n. 1, p. 76-82, 2007.

### CAPÍTULO 3 - TRATAMENTO QUÍMICO E QUALIDADE FISIOLÓGICA E SANITÁRIA DE SEMENTES DE *Coffea arabica*

#### RESUMO

A qualidade sanitária é um atributo de qualidade importante em sementes de café, principalmente durante o armazenamento, visto que a presença de fungos de solo e de armazenamento são importantes causadores de perda da qualidade. Sendo assim, o tratamento químico visando a proteção das sementes durante o armazenamento, torna-se cada vez mais importante na produção agrícola, sendo necessário a avaliação dos efeitos dos produtos no desenvolvimento das plântulas, bem como na proteção contra os fungos de armazenamento, visando prolongar a longevidade das sementes e evitar a rápida deterioração. Portanto, o objetivo no trabalho foi avaliar o efeito do tratamento químico na qualidade fisiológica e sanitária de sementes de café armazenadas. Foram utilizadas sementes de cinco cultivares de *Coffea arabica* da safra 2016/2017. As sementes no estágio de maturação foram processadas, pré-secadas e submetidas ao tratamento com o produto Vitavax Thiram, e armazenadas em câmara fria a 10 °C por um período de nove meses. A qualidade fisiológica foi avaliada a cada três meses pelo teste de germinação e porcentagem de protrusão radicular, de plântulas com folhas cotiledonares expandidas e massa seca de plântulas. A avaliação da qualidade sanitária foi realizada pelo teste de sanidade. A utilização do tratamento químico com o produto Vitavax® Thiram não afeta a qualidade fisiológica das sementes de *Coffea arabica* armazenadas. Há redução na incidência dos patógenos *Fusarium* spp. e *Phoma* spp. em sementes de café tratadas e armazenadas.

**Palavras-chave:** Armazenamento. Vitavax Thiram, *Fusarium* spp. *Phoma* spp.

## ABSTRACT

Sanity quality is an important quality attribute in coffee seeds, especially during storage, as the presence of soil fungi and storage fungi are important causes of quality damage. Thus, chemical treatment aiming at the protection of seeds during storage becomes increasingly important in agricultural production, being necessary to evaluate the effects of products on seedling development, as well as protection against storage fungi, aiming to prolong seed longevity and prevent rapid deterioration. Therefore, the objective of this study was to evaluate the effect of chemical treatment on the physiological and sanitary quality of stored coffee seeds. Seeds of five cultivars of *Coffea arabica* from the 2016/2017 crop were used. The seeds at the ripening stage were processed, pre-dried, and subjected to treatment with Vitavax Thiram and stored in a cold chamber at 10 °C for a period of nine months. The physiological quality was evaluated every three months by the germination test and percentage of root protrusion, seedlings with expanded cotyledonary leaves and dry mass of seedlings. The sanity quality assessment was performed by the sanity test. The use of chemical treatment with Vitavax® Thiram does not affect the physiological quality of stored *Coffea arabica* seeds. There is a reduction in the incidence of pathogens *Fusarium* spp. and *Phoma* spp. in treated and stored coffee seeds.

**Keywords:** Storage. Vitavax Thiram. *Fusarium* spp. *Phoma* spp.

## 1 INTRODUÇÃO

O café é considerado um produto importante no mercado mundial, além de ser produzido e consumido em diversos países. O Brasil possui destaque neste cenário, visto que é considerado o maior produtor e exportador do grão no mundo.

O plantio comercial do café é geralmente feito por meio de mudas obtidas a partir de sementes e, portanto, a obtenção de sementes de alta qualidade é essencial para o sucesso da cultura (TRUJILLO; GOMES JUNIOR; CICERO, 2019). No entanto, uma das maiores dificuldades dos produtores de mudas de café é que as sementes são colhidas e precisam ser semeadas em um curto prazo, visto que perdem a viabilidade rapidamente, porém, as sementes são colhidas a partir de junho, onde as temperaturas são baixas, o que dificulta o desenvolvimento das mudas.

Dessa forma, o armazenamento dessas sementes se faz necessário, com o objetivo de produzir as mudas em épocas mais favoráveis ao seu desenvolvimento. No entanto, sementes de café são consideradas de comportamento intermediário com relação a tolerância à dessecação (ELLIS; HONG; ROBERTS, 1990; HONG; ELLIS, 1992), ou seja, tolera parcialmente a perda de água durante a secagem e ao armazenamento a baixas temperaturas, o que dificulta a manutenção da qualidade das mesmas durante o período de armazenamento.

Dentre os diversos fatores que afetam a qualidade das sementes, a qualidade sanitária é de grande importância, principalmente durante o armazenamento. A proliferação de fungos de armazenamento são importantes causadores de perda da qualidade das sementes ao longo do armazenamento. Além disso, a fonte de inóculo primário presente nas sementes favorece a infecção precoce das plântulas (BRACCINI et al., 1999). Desse modo, o tratamento químico visando a proteção das sementes durante o armazenamento torna-se cada vez mais importante na produção agrícola e, conseqüentemente, a avaliação do efeito do tratamento químico na qualidade das sementes tem sido objetivo de diversas pesquisas em espécies como braquiária (SERAGUZI et al., 2018), soja (CONCEIÇÃO et al., 2016), trigo (MURANETO et al., 2018) e milho (MARIUCCI et al., 2018).

No entanto, para a cultura do café, não existem produtos registrados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), para o tratamento de sementes. Porém, alguns estudos com café foram realizados utilizando produtos químicos registrados no MAPA para outras culturas, como no trabalho de Mendonça et al. (2000), utilizando o produto

Monceren® nas sementes de café, e em diferentes fases de desenvolvimento de mudas de cafeeiro no controle do tombamento causado por *Rhizoctonia solani* e o de Ferreira et al. (2010), utilizando o produto comercial Derosal Plus® para avaliar a transmissibilidade do fungo *Colletotrichum gloeosporioides* e o efeito do tratamento de sementes de café com a presença dessa doença.

Dessa forma, viveiristas têm utilizado produtos não registrados para a cultura do café como forma de proteção e eliminação de patógenos, porém, ainda são necessárias pesquisas com a utilização de produtos químicos que se mostrem eficientes para serem utilizados em sementes de café. Sendo assim, é possível elucidar o efeito do produto no desenvolvimento das plântulas, bem como na proteção contra os fungos de armazenamento, visando prolongar a longevidade das sementes e evitar a rápida deterioração. Portanto, o objetivo no trabalho foi avaliar o efeito do tratamento químico na qualidade fisiológica e sanitária de sementes de café armazenadas.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no Laboratório Central de Sementes do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras (UFLA). Foram utilizadas sementes úmidas (TABELA 1) recém-colhidas da safra 2017, da espécie *Coffea arabica* L. cultivares Catuaí Vermelho IAC 144, Mundo Novo IAC 376/4, Catiguá MG2, MGS Aranãs e Topázio MG 1190, cedidas pela Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), as quais já estavam sendo comercializadas.

Tabela 1 - Teor de água (%) de sementes de cinco cultivares de *Coffea arabica* recém colhidas.

Cultivares	Umidade
Catuaí Vermelho IAC 144	39,16%
Mundo Novo IAC 376/4	38,24%
Catiguá MG2	29,80%
MGS Aranas	40,39%
Topázio MG 1190	40,82%

Fonte: Da autora (2019).

Para o tratamento químico aplicado nas sementes foi utilizado o produto Vitavax ® Thiram 200 SC na dose de 3 ml/kg de sementes, diluído em água. Uma calda de 13 ml/kg de sementes foi aplicada em uma parte e, na outra parte, que não recebeu nenhum tratamento, químico, foi adicionado a mesma quantidade de água antes de serem armazenadas.

Após o tratamento, as sementes foram acondicionadas em sacos de rafia convencional, revestido por outro saco plástico impermeável. O armazenamento foi realizado em câmara fria a 10 °C, sendo retiradas amostras a cada três meses, por um período de nove meses, para a determinação da qualidade, pelos testes e determinações a seguir.

### a) Determinação do teor de água

A determinação do teor de água foi feita pelo método de estufa a 105 °C/24h (BRASIL, 2009a), com duas amostras de 20g. Os resultados obtidos com base no peso úmido, foram expressos em porcentagem.

### b) Teste de germinação

Foi realizado utilizando-se quatro repetições de 50 sementes sem os pergaminhos, distribuídas em papel de germinação, umedecido com quantidade de água equivalente a 2,5 vezes o peso do papel seco. As sementes foram mantidas em germinador regulado à



temperatura de 30 °C e a porcentagem de plântulas normais foi avaliada após 30 dias, segundo a Regra para Análise de Sementes (BRASIL, 2009a).

c) Protrusão radicular

Realizada aos 15 dias após o início do teste de germinação, quando foram computadas as plântulas que apresentaram a emissão da radícula e os resultados foram expressos em porcentagem.

d) Plântulas com folhas cotiledonares expandidas

A avaliação foi realizada aos 45 dias do início do teste de germinação, quando foram computadas as plântulas que apresentaram as folhas cotiledonares totalmente expandidas (estádio orelha de onça), e os resultados foram expressos em porcentagem.

e) Matéria seca de plântulas

Realizado aos 45 dias do início do teste de germinação, quando os eixos hipocótilo-radícula das plântulas normais foram separados e acondicionados em sacos de papel, colocados em estufa de circulação de ar a 60 °C, durante cinco dias. Após esse período foi determinada a matéria seca de raízes e de partes aéreas das plântulas, sendo os resultados expressos em gramas por plântula.

f) Teste de sanidade

O teste foi realizado com oito repetições de 25 sementes, utilizando-se três folhas de papel filtro dispostos em placas de petri de 15 cm de diâmetro com uma camada fina de agar-agar a 1,0%. Os papéis mata-borrão foram umedecidos com uma solução de 2,4D. As sementes que receberam tratamento químico ficaram encubadas durante 10 dias e aquelas que não receberam qualquer tratamento permaneceram por 7 dias (BRASIL, 2009b). Completado o período de incubação, as sementes foram analisadas individualmente com o auxílio de lupa estereoscópica e microscópio óptico para a identificação e quantificação dos fungos. Os resultados obtidos foram expressos em porcentagem de sementes infectadas.

g) Delineamento experimental e análises estatísticas

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2x4x5, sendo dois tratamentos químico (tratadas e não tratadas), quatro períodos de armazenamento (0,3,6 e 9 meses) e as cinco cultivares utilizadas. Os dados foram submetidos à análise de variância e à comparação de médias, com nível de significância a 5%, e foi realizada pelo teste de Scott Knott, com auxílio do software SISVAR® (FERREIRA, 2011).

Os dados quantitativos referentes ao período de armazenamento foram feitos por meio das médias observadas.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base nos resultados da análise de variância, houve interação dupla entre os fatores cultivares e período de armazenamento para a variável protrusão radicular. Na Tabela 2 e também na Figura 1, pode-se observar que as cultivares estudadas se diferenciaram após seis meses de armazenamento, apresentando valores muito próximos de protrusão radicular, com exceção da cultivar Catiguá MG2, que apresentou uma queda na porcentagem de protrusão radicular aos 9 meses de armazenamento.

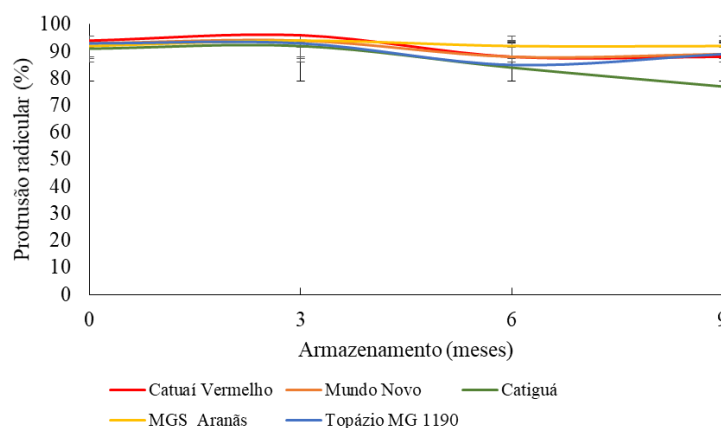
Tabela 2 - Protrusão radicular de sementes (%) das cultivares de *C. arabica* ao longo do armazenamento.

Cultivares	Período de armazenamento			
	0 meses	3 meses	6 meses	9 meses
Catuaí Vermelho IAC 144	94,00 A	96,00 A	88,00 A	88,00 A
Mundo Novo IAC 376/4	93,00 A	94,00 A	88,00 A	89,00 A
Catiguá MG2	91,00 A	92,00 A	84,00 B	77,00 B
MGS Aranas	92,00 A	94,00 A	92,00 A	92,00 A
Topázio MG 1190	93,00 A	93,00 A	85,00 B	89,00 A

As médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo Teste Scott-Knott a 5% de probabilidade

Fonte: Da autora (2019).

Figura 1 - Protrusão radicular (%) de sementes das cultivares de *C. arabica* ao longo do armazenamento.



Fonte: Da autora (2019).

Houve também interação significativa entre os fatores tratamento químico e período de armazenamento para a mesma variável em questão. Na Tabela 3, observa-se que o tratamento químico não afetou a porcentagem de protrusão radicular das sementes ao longo do armazenamento, exceto aos seis meses, em que se observa um valor inferior para aquelas sementes que receberam o tratamento químico.

Tabela 3 - Protrusão radicular de sementes (%) de *Coffea arabica* submetidas ao tratamento químico ao longo do armazenamento.

