

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
GOIANO – IF GOIANO - CAMPUS RIO VERDE PROGRAMA DE PÓS-  
GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS- AGRONOMIA

QUALIDADE FÍSICA E FISIOLÓGICA, ANÁLISE DE  
IMAGENS DE RAIOS X E ARMAZENAMENTO DE  
SEMENTES DE ALGODÃO

Autor: Luiz César Lopes Filho  
Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Juliana de Fátima Sales

Rio Verde - GO  
Julho – 2017



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
GOIANO – IF GOIANO - CAMPUS RIO VERDE PROGRAMA DE PÓS-  
GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS- AGRONOMIA

QUALIDADE FÍSICA E FISIOLÓGICA, ANÁLISE DE  
IMAGENS DE RAIOS X E ARMAZENAMENTO DE  
SEMENTES DE ALGODÃO

Autor: Luiz César Lopes Filho  
Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Juliana de Fátima Sales

Dissertação apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS – AGRONOMIA, no Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias - Agronomia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano. – Campus Rio Verde - Área de concentração Ciências Agrárias - Agronomia.

Rio Verde - GO  
Julho - 2017

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
GOIANO – CAMPUS RIO VERDE  
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS  
AGRÁRIAS-AGRONOMIA**

**QUALIDADE FÍSICA E FISIOLÓGICA, ANÁLISE DE IMAGENS DE RAIOS X E  
ARMAZENAMENTO DE SEMENTES DE ALGODÃO**

**Autor: Luiz César Lopes Filho  
Orientadora: Dr.<sup>a</sup> Juliana de Fátima Sales**

**TITULAÇÃO: Mestre em Ciências Agrárias-Agronomia**

**APROVADA em 31 de julho de 2017.**

**Prof. Dr. Jacson Zuchi  
Avaliador externo  
Polo de Inovação/RV**

**Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Kelly Juliane Telles  
Nascimento  
Avaliadora interna  
DCR/FAPEG - IF Goiano/RV**

**Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Juliana de Fátima Sales  
Presidente da banca  
IF Goiano/RV**

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por me dar saúde e força para conseguir chegar até este momento. Aos meus pais, Mônica Francisca e José Ribeiro, pelo amor e por me incentivarem em todos os momentos da minha vida, por dar oportunidades que nunca tiveram, também aos meus irmãos Victor, Vinícius e Walber, por estarem sempre me auxiliando de todas as formas.

Ao pesquisador e meu coorientador Jacson, que colaborou em todos os meus trabalhos e se mostrou um grande amigo, sempre prestativo e acrescentou e contribuiu para o meu crescimento acadêmico. À pesquisadora Kelly, por dar novas ideias e estar sempre pronta para ajudar.

Ao pessoal dos laboratórios de sementes, pós-colheita e anatomia, principalmente ao Emílio, Karine, Jennifer, Ana Lúcia, Guilherme, Hélder, Daniel, Artur e Douglas.

Não seria possível citar todos neste momento, mas agradeço a todos que contribuíram para o meu sucesso.

E, por fim, e não menos importante a Professora Juliana, pela aceitação em me orientar e pelos conhecimentos transmitidos.

Ao Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde e ao programa de pós-graduação em Ciências Agrárias – Agronomia, pela oportunidade deste.

À CAPES, pela concessão da bolsa de mestrado e à empresa Bayer Cropscience pela parceria firmada e por ceder sementes e fungicidas para a execução dos experimentos.

## BIOGRAFIA DO AUTOR

LUIZ CÉSAR LOPES FILHO, filho de Luiz César Lopes e Mônica Francisca Aparecida Araújo, nasceu em Santa Helena de Goiás, Estado de Goiás, em 10 de agosto de 1990.

Em agosto de 2008, iniciou na Graduação de Agronomia no Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde, GO, graduando-se em agosto de 2013.

Em setembro de 2015, ingressou no Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias - Agronomia, em nível de Mestrado, na área de Tecnologia de sementes e pós-colheita de produtos vegetais, submetendo-se à defesa da dissertação, requisito indispensável para a obtenção do título de Mestre em Ciências Agrárias - Agronomia, em julho de 2017.

## ÍNDICE GERAL

	Página
ÍNDICE DE TABELA.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	ix
LISTA DE SIMBOLOS, SIGLAS, ABREVIACÕES E UNIDADES.....	xii
RESUMO.....	12
ABSTRACT.....	14
INTRODUÇÃO .....	16
1.1 Algodão .....	16
1.2 Armazenamento de Sementes .....	16
1.3 Qualidade de Sementes .....	18
1.4 Análises de Sementes através de raios X .....	18
1.5 Referências bibliográficas.....	20
OBJETIVOS .....	23
CAPÍTULO I .....	24
Uso do software QUANT para análise de imagens de raios X e determinação da qualidade fisiológica de sementes de algodão .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
Resumo.....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
Abstract.....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>

Introdução .....	26
Material e métodos.....	27
Resultados e discussão.....	28
Conclusão.....	30
Referências bibliográficas.....	30
CAPÍTULO II.....	334
Caracterização e relação entre qualidade física e fisiológica de sementes de algodão .....	<b>3Erro! Indicador não definido.</b>
Resumo .....	34
Abstract.....	35
Introdução .....	35
Material e métodos.....	35
Resultados e discussão.....	38
Conclusão.....	41
Referências bibliográficas.....	42
CAPÍTULO III.....	45
Qualidade fisiológica de sementes de algodão armazenadas sob diferentes temperaturas .....	45
Resumo .....	45
Abstract.....	46
Introdução .....	46
Material e métodos.....	47