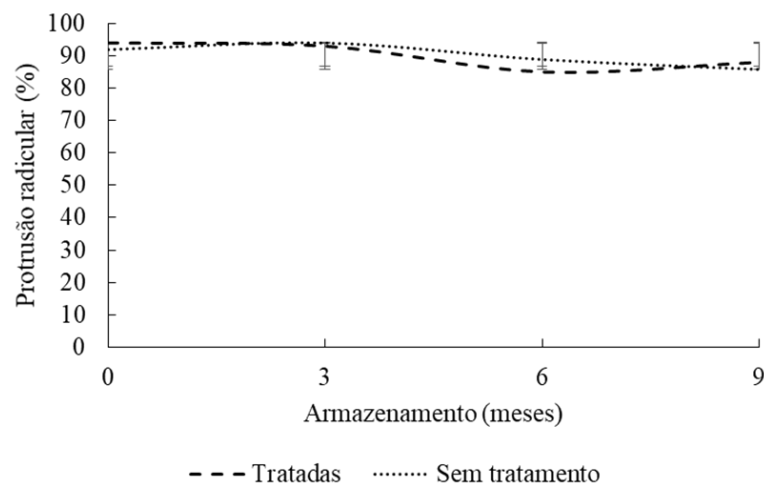
Tratamento Químico	Período de armazenamento			
	0 meses	3 meses	6 meses	9 meses
Sim	94,00 A	93,00 A	85,00 B	88,00 A
Não	92,00 A	94,00 A	89,00 A	86,00 A

As médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo Teste Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: Da autora (2019).

De maneira geral, as sementes tratadas e aquelas que não receberam o tratamento químico, apresentaram resultados semelhantes no percentual de protrusão radicular (FIGURA 2). Esse fato, mostra que o tratamento químico não afetou a porcentagem de protrusão radicular das sementes utilizadas no trabalho e que ao longo de nove meses de armazenamento as sementes tiveram o mesmo comportamento.

Figura 2 - Protrusão radicular (%) de sementes de *Coffea arabica* submetidas ao tratamento químico e sem tratamento durante o período de armazenamento.



Fonte: Da autora (2019).

Nos resultados do teste de germinação (TABELA 4) também foi observada interação significativa dos fatores, assim como ocorreu para a porcentagem de prostrusão radicular. Na Tabela 4 é possível observar que das sementes recém-colhidas, apenas a cultivar Catiguá MG2 apresentou resultados de germinação inferiores às demais cultivares.

Tabela 4 - Germinação de sementes (%) de diferentes cultivares de *Coffea arabica*, durante o período de armazenamento.

Cultivares	Período de armazenamento			
	sem armazenamento	3 meses	6 meses	9 meses
Catuaí Vermelho IAC 144	83,00 A	78,00 B	79,00 B	83,00 B
Mundo Novo IAC 376/4	81,00 A	81,00 B	76,00 C	80,00 B
Catiguá MG2	76,00 B	83,00 B	74,00 C	65,00 C
MGS Aranas	83,00 A	86,00 A	85,00 A	88,00 A
Topázio MG 1190	85,00 A	88,00 A	80,00 B	85,00 A

As médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo Teste Scott-Knott a 5% de probabilidade.

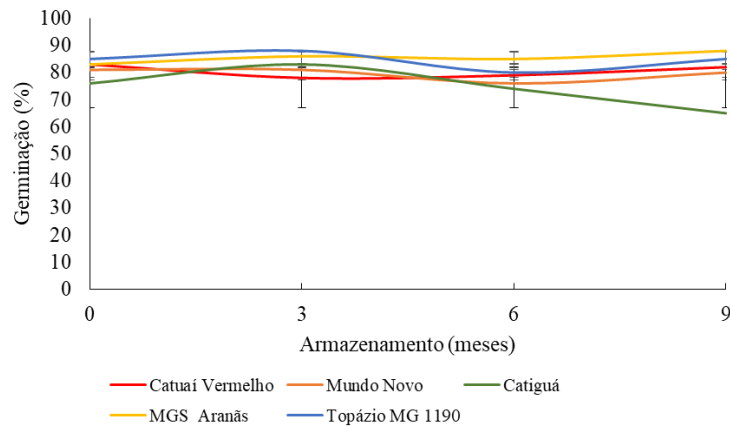
Fonte: Da autora (2019).

Esse resultado inferior da porcentagem de germinação das sementes da cultivar Catiguá MG2, pode ser explicado pelo menor teor de água das sementes, de 29%, sendo que das demais cultivares estava em torno de 40% (TABELA 1). Alguns autores alegam que, de maneira geral, a melhor conservação de sementes de café é atribuída a altos valores de umidade das mesmas, como 41% (VOSSEN, 1979); 40% (BARBOSA; HERRERA, 1990) e 35% (VASCONCELOS; GROTH; RAZERA, 1992).

É possível observar também, que após os 3 meses de armazenamento as cultivares se diferenciaram com relação a porcentagem de germinação e, nos períodos subsequentes, esse mesmo fato foi observado com maior intensidade. Por estes resultados, nota-se que, mesmo em condições iguais de armazenamento, existe um comportamento diferenciado quanto a deterioração das sementes das diferentes cultivares de *Coffea arabica* ao longo do armazenamento

Na Figura 3, observa-se que apesar dos diferentes comportamentos das cultivares ao longo do armazenamento, estas mantiveram o potencial de germinação mínimo para a comercialização de sementes de café exigida pelo MAPA após 9 meses de armazenamento, exceto para a cultivar Catiguá MG2, na qual o percentual de germinação chegou a 65%, abaixo portanto deste padrão, que é de 70%.

Figura 3 - Germinação (%) de sementes das diferentes cultivares de *Coffea arabica*, ao longo do armazenamento.



Fonte: Da autora (2019).

O efeito do tratamento químico nas sementes armazenadas pode ser observado na Tabela 5 e também na Figura 4, onde se observa melhor desempenho das sementes tratadas em relação às sementes sem tratamento quando estas estavam recém-colhidas. Ao longo do armazenamento não se observa diferença entre as sementes tratadas e não tratadas, exceto aos seis meses que da mesma forma como ocorreu para a porcentagem de protrusão radicular, as sementes tratadas tiveram menor porcentagem de germinação.

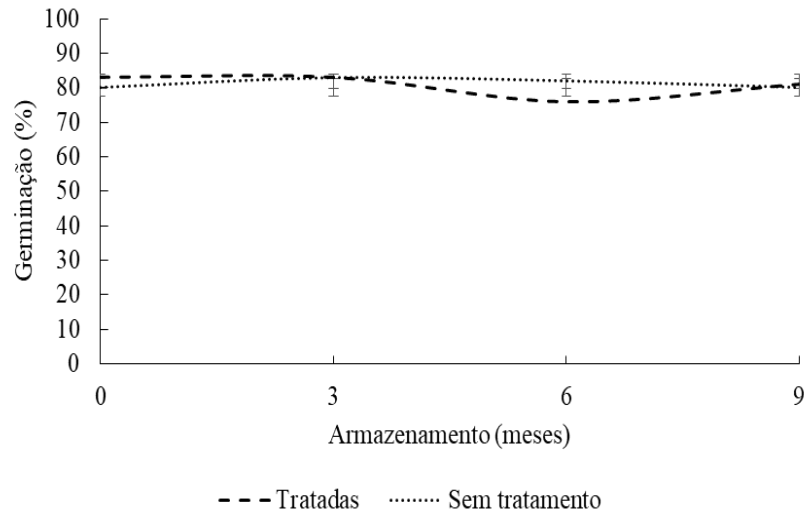
Tabela 5 - Germinação (%) de sementes de *Coffea arabica* submetidas ao tratamento químico, durante o período de armazenamento.

Tratamento Químico	Período de armazenamento			
	sem armazenamento	3 meses	6 meses	9 meses
Sim	83,00 A	83,00 A	76,00 B	81,00 A
Não	80,00 B	83,00 A	84,00 A	80,00 A

As médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo Teste Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: Da autora (2019).

Figura 4 - Germinação (%) de sementes de *Coffea arabica* submetidas ou não ao tratamento químico, ao longo do armazenamento.



Fonte: Da autora (2019).

Esse resultado demonstra que o tratamento químico não prejudica a germinação das sementes ao longo do armazenamento, porém, não se tem um ganho em qualidade fisiológica das mesmas com a possível eliminação de patógenos. De modo contrário ao que foi observado neste estudo, Veiga (2010), ao avaliar a qualidade fisiológica de sementes de café tratadas com o produto químico Vitavax Thiram 200 SC e armazenadas por um período de 12 meses, observou que as sementes tratadas e úmidas, ou seja, que não passaram pelo processo de secagem, tiveram redução drástica na porcentagem de plântulas normais de 2,5%, aos 12 meses de armazenamento.

Observa-se na Tabela 6 resultado semelhante ao do teste de germinação, no qual se verifica pouca diferença para a maioria das cultivares a utilização do tratamento químico no desenvolvimento das folhas cotiledonares nas plântulas de café, confirmando que a utilização do produto químico não foi prejudicial à semente durante o período de armazenamento, no que se refere ao vigor das plântulas.

Tabela 6 - Porcentagem de folhas cotiledonares expandidas aos 45 dias após a semeadura de sementes de cultivares de *Coffea arabica*.

Armazenamento (meses)	Cultivares	Tratamento químico	
		sem	com
0	Catuaí Vermelho IAC 144	77 Aa	79 Aa
	Mundo Novo IAC 376/4	78 Aa	76 Aa
	Catiguá MG2	74 Ba	67 Bb
	MGS Aranas	68 Bb	78 Aa
	Topázio MG 1190	80 Aa	82 Aa
3	Catuaí Vermelho IAC 144	62 Bb	69 Ba
	Mundo Novo IAC 376/4	59 Bb	70 Ba
	Catiguá MG2	59 Ba	55 Ca
	MGS Aranas	73 Aa	68 Ba
	Topázio MG 1190	75 Aa	79 Aa
6	Catuaí Vermelho IAC 144	82 Aa	65 Bb
	Mundo Novo IAC 376/4	77 Aa	66 Bb
	Catiguá MG2	68 Ba	61 Ba
	MGS Aranas	81 Aa	80 Aa
	Topázio MG 1190	80 Aa	70 Bb
9	Catuaí Vermelho IAC 144	64 Ca	65 Ba
	Mundo Novo IAC 376/4	72 Ba	76 Aa
	Catiguá MG2	42 Db	59 Ca
	MGS Aranas	81 Aa	80 Aa
	Topázio MG 1190	82 Aa	80 Ba

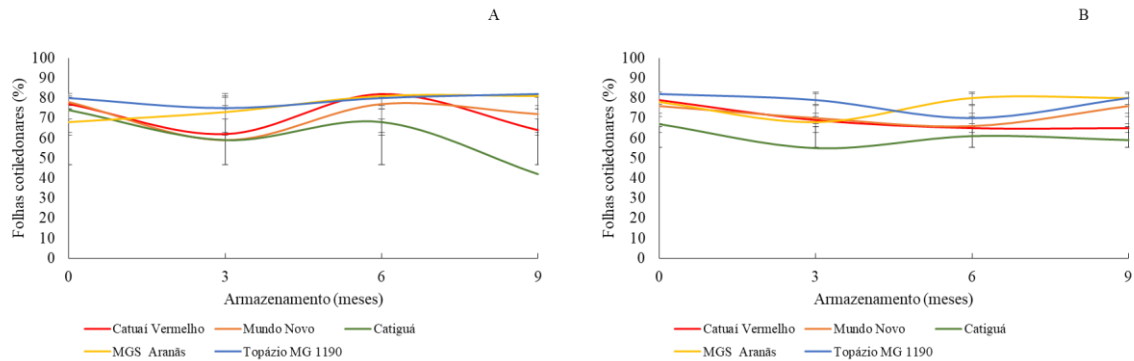
As médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna para cada época de armazenamento e minúscula na linha não diferem entre si pelo Teste Scott-Knott a % de probabilidade.

Fonte: Da autora (2019).

Apesar de não terem sido observadas diferenças na porcentagem de plântulas com de folhas cotiledonares oriundas de sementes tratadas e não tratadas, em cada período de armazenamento, nos gráficos da Figura 5 é possível perceber que as sementes tratadas quimicamente apresentaram um comportamento semelhante com relação ao vigor das plântulas, e nas cultivares sem tratamento químico, observa-se maior oscilação para a mesma característica avaliada, com maior queda do número de folhas cotiledonares após 6 meses. Ressalta-se ainda que, a cultivar Catiguá teve maior redução na porcentagem de folhas cotiledonares quando oriundas de sementes sem tratamento, e quando as sementes foram tratadas observa-se uma manutenção do vigor (FIGURA 5).



Figura 5 - Folhas cotiledonares expandidas (%) aos 45 dias após a semeadura de sementes das cultivares de *Coffea arabica* submetidas ao tratamento químico (B) e sem tratamento (A), durante o armazenamento.



Fonte: Da autora (2019).

O tratamento de sementes com fungicidas é uma medida importante na proteção das sementes durante o armazenamento, podendo garantir uma população adequada de plantas e bom desenvolvimento das mesmas após a semeadura (ZORATO; HENNING, 2001). Araujo et al. (2019) também observaram melhorias na qualidade fisiológica das sementes de mamona tratadas quimicamente com Derosal e Vitavax Thiram, quando comparado àquelas sem tratamento, aos 12 meses de armazenamento.

Ribeiro (2013) ao estudar tratamentos alternativos para a conservação de sementes de café arábica, verificou que sementes tratadas com o produto químico mancozebe apresentaram comprimento de raiz superior às das plântulas obtidas de sementes sem nenhum tratamento durante o período de 15 meses de armazenamento.

Na avaliação da matéria seca das raízes das plântulas pode-se observar que na maioria das épocas de armazenamento, o comportamento das cultivares com relação ao tratamento químico é semelhante, não havendo diferença entre as plântulas oriundas de sementes que foram tratadas e as que não receberam tratamento químico (TABELA 7). Ao analisar o efeito do tratamento químico entre as cultivares, percebe-se diferenças entre as mesmas, antes do armazenamento (sementes recém-colhidas), sendo ao longo do período de armazenamento observado maiores diferenças.

Tabela 7 - Matéria seca (g) de raiz (R) e parte aérea (PA) de plântulas com 45 dias, oriundas de sementes das cultivares de *Coffea arabica*.

Armazenamento (meses)	Cultivares	R		PA	
		Tratamento químico		Tratamento químico	
		sem	com	sem	com
0	Catuaí Vermelho IAC 144	0,32 Ba	0,35 Ba	1,60 Ba	1,73 Aa
	Mundo Novo IAC 376/4	0,35 Aa	0,32 Ba	1,77 Aa	1,78 Aa
	Catiguá MG2	0,29 Ba	0,29 Ba	1,36 Ca	1,26 Ba
	MGS Aranas	0,39 Aa	0,41 Aa	1,42 Cb	1,85 Aa
	Topázio MG 1190	0,28 Bb	0,34 Ba	1,54 Ba	1,68 Aa
3	Catuaí Vermelho IAC 144	0,22 Ba	0,23 Ba	1,27 Ba	1,39 Ba
	Mundo Novo IAC 376/4	0,19 Ba	0,23 Ba	1,39 Bb	1,62 Aa
	Catiguá MG2	0,23 Ba	0,16 Cb	1,29 Ba	1,10 Cb
	MGS Aranas	0,29 Aa	0,30 Aa	1,64 Aa	1,52 Ba
	Topázio MG 1190	0,22 Bb	0,30 Aa	1,43 Bb	1,71 Aa
6	Catuaí Vermelho IAC 144	0,32 Aa	0,25 Bb	1,79 Aa	1,37 Cb
	Mundo Novo IAC 376/4	0,34 Aa	0,24 Bb	1,79 Aa	1,59 Bb
	Catiguá MG2	0,27 Ba	0,24 Ba	1,43 Ba	1,26 Cb
	MGS Aranas	0,33 Aa	0,34 Aa	1,89 Aa	1,90 Aa
	Topázio MG 1190	0,28 Ba	0,24 Ba	1,73 Aa	1,38 Cb
9	Catuaí Vermelho IAC 144	0,14 Ca	0,11 Ca	1,06 Da	1,00 Ba
	Mundo Novo IAC 376/4	0,24 Ba	0,26 Aa	1,36 Cb	1,52 Aa
	Catiguá MG2	0,11 Cb	0,16 Ba	0,67 Eb	0,97 Ba
	MGS Aranas	0,34 Aa	0,27 Ab	1,94 Aa	1,50 Ab
	Topázio MG 1190	0,23 Ba	0,20 Ba	1,63 Ba	1,40 Ab

As médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna para cada época de armazenamento e minúscula na linha para cada variável não diferem entre si pelo Teste Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: Da autora (2019).

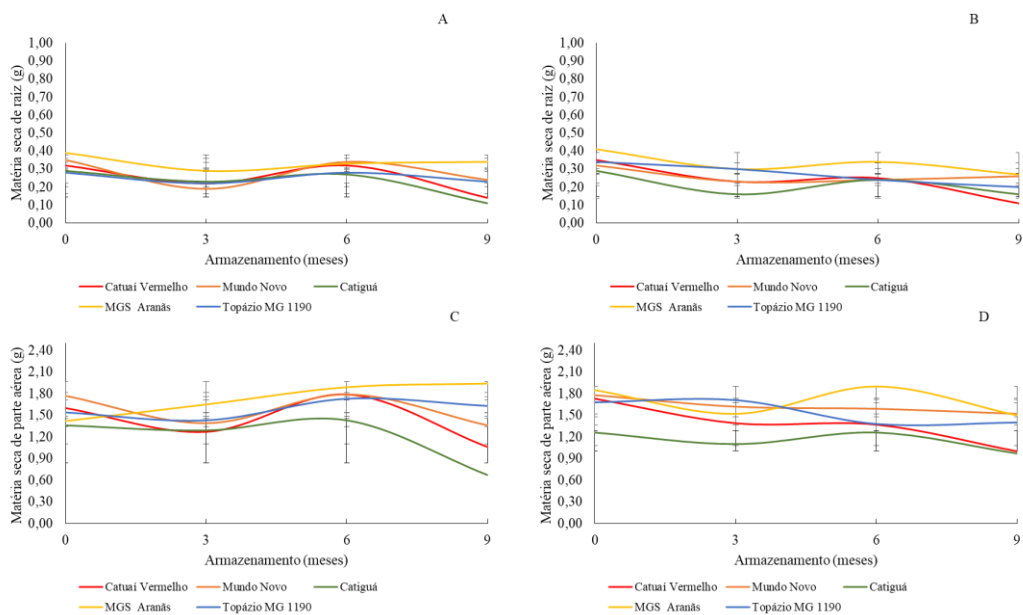
Pelos resultados da matéria seca de parte aérea das plântulas (TABELA 7), verifica-se que, para as sementes recém-colhidas não houve diferenças na utilização do tratamento químico, com exceção da cultivar MGS Aranas, em que os resultados de matéria seca da parte aérea são superiores que plântulas oriundas de sementes tratadas. Nos demais períodos de armazenamento observa-se que as cultivares tem um comportamento distinto, sendo que aos 6 meses de armazenamento, a maioria das cultivares apresentou melhores resultados de massa seca de parte aérea quando as sementes não receberam tratamento químico.

Ishikawa, Fonseca e Igarashi (2012) também observaram melhores resultados no desenvolvimento das plântulas de trigo obtidas de sementes sem tratamento químico com

Carboxin+Thiram e Difenconazole. Os autores relatam que estes fungicidas interferem negativamente no crescimento das plantas de trigo.

Nos gráficos representados pela Figura 6, observa-se que na análise da matéria seca de raiz das plântulas de café, as cultivares tiveram uma mesma tendência de comportamento quando submetidas ao tratamento químico (FIGURA 6B) e sem a aplicação do produto (FIGURA 6A), com queda de vigor a partir dos seis meses de armazenamento, principalmente para as cultivares Catiguá e Catuai Vermelho, independentemente da utilização do produto químico.

Figura 6 - Matéria seca de raiz (g) de plântulas aos 45 dias após a semeadura de sementes das cultivares de café submetidas ao tratamento químico (B) e sem tratamento (A), durante o armazenamento; Matéria seca de parte aérea (g) de cultivares de café submetidas ao tratamento químico (D) e sem tratamento (C) durante o armazenamento.



Fonte: Da autora (2019).

Na análise dos resultados de matéria seca de parte aérea (FIGURAS 6C e 6D), observa-se uma maior oscilação dessa variável ao longo do armazenamento. Nas plântulas provindas de sementes sem tratamento observa-se maior queda no vigor após 6 meses de armazenamento para as cultivares Catuai Vermelho, Catiguá e Mundo Novo. Ao se comparar essas mesmas cultivares tratadas quimicamente, observa-se um comportamento mais homogêneo e menor queda na massa seca de parte aérea, durante o armazenamento.

Nas cultivares Topázio MG 1190 e MGS Aranas, percebe-se pouca variação durante o armazenamento quando as sementes não foram tratadas, apresentando, portanto, melhor manutenção da qualidade das sementes, independentemente da utilização do produto.

No teste de sanidade para a avaliação da incidência de patógenos nas sementes de café, ao longo do período de armazenamento, foi possível identificar a presença de quatro patógenos, sendo eles *Aspergillus* spp., *Fusarium* spp., *Penicillium* spp. e *Phoma* spp., de ocorrência em todos os períodos de armazenamento nas sementes, mesmo alguns em baixos níveis de infestação.

É possível observar que as sementes de todas as cultivares utilizadas tinham baixa incidência dos patógenos *Aspergillus* spp. e *Penicillium* spp., mesmo durante o armazenamento e, portanto, a utilização do tratamento químico não surgiu efeitos positivos na incidência destes patógenos nas sementes (TABELA 8), pois as condições de baixa temperatura (10 °C) não foi promissora para o desenvolvimento destes fungos. Já para os patógenos *Fusarium* spp. e *Phoma* spp. percebe-se uma redução na incidência quando da utilização do tratamento químico, mostrando que o uso do produto foi eficiente no controle deste patógeno para a maioria das cultivares durante o período de armazenamento.

Dessa mesma forma, Ferreira et al. (2010), ao estudarem a transmissibilidade do fungo *Colletotrichum gloeosporioides*, e o efeito do tratamento de sementes de café com a presença dessa doença, observaram que o uso do tratamento de sementes com o produto comercial Derosal Plus® (benzimidazol + dimetilditiocarbamato) foi eficiente no controle desse patógeno.

Já Mendonça et al. (2000), utilizando o produto Monceren ® (feniluréia) nas sementes e em diferentes fases de desenvolvimento de mudas de cafeeiro, verificaram que a aplicação do produto por rega, após a germinação das sementes, proporcionou maior controle do tombamento causado por *Rhizoctonia solani*, quando comparado com a aplicação do produto nas sementes.

Tabela 8 - Incidência de patógenos (%) em sementes das cultivares de *Coffea arabica* submetidas ao tratamento químico e sem tratamento, ao longo do armazenamento.

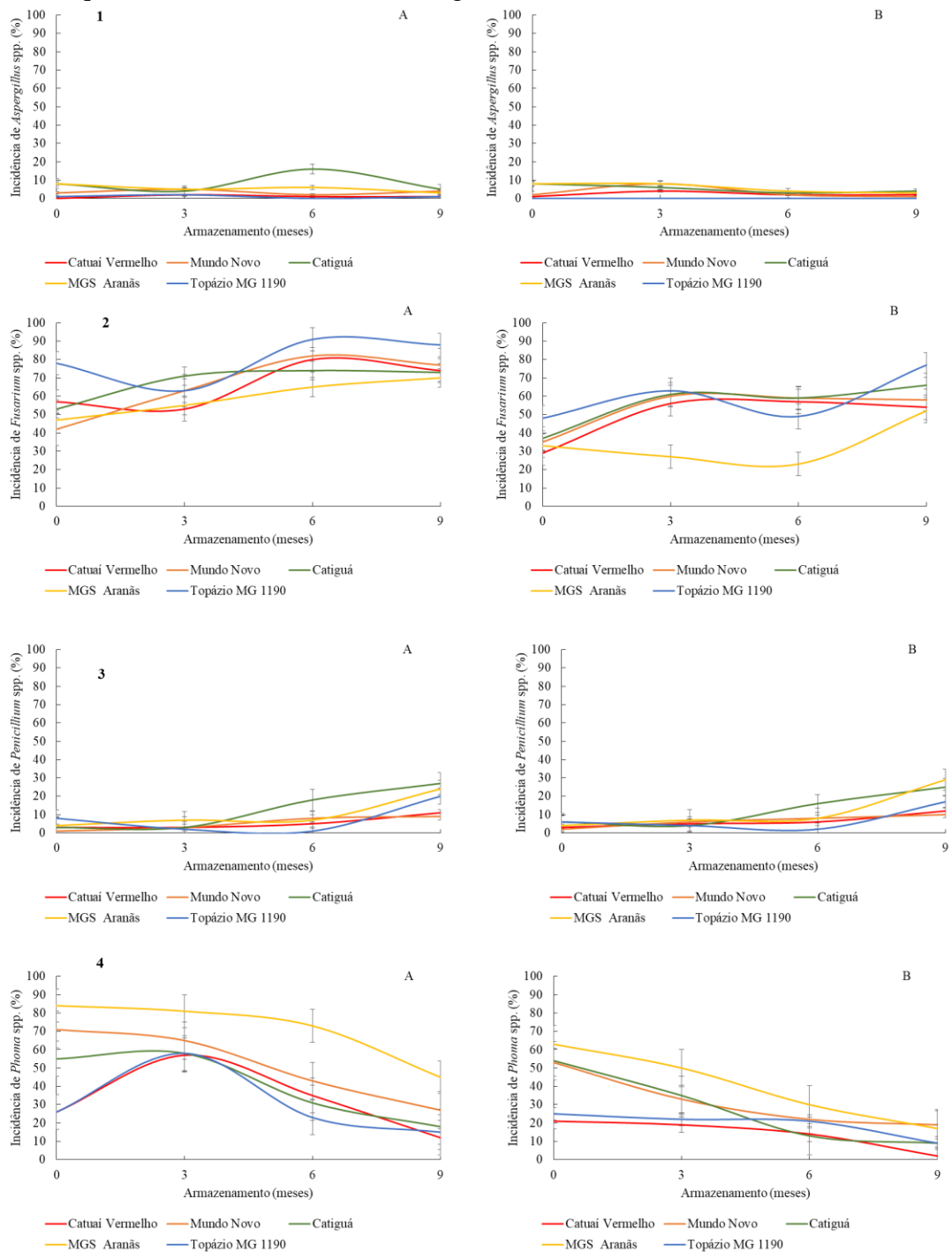
Armazenamento (meses)	Cultivares	Patógenos															
		<i>Aspergillus</i> spp.				<i>Fusarium</i> spp.				<i>Penicillium</i> spp.		<i>Phoma</i> spp.					
		Tratamento químico sem		com		Tratamento químico sem		com		Tratamento químico sem	com	Tratamento químico sem	com				
0	Catuaí Vermelho IAC 144	0,00	Aa	1,00	Aa	57,00	Bb	29,00	Aa	3,00	Aa	3,00	Aa	26,00	Aa	21,00	Aa
	Mundo Novo IAC 376/4	3,00	Aa	2,00	Aa	42,00	Aa	35,00	Aa	1,00	Aa	2,00	Aa	71,00	Cb	53,00	Ba
	Catiguá MG2	8,00	Ba	8,00	Ba	53,00	Bb	37,00	Aa	3,00	Aa	6,00	Aa	55,00	Ba	54,00	Ba
	MGS Aranãs	8,00	Ba	8,00	Ba	47,00	Ab	33,00	Aa	4,00	Aa	4,00	Aa	84,00	Db	62,00	Ca
	Topázio MG 1190	1,00	Aa	0,00	Aa	78,00	Cb	48,00	Ba	8,00	Ba	6,00	Aa	26,00	Aa	25,00	Aa
3	Catuaí Vermelho IAC 144	2,00	Aa	4,00	Ba	53,00	Aa	56,00	Ba	3,00	Aa	5,00	Aa	57,00	Cb	19,00	Aa
	Mundo Novo IAC 376/4	5,00	Aa	8,00	Ca	63,00	Ba	60,00	Ba	3,00	Aa	6,00	Aa	65,00	Bb	33,00	Ba
	Catiguá MG2	4,00	Aa	6,00	Ba	71,00	Bb	61,00	Ba	3,00	Aa	4,00	Aa	58,00	Cb	35,00	Ba
	MGS Aranãs	5,00	Aa	8,00	Ca	55,00	Ab	27,00	Aa	7,00	Aa	7,00	Aa	81,00	Ab	50,00	Ca
	Topázio MG 1190	2,00	Aa	0,00	Aa	63,00	Ba	62,00	Ba	2,00	Aa	4,00	Aa	58,00	Cb	22,00	Aa
6	Catuaí Vermelho IAC 144	1,00	Aa	2,00	Aa	80,00	Bb	57,00	Ba	5,00	Ba	6,00	Ba	35,00	Cb	14,00	Aa
	Mundo Novo IAC 376/4	2,00	Aa	2,00	Aa	82,00	Bb	59,00	Ba	8,00	Ba	8,00	Ba	43,00	Db	22,00	Ba
	Catiguá MG2	15,00	Cb	3,00	Aa	74,00	Ab	59,00	Ba	18,00	Ca	16,00	Ca	31,00	Bb	13,00	Aa
	MGS Aranãs	6,00	Ba	4,00	Aa	65,00	Ab	23,00	Aa	7,00	Ba	8,00	Ba	73,00	Eb	30,00	Ca
	Topázio MG 1190	0,00	Aa	0,00	Aa	91,00	Cb	49,00	Ba	1,00	Aa	2,00	Aa	23,00	Aa	21,00	Ba
9	Catuaí Vermelho IAC 144	1,00	Aa	2,00	Aa	74,00	Ab	54,00	Aa	11,00	Aa	12,00	Aa	12,00	Ab	2,00	Aa
	Mundo Novo IAC 376/4	4,00	Ba	1,00	Aa	77,00	Ab	58,00	Aa	9,00	Aa	10,00	Aa	27,00	Bb	19,00	Ca
	Catiguá MG2	5,00	Ba	4,00	Aa	73,00	Aa	66,00	Ba	27,00	Ca	25,00	Ca	18,00	Ab	9,00	Ba
	MGS Aranãs	3,00	Ba	3,00	Aa	70,00	Ab	52,00	Aa	24,00	Ca	29,00	Db	45,00	Cb	17,00	Ca
	Topázio MG 1190	1,00	Aa	0,00	Aa	89,00	Bb	76,00	Ca	20,00	Ba	17,00	Ba	15,00	Aa	9,00	Ba

As médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna para cada época de armazenamento e minúscula na linha para cada fungo, não diferem entre si pelo Teste Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: Da autora (2019).

Nos gráficos representados pela Figura 7, nota-se um comportamento semelhante das cultivares tratadas e sem tratamento químico ao longo do armazenamento para o patógeno *Aspergillus spp.*, o que confirma o observado também na Tabela 8.

Figura 7 - Incidência (%) do patógenos *Aspergillus spp.*(1), *F. usarium spp.*(2), *Penicillium spp.*(3) e *Phoma spp.* (4). em sementes de cinco cultivares de café sem tratamento químico (A) e tratadas (B) ao longo do armazenamento.



Fonte: Da autora (2019).

Para o patógeno *Fusarium spp.*, observa-se que na maioria das cultivares a incidência do fungo foi aumentando ao longo do período de armazenamento, porém, nas sementes com a presença do tratamento químico, esse aumento foi menor, tendo, portanto, um melhor controle deste patógeno durante o armazenamento (FIGURA 7).

Braccini et al. (1999) relaciona a incidência de microrganismos com o tipo de embalagem utilizada durante o armazenamento das sementes de café. Os autores observaram maior incidência do fungo *Fusarium semitectum* em sementes acondicionadas em sacos de papel kraft e algodão. Além disso, relatam que nas sementes de café armazenadas em embalagem de polietileno, ocorre uma redução na incidência desse fungo logo no início do armazenamento com umidade de 35 e 25%, divergindo, portanto, do que foi observado neste trabalho.

Ao analisar a incidência do patógeno *Penicillium spp.*, pode-se perceber que as sementes das cultivares utilizadas tiveram um comportamento semelhante, com baixa infestação deste fungo, e a partir dos seis meses de armazenamento ocorre um aumento da incidência do mesmo, porém, o tratamento químico não foi capaz de eliminar este patógeno nas sementes (FIGURA 7). Já para o patógeno *Phoma spp.* é possível notar que as sementes de todas as cultivares utilizadas tinham um alto nível de incidência do fungo na semente, com redução ao longo do período de armazenamento. Para as sementes que receberam o tratamento químico houve um controle deste patógeno logo após o tratamento e a incidência na semente também foi reduzindo durante o armazenamento (FIGURA 7).

De modo semelhante aos resultados encontrados, Dias e Barros (1993), trabalhando com sementes de *Coffea arabica*, também evidenciaram baixa incidência dos fungos de armazenamento *Penicillium spp.* e *Aspergillus spp.* durante o período de avaliação das sementes.

#### **4 CONCLUSÕES**

A utilização do tratamento químico com o produto Vitavax® Thiram não afeta a qualidade fisiológica das sementes de *Coffea arabica* armazenadas.

Há redução na incidência dos patógenos *Fusarium* spp. e *Phoma* spp. em sementes de café tratadas e armazenadas.

#### **AGRADECIMENTOS**

À Capes e à UFLA, pelo financiamento do estudo e pela concessão de bolsas.



## REFERÊNCIAS

- ARAUJO, R. F. et al. Tratamentos alternativos para conservação de sementes de mamona (*Ricinus communis* L.). **Summa phytopathologica**, Botucatu, v. 45, n. 1, p. 89-96, mar. 2019.
- BARBOZA, R.; HERRERA, J. El vigor en la semilla de cafe y su relacion con la temperatura de secado, el contenido de humedad y las condiciones de almacenamiento. **Agronomia Costarricense**, v. 14, n. 1, p. 01-08, 1990.
- BRACCINI, A. L. et al. Incidência de microorganismos em sementes de café robusta durante o armazenamento. **Bragantia**, Campinas, v. 58, n. 2, p. 305-315, 1999.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Manual de análise sanitária de sementes**. Brasília: MAPA, 2009b. 200 p.
- \_\_\_\_\_. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: MAPA, 2009a. 399 p.
- CONCEIÇÃO, G. M. et al. Physiological and sanitary quality of soybean seeds under different chemical treatments during storage. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 20, n. 11, p. 1020-1024, 2016.
- DIAS, M. C. L. L.; BARROS, A. S. R. Conservação de sementes de café (*Coffea arabica* L.) em diferentes embalagens. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 15, n. 2, p. 197-202, 1993.
- ELLIS, R. H.; HONG, T. D.; ROBERTS, E. H. An intermediate category of seed storage behavior?:I., coffee. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 41, n 230, p. 1167-1174, 1990.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.
- FERREIRA, J. B. et al. Transmissibilidade e efeito do tratamento de sementes de cafeeiros com mancha manteigosa (*C. gloeosporioides*). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n.1, p. 101-108, 2010.
- HONG, T. D.; ELLIS, R. H. Development of desiccation tolerance in Norway maple (*Acer platanoides* L.) seeds during maturation drying. **Seed Science Research**, v. 2, n. 3, p. 169-172, 1992.
- ISHIKAWA, M. S.; FONSECA, I. C. B.; IGARASHI, S. Tratamento químico de sementes sobre o desenvolvimento de mancha marrom em plantas de trigo. **Ciência Rural**, v. 42, n. 8, p. 1341-1346, 2012.

- MARIUCCI, G. E. G. et al. Physiological potential of maize seeds submitted to different treatments and storage periods. **Journal of Seed Science**, Londrina, v. 40, n. 1, p. 60-66, mar. 2018.
- MENDONÇA, J.M.A. et al. Eficiência do Monceren 25% PM (Pencycuron) no controle do tombamento causado por *Rhizoctonia solani* em plântulas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 2000, Poços de Caldas, MG. **Anais...** Poços de Caldas, MG: MAPA/EMBRAPA, 2000. v.1, p. 253-256.
- MUNARETO, J. D. et al. Compatibility of *Azospirillum brasilense* with fungicide and insecticide and its effects on the physiological quality of wheat seeds. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 39, n. 2, p. 855-864, 2018.
- RIBEIRO, M. F. **Tratamentos alternativos para conservação de sementes de café arábica**. 2013. 82 p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2013.
- SERAGUZI, E. F. et al. Qualidade fisiológica de sementes de *Brachiaria brizantha* tratadas com fungicida e inseticida. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 31, n. 3, p. 651-656, 2018.
- TRUJILLO, H. A.; GOMES JUNIOR, F. G; CICERO, S. M. Imagens digitais de mudas para avaliação do vigor de sementes de café. **Journal of Seed Science**, Londrina, v. 41, n.1, p. 60-68, 2019.
- VASCONCELOS, L. M.; GROTH, D.; RAZERA, L. F. Efeito de processos de secagem, diferentes graus de umidade e tipos de embalagens na conservação de sementes de café (*Coffea arabica* L. cv. Catuaí Vermelho). **Revista Brasileira de Sementes**, v. 14, n. 2, p. 181-188, 1992.
- VEIGA, P. O. A. **Qualidade de mudas e aspectos fisiológicos, bioquímicos e biofísicos de sementes de café armazenadas**. 2010. 112 p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2010.
- ZORATO, M.; HENNING, A. Influência de tratamento fungicida antecipada, aplicação em diferentes épocas de armazenamento, sobre a qualidade de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 23, n. 2, p. 236-244, 2001.

## CAPÍTULO 4 - INFLUÊNCIA DO CONDICIONAMENTO FISIOLÓGICO EM SEMENTES DE CAFÉ ARMAZENADAS

### RESUMO

As sementes de café possuem baixa conservação durante o armazenamento, sendo considerada de comportamento intermediário com relação à tolerância a dessecação. O uso de tratamentos pré-germinativos, como o condicionamento fisiológico, tem sido utilizado para uniformizar e aumentar a velocidade de desenvolvimento de lotes de sementes. O desenvolvimento de pesquisas com o uso dessa técnica é de grande importância na cafeicultura, pois, além de permitir a semeadura em períodos mais adequados ao desenvolvimento das mudas, possibilita também uma maior manutenção da qualidade das sementes durante o período de armazenamento. Sendo assim, o objetivo no trabalho foi avaliar a influência do condicionamento fisiológico (*priming*) na qualidade fisiológica de sementes de café armazenadas com diferentes teores de água. Foram utilizadas duas cultivares de *Coffea arabica*: cv. Catuaí Vermelho IAC 144 e cv. Topázio MG 1190. Parte das sementes colhidas foi secada a sombra até atingir 12% de umidade e a outra parte não passou por processo de secagem. As sementes foram armazenadas em câmara fria a 10 °C por um período de nove meses, sendo após cada período de armazenamento, realizada a técnica de condicionamento fisiológico com posterior avaliação da qualidade fisiológica pelos testes de germinação, protrusão radicular, plântulas normais aos 15 dias, plântulas normais fortes, plântulas com folhas cotiledonares expandidas e massa seca de plântulas. As sementes úmidas submetidas à técnica de condicionamento fisiológico mantêm a qualidade fisiológica após nove meses de armazenamento. O condicionamento fisiológico melhora o vigor de sementes, principalmente de lotes de média qualidade. O condicionamento fisiológico é prejudicial às sementes secas armazenadas durante o período de nove meses.

**Palavras-chave:** *Coffea arabica*. Priming. Teor de água. Armazenamento.

## ABSTRACT

Coffee seeds have low conservation during storage and are considered of intermediate behavior related to desiccation tolerance. The use of pre-germinative treatments, such as physiological conditioning, has been used to unify and increase seed lot development speed. The development of research using this technique is of great importance in coffee growing, because besides allowing sowing in more suitable periods for seedling development, it also allows a greater maintenance of seed quality throughout the storage period. Thus, the objective of this study was to evaluate the influence of priming on the physiological quality of coffee seeds stored with different water contents. Two cultivars of *Coffea arabica* were used: cv. Catuaí Vermelho IAC 144 and cv. Topazio MG 1190. Part of the harvested seeds were dried in the shade until they reached 12% humidity and the other part did not go through drying process. The seeds were stored in a cold chamber at 10°C for a period of nine months. After each storage period, the priming technique was performed, with subsequent evaluation of physiological quality by germination, root protrusion, normal seedlings at 15 days, strong normal seedlings, seedlings with expanded cotyledonary leaves and dry mass of seedlings. Moist seeds submitted to physiological conditioning technique maintain physiological quality after nine months of storage. Physiological conditioning improves seed vigor, especially of medium quality lots. Physiological conditioning is prejudicial to dry seeds stored during the nine month period.

**Keywords:** *Coffea arabica*. Priming. Water contente. Storage.

## 1 INTRODUÇÃO

O café é considerado um dos produtos e mais importantes no cenário agrícola, com grande importância no mercado nacional e internacional, sendo o Brasil considerado o maior produtor mundial de café, e isso impacta diretamente na economia do país.

A propagação do cafeeiro é realizada por meio de mudas oriundas de sementes, portanto, a utilização de sementes de qualidade é um fator determinante da produção. As sementes de café são consideradas de difícil conservação devido a sensibilidade à dessecação, sendo classificadas como intermediárias, ou seja, toleram a perda parcial de água durante a secagem e não toleram armazenamento em baixas temperaturas (ELLIS; HO; ROBERTS, 1990).

Desse modo, técnicas realizadas antes da semeadura que permitam o melhor armazenamento e posterior desenvolvimento das plântulas provenientes dessas sementes são desejáveis. A tentativa de obter técnicas para acelerar o processo de germinação e promover a uniformidade no desenvolvimento das plântulas é de grande importância para a cafeicultura, pois além de permitir a semeadura em períodos mais adequados ao desenvolvimento das mudas, possibilita também uma maior manutenção da qualidade das sementes após o período de armazenamento.

O condicionamento fisiológico, também chamado de *priming* ou revigoramento de sementes, é um tratamento pré-semeadura com o objetivo de melhorar a velocidade e a uniformidade de germinação de sementes. O efeito positivo do uso dessa técnica tem sido bastante elucidado em diversas espécies, com melhorias na capacidade de germinação, maior uniformidade e vigor das sementes (ARMONDES et al., 2016; RUTTANARUANGBOWORN et al., 2017; ABID et al., 2018; ARIF et al., 2014).

A técnica de condicionamento fisiológico baseia-se no controle da hidratação das sementes a um nível que permita o início de todos os processos preparatórios da germinação, mas sem que ocorra alongamento celular e, conseqüentemente, a protrusão radicular. Dessa forma, ao final do condicionamento, espera-se que todas as sementes atinjam a mesma fase da curva de embebição, sem atingir a fase de protrusão radicular (HEYDECKER; COOLBEAR, 1977).

Na cultura do café, diversos estudos já foram realizados utilizando-se a técnica de condicionamento fisiológico na tentativa de aumentar a germinação de sementes de café,

investigando, principalmente, a temperatura e o tempo de condicionamento fisiológico para estabelecer uma metodologia adequada para a espécie (CAMARGO, 1998; LIMA, 1999; LIMA, 2004; BRAZ; ROSSETTO, 2008; CARVALHO et al., 2012; GUIMARÃES, 2000; SGUAREZI et al., 2001; KIKUTI et al., 2013; CARVALHO; ALMEIDA; GUIMARÃES, 2014).

Contudo, ainda são escassos os estudos com sementes de café que avaliem o uso da técnica de condicionamento fisiológico atrelado à qualidade de sementes ao longo do período do armazenamento, e se existe influência do teor de água da semente no uso dessa técnica. Sendo assim, o objetivo neste trabalho foi avaliar a influência do condicionamento fisiológico (*priming*) na qualidade fisiológica de sementes de café armazenadas com diferentes teores de água, em duas cultivares de *Coffea arabica*.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no Laboratório Central de Sementes do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras (UFLA). Foram utilizadas sementes da safra 2017, da espécie *Coffea arabica* L. cultivares Catuaí Vermelho IAC 144 e Topázio MG 1190, cedidas pela empresa Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG).

Foram utilizados no trabalho, sementes com dois teores de água, sendo eles, sementes úmidas recém-colhidas que já estavam sendo comercializadas pela empresa com teor de água de 39% e 41% para Catuaí Vermelho IAC 144 e Topázio MG 1190, respectivamente, e sementes secas ao sol até atingirem o teor de água próximo de 12%.

Depois de obtidas as sementes com os dois teores de água, estas foram acondicionadas em sacos de rafia convencional e embaladas com outro saco plástico impermeável. O armazenamento foi realizado em câmara fria a 10 °C, sendo retiradas amostras a cada três meses, por um período de nove meses, para a determinação da qualidade fisiológica das sementes.

Na condução do trabalho também foi realizado a técnica de condicionamento fisiológico em parte das sementes para os dois teores de água em questão. A técnica foi realizada ao final de cada período de armazenamento, sendo retirada uma amostra de 550 sementes dispostas em *erlemayer* com 400 ml de água destilada. Os recipientes foram conectados a uma bomba a vácuo com mangueiras plásticas para aeração do meio interno, acondicionados em BOD em temperatura de 25 °C durante sete dias e, após esse período, foram feitas as avaliações da qualidade fisiológica, conforme os testes e determinações a seguir.

### a) Determinação do teor de água

O teor de água foi obtido antes da realização da técnica de condicionamento fisiológico por meio do método de estufa a 105 °C/24h (BRASIL, 2009), com duas amostras de 20 g. Os resultados obtidos, com base no peso úmido foram expressos em porcentagem.

### b) Teste de Germinação

Foi realizado utilizando quatro repetições de 50 sementes sem os pergaminhos, distribuídas em papel para germinação, umedecido com quantidade de água equivalente a 2,5 vezes o peso do papel seco. As sementes foram mantidas em germinador regulado em

temperatura de 30 °C e a porcentagem de plântulas normais foi avaliada após 30 dias, segundo critérios estabelecidos na Regra para Análise de Sementes (BRASIL, 2009).

c) Protrusão radicular

Realizado aos 15 dias após o início do teste de germinação, foram computadas as plântulas que apresentaram a emissão da radícula e os resultados foram expressos em porcentagem.

d) Plântulas normais aos 15 dias

Realizado aos 15 dias após o início do teste de germinação, sendo contabilizadas as plântulas normais, com raiz primária e raízes laterais bem definidas, segundo os critérios adotados pela Regra para Análise de Sementes (BRASIL, 2009).

e) Plântulas normais fortes

Realizado aos 30 dias após o início do teste de germinação, foram avaliadas as plântulas normais fortes, seguindo um critério baseado no comprimento do eixo hipocótilo, em que as plântulas consideradas normais fortes foram aquelas com eixo hipocótilo radícula igual ou superior a 3 cm de comprimento.

f) Plântulas com folhas cotiledonares expandidas

A avaliação foi realizada aos 45 dias do início do teste de germinação, quando foram computadas as plântulas que apresentaram as folhas cotiledonares totalmente expandidas (estádio orelha de onça) e os resultados foram expressos em porcentagem.

g) Massa seca de plântulas

Realizado após 45 dias do início do teste de germinação, quando os eixos hipocótilo-radícula das plântulas normais foram separados e acondicionados em sacos de papel, colocados em estufa de circulação de ar a 60 °C, durante cinco dias. Após esse período foi determinada a massa seca de raízes e de partes aéreas das plântulas, sendo os resultados expressos em gramas por plântula.

h) Delineamento experimental e análises estatísticas

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2x4x2, sendo dois teores de água (úmida e seca), quatro períodos de armazenamento (0,3,6 e 9 meses) e condicionamento fisiológico (condicionadas e sem condicionamento) para cada cultivar utilizada. Os dados foram submetidos à análise de variância e à comparação de médias, com nível de significância a 5%, foi realizada pelo teste de Scott Knott, com auxílio



do software SISVAR® (FERREIRA, 2011). Os dados quantitativos referentes ao período de armazenamento foram feitos por meio das médias observadas.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pelos resultados da análise de variância, houve interação tripla entre os fatores teores de água, condicionamento fisiológico e período de armazenamento para todas as variáveis analisadas na avaliação da qualidade fisiológicas das sementes da cultivar Catuaí Vermelho. No teste de germinação, é possível observar que, para a cultivar em questão, a técnica de condicionamento fisiológico afetou a qualidade das sementes secas após três meses de armazenamento e que, para as sementes úmidas da cultivar Catuaí Vermelho, não houve diferença entre aquelas que foram submetidas ao condicionamento e as sementes não condicionadas (TABELA 1).

Tabela 1 - Porcentagens de Germinação (G) e de plântulas normais aos 15 dias (N15) oriundas de sementes de *Coffea arabica* cv. Catuaí Vermelho com diferentes umidades e submetidas ao condicionamento fisiológico ao longo do armazenamento.

Armazenamento (meses)	Condicionamento Fisiológico	G		N15	
		Umidade		úmida	seca
		úmida	seca	úmida	seca
0	sim	86 Aa	82 Aa	34 Aa	26 Ab
	não	80 Aa	78 Aa	4 Ba	0 Ba
3	sim	81 Aa	56 Bb	55 Aa	26 Ab
	não	81 Aa	79 Aa	8 Ba	3 Bb
6	sim	86 Aa	74 Bb	22 Aa	13 Ab
	não	86 Aa	81 Aa	5 Ba	5 Ba
9	sim	79 Aa	63 Bb	36 Aa	25 Ab
	não	80 Aa	75 Aa	2 Ba	5 Ba

As médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna para cada época de armazenamento e minúscula na linha para cada variável, não diferem entre si pelo teste Scott Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: Da autora (2019).

De forma similar, Carvalho, Guimarães e Silva (2012) ao utilizarem a técnica de condicionamento fisiológico em matriz sólida, também não observaram diferenças na porcentagem de germinação das sementes de *Coffea arabica* após 8 dias de condicionamento.

Ao analisar o resultado das sementes condicionadas, percebe-se que a germinação das sementes secas foi prejudicada a partir dos três meses de armazenamento, sendo aos nove meses, uma diferença maior entre as sementes úmidas e secas (TABELA 1). Esse mesmo fato pode ser observado para a porcentagem de plântulas normais aos 15 dias, com um pior

desempenho das sementes secas que foram submetidas à técnica de condicionamento quando comparado às sementes úmidas, demonstrado também na Tabela 1.

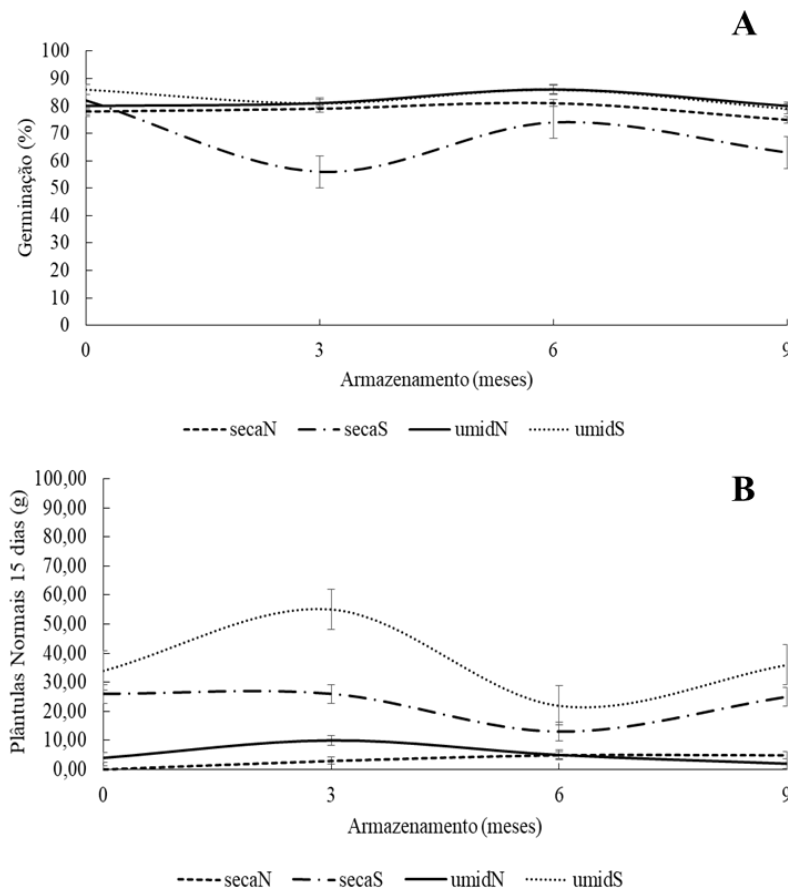
Marcos Filho (2015) relata que a hidratação rápida das sementes pode causar prejuízos, com morte das células superficiais e maior perda de exsudados. O fato de as sementes secas estarem com teor de água baixo, ao entrarem em contato direto com água, pode ter ocasionado esses danos à semente. Esse fato explica o que foi observado no trabalho, onde as sementes secas apresentaram valores inferiores de plântulas normais aos 15 dias quando comparado às sementes úmidas, ambas submetidas à técnica de condicionamento fisiológico.

As sementes da cultivar Catuaí Vermelho, que foram submetidas ao condicionamento fisiológico, apresentaram porcentagem muito superior de plântulas normais aos 15 dias após a semeadura, tanto sementes úmidas quanto sementes secas. Isso mostra que a técnica foi eficiente para acelerar o processo de desenvolvimento das plântulas, porém, para as sementes úmidas, esse processo foi mais favorável ao desenvolvimento quando comparado às sementes secas (TABELA 1).

Anese et al. (2011), trabalhando com sementes de tomate, observaram que a técnica de hidrocondicionamento, ou seja, a embebição das sementes apenas em água, foi favorável ao desenvolvimento das plântulas. No trabalho de Lima et al. (2004) também foi observado que o condicionamento fisiológico em água promove maior germinação e vigor em sementes de café, confirmando o que foi observado neste trabalho.

Pelos resultados apresentados na Figura 1A, pode-se observar que a porcentagem de germinação das sementes úmidas condicionadas, e úmidas sem condicionamento, foram muito próximas, não havendo diferença entre as mesmas durante os nove meses de armazenamento. As sementes secas sem condicionamento também apresentaram uma tendência próxima, tendo uma queda a partir dos seis meses. Já as sementes secas condicionadas, a partir dos três meses de armazenamento, apresentaram resultados inferiores de germinação, com maior oscilação durante esse período, o que confirma o observado anteriormente que para sementes secas da cultivar Catuaí Vermelho o condicionamento foi prejudicial à manutenção da qualidade das mesmas.

Figura 1 - Porcentagem de germinação (A) e de plântulas normais aos 15 dias (B) oriundas de sementes de *Coffea arabica* cv. Catuaí Vermelho em diferentes umidades e submetidas ao condicionamento fisiológico.



Fonte: Da autora (2019).

Pelos resultados do gráfico representado na Figura 1B, verifica-se que as sementes secas e úmidas não condicionadas apresentaram valores de plântulas normais aos 15 dias, próximo de zero, para todos os períodos de armazenamento avaliados. Já as sementes condicionadas obtiveram uma quantidade significativa de plântulas normais aos 15 dias, sendo que para as sementes úmidas condicionadas esse valor foi superior, com maior pico aos três meses, e após seis meses de armazenamento houve uma queda, porém, ainda superior às sementes que não foram condicionadas.

Segundo Marcos Filho (2015) o condicionamento fisiológico não é capaz de promover o aumento da germinação das sementes, visto que as sementes não são regeneradas. Esse fato também foi observado nos resultados obtidos, porém, deve-se destacar que o condicionamento fisiológico beneficiou a primeira contagem de germinação, que é um teste associado à germinação, contudo, expressa o vigor das sementes. Pallaoro et al. (2016) ao estudarem o

efeito do condicionamento fisiológico em sementes de milho também observou maiores porcentagens de plântulas normais na primeira contagem, e diferente do que foi observado neste trabalho, os autores também ressaltaram melhorias na porcentagem final de germinação das sementes.

Na Tabela 2 estão representados os resultados de plântulas normais fortes e de plântulas com folhas cotiledonares expandidas. Foi possível observar que a porcentagem de plântulas normais fortes das sementes úmidas e secas foram superiores em todos os períodos de armazenamento, quando estas foram submetidas à técnica de condicionamento fisiológico. Para a porcentagem de folhas cotiledonares expandidas foi observado o mesmo resultado nas sementes úmidas na maioria dos períodos de armazenamento, mostrando que a técnica foi eficiente para manter o vigor das sementes úmidas após o período de armazenamento (TABELA 2).

Tabela 2 - Porcentagem de plântulas normais fortes (NF) aos 30 dias após a semeadura e de folhas cotiledonares expandidas (FC) aos 45 dias após a semeadura de sementes de *Coffea arabica* cv. Catuaí Vermelho com diferentes umidades e submetidas ao condicionamento fisiológico ao longo do armazenamento.

Armazenamento (meses)	Condicionamento Fisiológico	NF (%)		FC (%)	
		Umidade			
		úmida	seca	úmida	seca
0	Sim	19 Aa	21 Aa	82 Aa	75 Aa
	Não	6 Ba	6 Ba	75 Ba	67 Bb
3	Sim	37 Aa	32 Aa	72 Aa	57 Ab
	Não	22 Ba	20 Ba	62 Ba	63 Aa
6	Sim	33 Aa	38 Aa	74 Aa	69 Ba
	Não	20 Ba	15 Ba	80 Aa	78 Aa
9	Sim	26 Aa	23 Aa	76 Aa	53 Bb
	não	20 Ba	9 Bb	67 Ba	63 Aa

As médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna para cada época de armazenamento e minúscula na linha para cada variável, não diferem entre si pelo teste Scott Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: Da autora (2019).

Armondes et al. (2016) ao avaliar sementes de repolho submetidas à técnica de condicionamento fisiológico, observaram benefício do osmocondicionamento em sementes envelhecidas artificialmente. No trabalho de Arif et al. (2014) também foi observado benefícios do uso da técnica de condicionamento fisiológico em sementes de soja, obtendo resultados positivos no vigor das sementes.

Já para as sementes secas, este fato não foi observado, visto que a partir dos seis meses de armazenamento, a porcentagem de plântulas com folhas cotiledonares expandidas foi superior quando as sementes não foram submetidas ao condicionamento fisiológico (TABELA 2). Este fato confirma o já observado anteriormente na Tabela 1 para germinação e plântulas normais aos 15 dias, mostrando que a utilização do condicionamento fisiológico em sementes secas é prejudicial à qualidade das sementes da cultivar Catuaí Vermelho armazenadas.

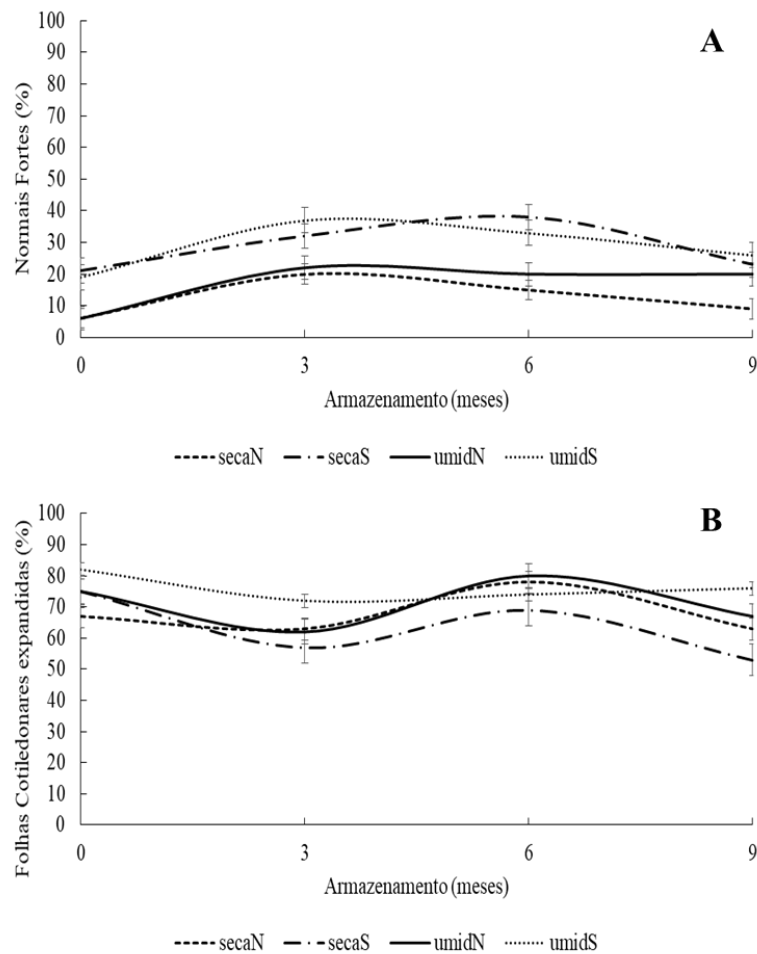
Segundo Marcos Filho (2015), sementes secas apresentam alterações na configuração de fosfolípidos de membranas, após a desidratação. Além disso, o autor relata uma dependência direta da velocidade e intensidade de liberação de exsudados com a organização do sistema de membranas celulares. Sendo assim, no início do processo de embebição, as sementes absorvem água de maneira mais rápida, e isso pode levar ao vazamento de solutos celulares provenientes das membranas desordenadas. Esse dano pode causar perda da qualidade das sementes e maior tempo para reorganização das membranas.

Na literatura encontram-se diversos trabalhos demonstrando que o uso de agentes osmóticos, estes que regulam o fluxo de água, são eficazes para diminuir os danos causados pela embebição rápida das sementes secas. Sedyama et al. (2012) observaram redução de danos e lesões em sementes de soja após a utilização do osmoprímio. Pallaoro et al. (2016) também observaram este mesmo efeito ao utilizarem um agente osmótico no condicionamento de sementes de milho.

Neste trabalho, não foi utilizado nenhum agente condicionante, sendo o condicionamento fisiológico das sementes feito apenas em água. Portanto, isso explica o fato de os resultados das sementes secas condicionadas não terem sido satisfatórios para a manutenção da qualidade fisiológica das mesmas, embora seja esta a técnica mais indicada para as sementes de café de acordo com a literatura.

Pelos resultados dos gráficos representados na Figura 2, observa-se uma tendência semelhante de comportamento das sementes úmidas e secas sem condicionamento, sendo ainda as sementes úmidas superiores com relação ao vigor das plântulas aos nove meses de armazenamento (FIGURA 2A). Já com relação às sementes condicionadas, também representado na Figura 2A, verifica-se resultados superiores com relação ao vigor das plântulas e após os três meses de armazenamento, observa-se um comportamento linear mostrando que o uso da técnica permitiu a manutenção do vigor durante o armazenamento.

Figura 2 - Porcentagem de plântulas normais fortes (A) e de folhas cotiledonares expandidas (B) oriundas de sementes de *Coffea arabica* cv. Catuaí Vermelho em diferentes umidades e submetidas ao condicionamento fisiológico.



Fonte: Da autora (2019).

Pela Figura 2B, observa-se no gráfico, um comportamento semelhante, sendo que as sementes úmidas condicionadas mantiveram elevada porcentagem de plântulas com folhas cotiledonares expandidas ao longo do período de nove meses de armazenamento, mostrando que a técnica permite a manutenção do vigor das sementes. Ressalta-se também, que as sementes secas condicionadas tiveram os menores valores de plântulas com folhas cotiledonares expandidas, mostrando novamente o efeito negativo da utilização da técnica em sementes secas.

Na Tabela 3 estão representados os dados de massa seca das plântulas de café, e com base nos resultados, pode-se observar que para a massa seca de raiz, as sementes úmidas condicionadas apresentaram resultados superiores em relação as sementes não condicionadas somente aos nove meses de armazenamento, não tendo, portanto, efeito do condicionamento

até os seis meses para sementes úmidas. Já nos resultados de massa seca de parte aérea percebe-se um aumento da qualidade das sementes úmidas quando submetidas ao condicionamento fisiológico aos três e aos nove meses de armazenamento.

Tabela 3 - Massa seca de raiz (MSR) e de parte aérea (MSPA) de plântulas, em gramas, aos 45 dias após a semeadura de sementes de *Coffea arabica* cv. Catuaí Vermelho com diferentes umidades e submetidas ao condicionamento fisiológico ao longo do armazenamento.

Armazenamento (meses)	Condicionamento Fisiológico	MSR		MSPA	
		Umidade		úmida	seca
		úmida	seca		
0	Sim	0,35 Aa	0,34 Aa	1,60 Aa	1,64 Aa
	Não	0,32 Aa	0,26 Bb	1,60 Aa	1,35 Bb
3	Sim	0,27 Aa	0,18 Ab	1,44 Aa	1,28 Aa
	Não	0,22 Aa	0,22 Aa	1,27 Ba	1,24 Aa
6	Sim	0,28 Aa	0,25 Aa	1,62 Ba	1,55 Aa
	Não	0,31 Aa	0,30 Aa	1,80 Aa	1,57 Ab
9	Sim	0,28 Aa	0,20 Ab	1,51 Aa	1,07 Ab
	Não	0,13 Bb	0,19 Aa	1,21 Ba	1,06 Aa

As médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna para cada época de armazenamento e minúscula na linha para cada variável não diferem entre si pelo teste Scott Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: Da autora (2019).

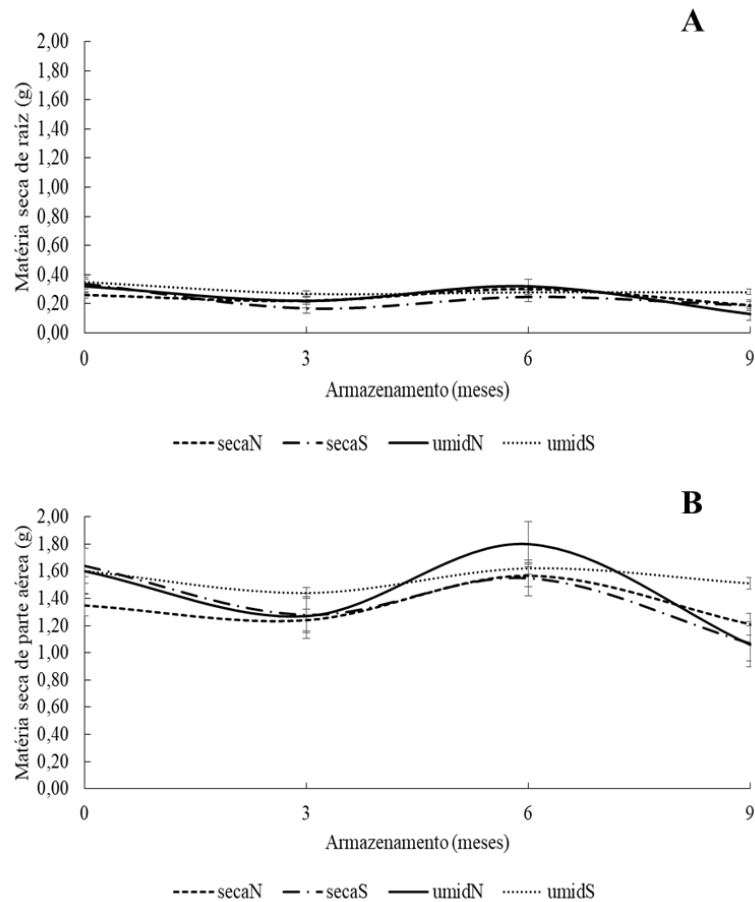
Para as sementes secas foi observado o mesmo resultado de massa seca de raiz e parte aérea, tendo um efeito positivo do condicionamento fisiológico apenas quando as sementes estavam recém-colhidas. Após o armazenamento, o condicionamento fisiológico não teve efeito nas sementes secas (TABELA 3).

Na comparação de massa seca entre as sementes úmidas e secas percebe-se, em alguns períodos de armazenamento, que as sementes secas tiveram sua qualidade prejudicada quando submetidas ao condicionamento fisiológico e, em outros períodos, não há diferença entre sementes úmidas e secas submetidas a essa técnica para as duas variáveis em questão (TABELA 3).

No gráfico representado pela Figura 3A, é possível observar que para todos os tratamentos utilizados, os resultados foram semelhantes e com pouca variação no peso da massa seca das raízes. Esse fato pode ser confirmado na Tabela 3, onde não foi possível observar diferenças significativas do condicionamento fisiológico para a massa seca de raiz.



Figura 3 - Massa seca de raiz (A) e de parte aérea (B) de plântulas, oriundas de sementes de *Coffea arabica* cv. Catuaí Vermelho em diferentes umidades e submetidas ao condicionamento fisiológico.



Fonte: Da autora (2019).

Na Figura 3B pode-se observar que as sementes úmidas condicionadas apresentam uma maior uniformidade com relação à massa seca de parte aérea ao longo do período de armazenamento, e este resultado corrobora com o observado na avaliação de plântulas com folhas cotiledonares expandidas na Figura 2B.

Este resultado é importante, pois sabe-se que as sementes de café apresentam desenvolvimento desuniforme e possuem rápida perda de vigor após o armazenamento. Eira et al. (2006) afirmam que as sementes maduras de café apresentam germinação lenta e assíncronas, e que este fato dificulta a obtenção de mudas ideais para o estabelecimento de lavouras de café e posterior produção.

Existem outros trabalhos na literatura que indicam um efeito positivo da técnica de condicionamento fisiológico no vigor de sementes. Kaur, Gupta e Kaur (2002), trabalhando com sementes de grão de bico, observaram que o hidrocondicionamento proporciona um

aumento no comprimento da parte aérea das plântulas em comparação com plântulas obtidas de sementes não condicionadas. Aloui et al. (2014) também observaram resultados positivos no uso da técnica de condicionamento fisiológico em sementes de pimenta, principalmente nos primeiros estágios iniciais de desenvolvimento das plântulas.

Pelos resultados da análise de variância para a cultivar Topázio MG1190, houve interação entre os fatores condicionamento fisiológico e teor de água para as variáveis protrusão radicular e germinação (TABELA 4), e também efeito significativo dos fatores armazenamento e condicionamento fisiológico para as mesmas variáveis em questão (TABELA 5).

Tabela 4 - Porcentagem de protrusão radicular (PR) e germinação (G) de sementes de *Coffea arabica* cv. Topázio MG 1190 em diferentes umidades e submetidas ao condicionamento fisiológico.

Condicionamento Fisiológico	PR		G	
	Umidade			
	úmida	seca	úmida	seca
Sim	93 Aa	88 Ba	85 Aa	76 Bb
Não	91 Aa	93 Aa	84 Aa	82 Aa

As médias seguidas de mesma letra minúscula na linha para cada variável, não diferem entre si pelo teste Scott Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: Da autora (2019).

Tabela 5 - Porcentagem de protrusão radicular (PR) e germinação (G) de sementes de *Coffea arabica* cv. Topázio MG 1190 submetidas ao condicionamento fisiológico ao longo do armazenamento.

Armazenamento (meses)	PR		G	
	Condicionamento Fisiológico			
	Sim	não	sim	não
0	94 a	92 a	88 a	84 a
3	90 a	94 a	76 b	86 a
6	87 a	88 a	77 a	81 a
9	89 b	95 a	80 a	84 a

As médias seguidas de mesma letra minúscula na linha para cada variável, não diferem entre si pelo teste Scott Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: Da autora (2019).

Com base nos resultados representados pela Tabela 4, é possível observar que as sementes secas da cultivar Topázio, quando submetidas à técnica de condicionamento fisiológico, apresentaram resultados inferiores de protrusão radicular e de porcentagem final de germinação para as mesmas sementes que não passaram por este processo. Isso mostra que

as sementes secas não toleram a técnica de condicionamento devido ao baixo teor de água, conforme foi observado na cultivar Catuaí.

Xia et al. (2017) encontraram resultados semelhantes ao trabalhar com o condicionamento fisiológico em sementes de aveia. Os autores relataram menor porcentagem de germinação das sementes quando muito secas (4% umidade) e envelhecidas quando submetidas ao hidrocondicionamento. Os autores ainda relatam que ao utilizar Polietileno Glicol (PEG), as sementes secas e envelhecidas apresentam maiores valores de germinação quando comparado às sementes sem condicionamento e daquelas hidrocondicionadas.

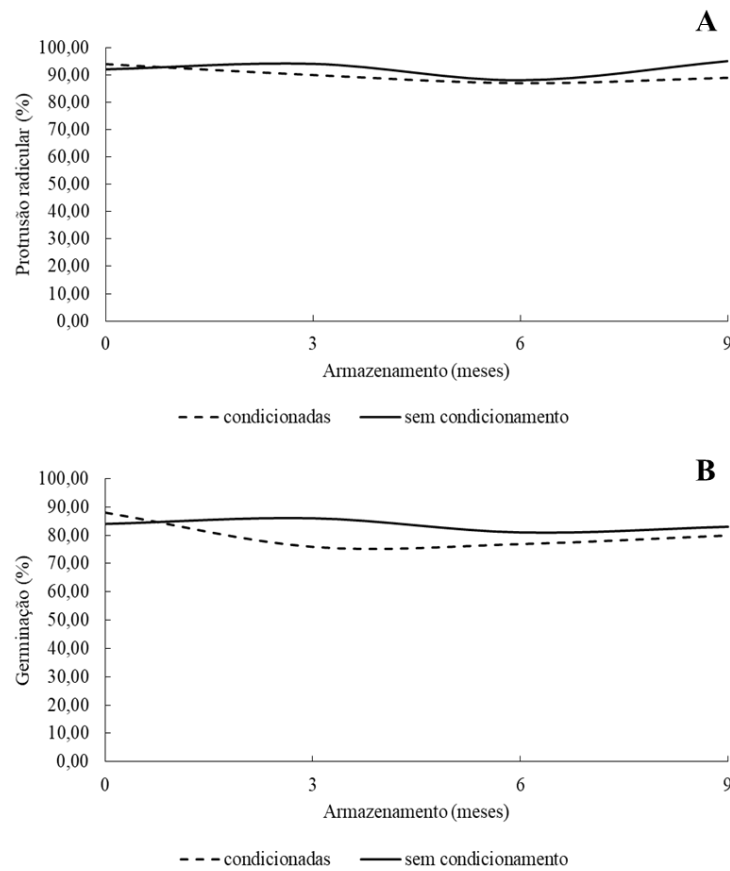
No processo de embebição das sementes, ocorre a reorganização dos constituintes celulares e, à medida que ocorre a hidratação dos tecidos, as sementes adquirem sensibilidade à rápida embebição, podendo assim, liberar maior quantidade de solutos e reiniciar o metabolismo de maneira defeituosa (MARCOS FILHO, 2015). O autor relata que, em condições onde é grande a diferença entre o potencial hídrico da semente e o do substrato, os danos podem intervir com mais intensidade na germinação. Esse fato pode elucidar o que foi observado nos resultados obtidos no trabalho.

Ao comparar as sementes úmidas e secas, observa-se menor porcentagem de germinação das sementes secas que foram condicionadas do que as sementes úmidas condicionadas (TABELA 4). Esse fato não é observado quando as sementes úmidas e secas não são submetidas ao condicionamento, apresentando porcentagem de germinação estatisticamente iguais.

Na Tabela 5 é possível observar que, apenas aos nove meses de armazenamento as sementes submetidas ao condicionamento fisiológico apresentaram menor porcentagem de protrusão radicular. Esse fato pode ser explicado devido a semente já estar com um nível de deterioração maior, e durante a embebição por meio do condicionamento fisiológico, ocasionou maior dano nas sementes, gastando assim, mais tempo para reestabelecer as membranas e emitir a radícula.

Ao analisar a porcentagem de germinação, não se observa diferenças entre sementes condicionadas e que não foram condicionadas (TABELA 5). Esse resultado pode ser elucidado nos gráficos representados na Figura 4, mostrando que para sementes de elevada qualidade fisiológica, o uso da técnica de condicionamento fisiológico não é capaz de aumentar a porcentagem de germinação.

Figura 4 - Porcentagem de protrusão radicular (A) e porcentagem de germinação (B) de sementes de *Coffea arabica* cv. Topázio MG 1190 submetidas ao condicionamento fisiológico ao longo do armazenamento.



Fonte: Da autora (2019).

Gomes et al. (2012), ao estudarem o condicionamento osmótico em sementes de berinjela, também não observaram melhorias na porcentagem de germinação das sementes após a técnica de condicionamento, porém, encontraram efeitos positivos da técnica no vigor das mesmas.

Galhaut et al. (2014) também não observaram diferenças na porcentagem de germinação dos tratamentos submetidos à técnica de condicionamento fisiológico com sementes de *Trifolium repens* L. No entanto, os mesmos autores ressaltam que em condições de solo poluído com metais pesados, as sementes condicionadas apresentaram desenvolvimento superior em relação àquelas que não passaram pelo processo de *priming*. Outros autores como Chen, Fessehaie e Arora (2013), Jisha, Vijayakumari e Puthur (2013) e Farahani e Maroufi (2011), também relataram benefícios no desenvolvimento de sementes sob condições de estresse com o uso da técnica de condicionamento fisiológico.

Nas Tabelas 6 e 7, estão representados os resultados obtidos pela interação tripla entre os fatores teores de água, condicionamento fisiológico e período de armazenamento para as demais variáveis analisadas na avaliação da qualidade fisiológicas das sementes da cultivar Topázio MG 1190.

Pelos resultados de porcentagem de plântulas normais aos 15 dias, verifica-se que em todos os períodos de armazenamento as sementes úmidas e secas condicionadas apresentaram um maior desenvolvimento das plântulas, muito superior quando comparados às sementes que não foram condicionadas (TABELA 6). Ao comparar as sementes úmidas e secas condicionadas, percebe-se que, para todos os períodos de armazenamento, as sementes úmidas apresentaram maiores valores de plântulas normais aos 15 dias e de folhas cotiledonares expandidas.

Tabela 6 - Porcentagem de plântulas normais aos 15 dias (N15), plântulas normais fortes aos 30 dias (NF) e folhas cotiledonares expandidas aos 45 dias (FC) após a semeadura de sementes de *Coffea arabica* cv. Topázio MG 1190 com diferentes umidades e submetidas ao condicionamento fisiológico (C.F.) ao longo do armazenamento.

ARMAZ.	C.F.	N15		NF		FC	
		Umidade		Umidade		Umidade	
		úmida	seca	úmida	seca	úmida	seca
0	sim	50,00 Aa	23,00 Ab	22,00 Aa	16,00 Aa	89,00 Aa	79,00 Ab
	não	1,00 Ba	1,00 Ba	7,00 Bb	14,00 Aa	80,00 Ba	77,00 Aa
3	sim	51,00 Aa	23,00 Ab	43,00 Aa	31,00 Ab	78,00 Aa	51,00 Bb
	não	4,00 Ba	1,00 Ba	23,00 Ba	24,00 Aa	75,00 Aa	76,00 Aa
6	sim	14,00 Aa	9,00 Ab	35,00 Aa	36,00 Aa	79,00 Aa	69,00 Bb
	não	1,00 Ba	0,00 Ba	31,00 Aa	16,00 Bb	82,00 Aa	81,00 Aa
9	sim	39,00 Aa	32,00 Ab	35,00 Aa	28,00 Aa	79,00 Aa	67,00 Ab
	não	9,00 Ba	1,00 Bb	16,00 Bb	26,00 Aa	81,00 Aa	63,00 Ab

As médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna para cada época de armazenamento e minúscula na linha para cada variável, não diferem entre si pelo teste Scott Knott a 5% de probabilidade.

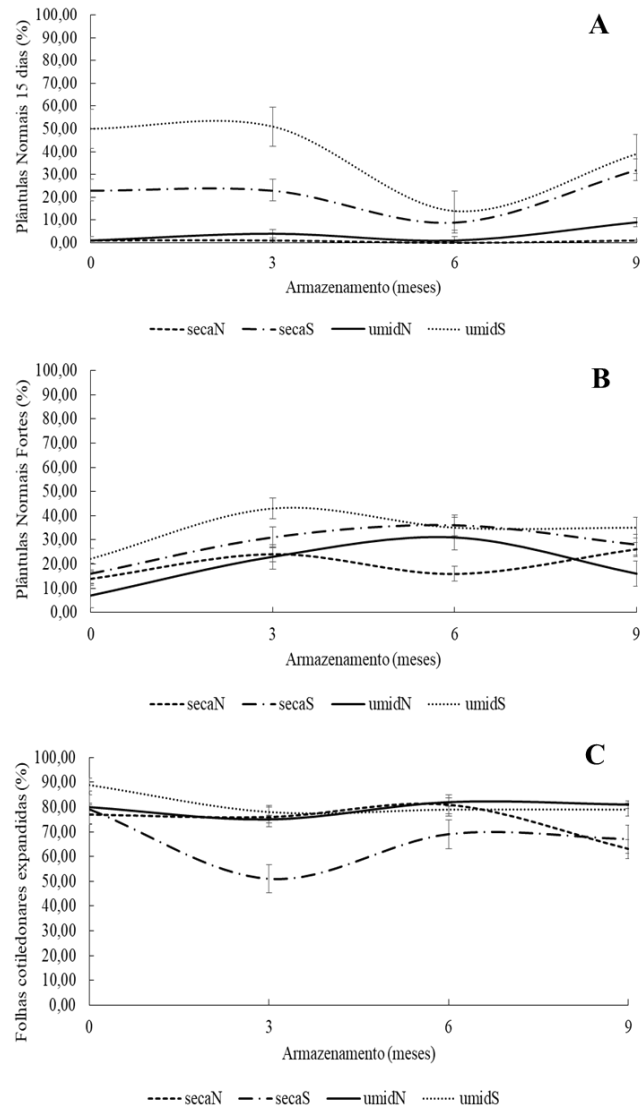
Fonte: Da autora (2019).

Ao analisar o resultado da porcentagem de plântulas normais fortes, observa-se que para as sementes úmidas, em todos os períodos de armazenamento, o condicionamento fisiológico proporcionou melhores resultados comparado às sementes úmidas sem condicionamento, ao contrário das sementes secas, onde não houve diferença para a mesma variável em questão (TABELA 6). É possível perceber também que as sementes úmidas e secas tiveram pequenas diferenças entre os tratamentos, não podendo, portanto, concluir sobre a influência do teor de água na porcentagem de plântulas normais fortes.

Na avaliação da porcentagem de plântulas com folhas cotiledonares expandidas, observa-se que apenas nas sementes úmidas recém-colhidas, o uso da técnica do condicionamento fisiológico foi relevante para aumentar o número de plântulas com desenvolvimento das folhas cotiledonares, sendo que após o armazenamento, esse efeito não foi observado para a variável em questão (TABELA 6). Já para as sementes secas, aos três meses e seis meses de armazenamento, o uso do condicionamento fisiológico foi prejudicial ao desenvolvimento das plântulas.

Na Figura 5A, pode-se notar que as sementes úmidas condicionadas apresentam os maiores valores de plântulas normais aos 15 dias, e que esse valor decresce a partir dos seis meses de armazenamento, porém, ainda superiores aos demais tratamentos. Já no gráfico representado na Figura 5B, observa-se um comportamento semelhante de todos os tratamentos no início do armazenamento, e à medida que aumenta esse período ocorre uma maior diferenciação dos resultados, sendo que nas sementes condicionadas ocorreu uma maior uniformidade no resultado de plântulas normais fortes ao longo do período de armazenamento.

Figura 5 - Porcentagens de plântulas normais aos 15 dias (A), plântulas normais fortes aos 30 dias (B) e plântulas com folhas cotiledonares expandidas aos 45 dias (C) após a semeadura de sementes de *Coffea arabica* cv. Topázio MG 1190 em diferentes umidades e submetidas ao condicionamento fisiológico.



Fonte: Da autora (2019).

De maneira geral, observa-se no gráfico da porcentagem de plântulas com folhas cotiledonares expandidas, que as sementes úmidas apresentaram um comportamento semelhante e uniforme durante todo o período de armazenamento (FIGURA 5C). Este mesmo fato foi constatado também no resultado apresentado na Tabela 6. As sementes secas condicionadas a partir dos três meses de armazenamento apresentaram queda na porcentagem de folhas cotiledonares expandidas, e após seis meses esses valores permaneceram iguais.

Foi possível observar resultados semelhantes para as variáveis massa seca de raiz e parte aérea apresentados na Tabela 7. As sementes úmidas submetidas ao condicionamento

fisiológico apresentaram maiores valores de massa seca de plântulas apenas quando recém-colhidas. Nas demais épocas de armazenamento, não houve diferença entre as sementes úmidas condicionadas e não condicionadas para ambas variáveis em questão (TABELA 7).

Tabela 7 - Massa seca de raiz de plântulas aos 45 dias após a semeadura de sementes de *Coffea arabica* cv. Topázio MG 1190 com diferentes umidades e submetidas ao condicionamento fisiológico ao longo do armazenamento.

Armazenamento (meses)	Condicionamento Fisiológico	MSR		MSPA	
		Umidade		úmida	seca
		Úmida	seca		
0	Sim	0,47 Aa	0,36 Ab	1,92 Aa	1,45 Ab
	Não	0,28 Ba	0,32 Ba	1,54 Ba	1,55 Aa
3	Sim	0,21 Aa	0,13 Bb	1,38 Aa	0,83 Bb
	Não	0,22 Ab	0,28 Aa	1,43 Aa	1,47Aa
6	Sim	0,27 Aa	0,27 Ba	1,60 Aa	1,47 Ba
	Não	0,28 Aa	0,31 Aa	1,73 Aa	1,63 Aa
9	Sim	0,21 Ab	0,25 Aa	1,55 Aa	1,42 Aa
	Não	0,24 Aa	0,13 Bb	1,60 Aa	1,21 Bb

As médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna para cada época de armazenamento e minúscula na linha para cada variável não diferem entre si pelo teste Scott Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: Da autora (2019).

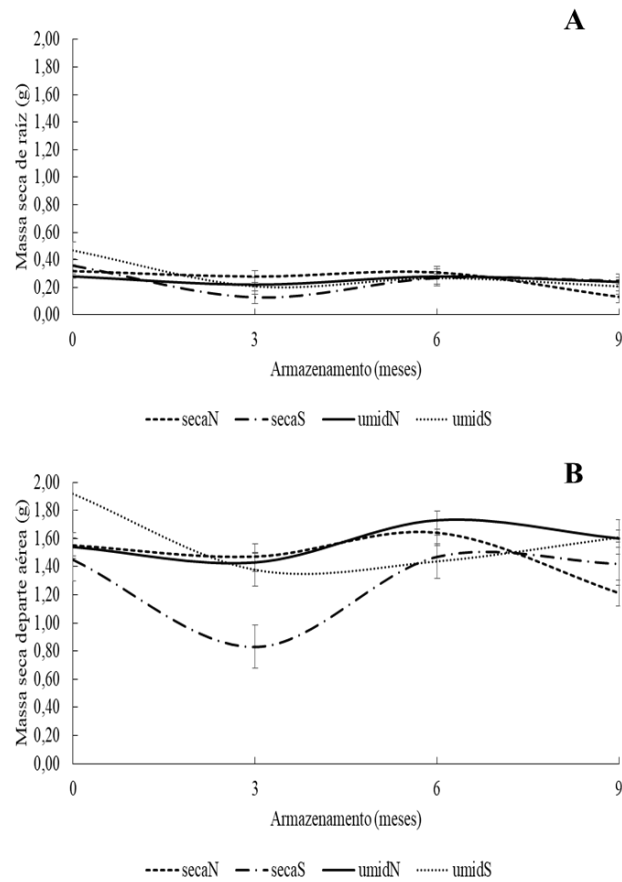
Observa-se também, que a partir dos três meses de armazenamento, o condicionamento foi prejudicial ao desenvolvimento das plântulas provindas de sementes secas (TABELA 7). Isso confirma o fato de que as sementes secas sofreram danos durante o processo de embebição no condicionamento fisiológico.

Na comparação entre sementes úmidas e secas, percebe-se que até os três meses de armazenamento, as sementes úmidas apresentaram melhores resultados de massa seca de raiz e parte aérea do que as sementes secas, ambas submetidas ao condicionamento fisiológico e que após os seis meses não ocorre influência do teor de água nos resultados obtidos (TABELA 7). Observa-se também que as sementes úmidas armazenadas durante nove meses apresentaram melhores resultados de massa seca de plântulas do que as sementes secas.

Pela Figura 6A observa-se que os tratamentos tiveram comportamento uniforme durante o período de armazenamento, com uma queda aos três meses para sementes secas condicionadas, e também após os seis meses de armazenamento é possível observar uma queda no desenvolvimento radicular das plântulas de todos os tratamentos.



Figura 6 - Massa seca de raiz (A) e de parte aérea (B) de plântulas oriundas de sementes de *Coffea arabica* cv. Topázio MG 1190 em diferentes umidades e submetidas ao condicionamento fisiológico.



Fonte: Da autora (2019).

Já na Figura 6B, representada pelo gráfico de massa seca da parte aérea das plântulas, percebe-se uma variação dos tratamentos ao longo do período de armazenamento, ocorrendo de forma semelhante ao resultado de massa seca de raiz, no qual aos três meses, observa-se uma queda no peso das plântulas provenientes de sementes secas condicionadas. Verifica-se também que as sementes úmidas condicionadas após queda aos três meses, mantiveram de forma linear o peso das plântulas nos períodos subsequentes.

De maneira geral, os resultados apontam que para lotes de sementes de elevada qualidade, o uso do condicionamento fisiológico não é eficiente para melhorar a porcentagem de germinação, e percebe-se que para a maioria dos testes de vigor não ocorre melhorias, conforme foi observado para a cultivar Topázio MG 1190, esta que mesmo após nove meses de armazenamento teve a qualidade fisiológica das sementes mantida.

Já para lotes de médio vigor, como observado para a cultivar Catuaí Vermelho, os resultados do condicionamento fisiológico são eficientes para melhorar o vigor das sementes úmidas, porém, não se observa melhorias na porcentagem final de germinação.

Caseiro, Bennett e Marcos Filho (2004), observaram este mesmo comportamento ao comparar seis lotes de sementes de cebola, onde os autores concluíram que o condicionamento fisiológico não foi eficiente nos lotes de sementes com elevada qualidade, mas naqueles considerados de médio vigor a técnica teve um efeito positivo. Os autores concluíram ainda que o teor de água das sementes antes e após o condicionamento deve ser um fator importante na avaliação de qual o melhor método a se utilizar. Silva et al. (2016) também relataram que o condicionamento fisiológico em sementes de médio vigor tem efeito positivo nos componentes de produção e produtividade na cultura da soja.

Apesar de não ter sido observado diferença na porcentagem de germinação final das sementes, foi possível verificar que para o vigor de sementes houve efeito positivo do uso da técnica de condicionamento fisiológico. Por estes resultados verifica-se que em possíveis condições de estresse hídrico, salino e de temperaturas, durante a fase inicial de desenvolvimento das plântulas, aquelas que foram condicionadas podem apresentar maior resistência e obter assim, resultados superiores. Esse fato também foi relatado por diversos autores em diferentes espécies como trevo (GALHAUT et al., 2014), grão de bico (KAUR; GUPTA; KAUR, 2002), trigo (ABID et al., 2018), cenoura (NASCIMENTO; HUBER; CANTLIFFE, 2013).

Ainda são necessários mais estudos dos efeitos do condicionamento fisiológico no vigor das sementes durante a formação de mudas. No entanto, os benefícios relatados justificam a utilização de sementes vigorosas ou submetidas ao condicionamento, permitindo assim, o estabelecimento mais rápido e uniforme das plântulas, fato este importante na obtenção de maiores rendimentos.

#### **4 CONCLUSÕES**

O condicionamento fisiológico melhora o vigor de sementes de café, principalmente do lote que apresenta média qualidade.

O condicionamento fisiológico é prejudicial às sementes secas, após o período de armazenamento por 9 meses,

As sementes úmidas submetidas à técnica de condicionamento fisiológico têm a qualidade fisiológica melhorada até os nove meses de armazenamento.

#### **AGRADECIMENTOS**

À Capes e à UFLA pelo financiamento do estudo e pela concessão de bolsas.

## REFERÊNCIAS

- ABID, M. et al. Seed osmopriming invokes stress memory against post-germinative drought stress in wheat (*Triticum aestivum* L.). **Environmental and Experimental Botany**, v. 145, p. 12-20, 2018.
- ALOUI, H. et al. Germination and Growth in Control and Primed Seeds of Pepper as Affected by Salt Stress, **Cercetari Agronomice in Moldova**, v. 47, n. 3, p. 83-95, 2014.
- ANESE, S. et al. Seed priming improves endosperm weakening, germination, and subsequent seedling development of *Solanum lycocarpum* St. Hil. **Seed Science and Technology**, v. 39, p. 125-139, 2011.
- ARIF, M. et al. Evaluating the impact of osmopriming varying with polyethylene glycol concentrations and durations on soybean. **International Journal of Agriculture and Biology**, v. 16, n. 2, p. 359-364, 2014.
- ARMONDES, K. A. P. et al. Condicionamento osmótico e desempenho de sementes de repolho com diferentes níveis de vigor. **Horticultura Brasileira**, Vitória da Conquista, v. 34, n. 3, p. 428-434, 2016.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - Secretaria de Defesa Agropecuária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: MAPA/ACS, 2009. 395 p.
- BRAZ, M. R. S.; ROSSETTO, C. A. V. Condicionamento fisiológico na germinação e no vigor de sementes armazenadas de café. **Ciencia Rural**, Santa Maria, v. 38, n.7, p. 1849-1856, 2008.
- CAMARGO, R. **Condicionamento fisiológico de sementes de cafeeiro (*Coffea arabica* L.)**. 1998. 108 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 1998.
- CARVALHO, C. A. M.; ALMEIDA, T. T.; GUIMARÃES, R. M. Plântulas de café originadas de sementes armazenadas e submetidas ao condicionamento fisiológico em matriz sólida. **Nativa**, v. 2, n. 3, p. 166-169, 2014.
- CARVALHO, C. A. M.; GUIMARÃES, R. M.; SILVA, T. T. A. Condicionamento fisiológico em matriz sólida de sementes de café (*Coffea arabica* L.) com e sem pergaminho. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 34, n. 1, p. 94-98, 2012.
- CASEIRO, R.; BENNETT, M. A.; MARCOS FILHO, J. Comparison of three priming techniques for onion seed lots differing in initial seed quality. **Seed Science and Technology**, v. 32, n. 2, p. 365-375, 2004.
- CHEN, K.; FESSEHAIE, A.; ARORA, R. Aquaporin expression during seed osmopriming and post-priming germination in spinach. **Biologia Plantarum**, v. 57, n. 1, p. 193-198, 2013.

EIRA, M. T. S. et al. Coffee seed physiology. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Londrina, v. 18, n. 1, p. 149-163, 2006.

ELLIS, R. H.; HONG, T. D.; ROBERTS, E. H. An intermediate category of seed storage behavior?:I., coffee. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 41, n. 230, p. 1167-1174, 1990.

FARAHANI, H. A.; MAROUFI, K. Effect of hydropriming on seedling vigour in basil (*Ocimum basilicum* L.) under salinity conditions. **Advances in Environmental Biology**, v. 5, p. 828–833, 2011.

FERREIRA, D. F. SISVAR: A computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, nov./dez. 2011.

GALHAUT, L. et al. Seed Priming of *Trifolium repens* L. Improved Germination and Early Seedling Growth on Heavy Metal-Contaminated Soil. **Water, Air, & Soil Pollution**, v. 225, n. 4, p. 1905, 2014.

GOMES, D. P. et al. Priming and drying on the physiological quality of eggplant seeds. **Horticultura Brasileira**, Vitória da Conquista, v. 30, n. 3, p.484-488, 2012.

GUIMARÃES, R. M. **Tolerância à dessecação e condicionamento fisiológico em sementes de cafeeiro (*Coffea arabica*, L.)**. 2000. 180 p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Lavras, MG, 2000.

HEYDECKER, W.; P. COOLBEAR. Seed treatments for improved performance survey and attempted prognosis. **Seed Science and Technology**, v. 5, p. 353-425. 1977.

JISHA, K. C.; VIJAYAKUMARI, K.; PUTHUR, J. T. Seed priming for abiotic stress tolerance: an overview. **Acta Physiologiae Plantarum**, v. 35, n. 5, p. 1381-1396, 2013.

KAUR, S.; GUPTA, A.K.; KAUR, N. Effect of osmo- and hydropriming of chickpea on seedling growth and carbohydrate metabolism under water deficit stress. **Plant Growth Regul.**, v. 37, p. 17–22, 2002.

KIKUTI, A. L. P. et al. Coffee seeds water imbibition at different periods and temperatures. **Revista Acadêmica Ciência Animal**, v. 11, n. S2, p. 51 - 57, 2013.

LIMA, S. M. P. et al. Efeitos de tempos e temperaturas de condicionamento sobre a qualidade fisiológica de sementes de cafeeiro (*Coffea arabica*, L.) sob condições ideais e de estresse térmico. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 28, n. 3, p. 506-514, 2004.

LIMA, W. A. A. **Condicionamento fisiológico, germinação e vigor de sementes de café (*Coffea arabica* L.)**. 1999. 69 P. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1999.

MARCOS-FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. 2. ed. Londrina: ABRATES, 2015. 660 p.

NASCIMENTO, W.M.; HUBER, D.J.; CANTLIFFE, D.J. Carrot seed germination and respiration at high temperature in response to seed maturity and priming. **Seed Science and Technology**, v.41, p.164–169, 2013.

PALLAORO, D. S. et al. Methods for priming maize seeds. **Journal of Seed Science**, Londrina, v. 38, n. 2, p. 148-154, 2016.

RUTTANARUANGBOWORN, A. et al. Effect of seed priming with different concentrations of potassium nitrate on the pattern of seed imbibition and germination of rice (*Oryza sativa* L.), **Journal of Integrative Agriculture**, v.16, n. 3, p. 605-613, 2017.

SEDIYAMA, C. A. Z. et al. Physiological quality of soybean seed cultivars by osmoconditioning. **Comunicata Scientiae**, v. 3, n. 2, p. 90-97, 2012.

SGUAREZI, C. N. et al. Avaliação de tratamentos pré-germinativos para melhorar o desempenho de sementes de café (*Coffea arabica* L.). II. Processo de umidificação. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 23, n. 2, p.162-170, 2001.

SILVA, T. A. et al. Condicionamento fisiológico de sementes de soja, componentes de produção e produtividade. **Ciencia Rural**, Santa Maria, v. 46, n. 2, p. 227-232, 2016.

XIA, F. S. et al. Responses of mitochondrial ultrastructure and physiological variations to PEG-priming on ultra-dried oat (*Avena sativa* L.) seeds after ageing. **Seed Science and Technology**, v. 45, p. 622-637, 2017.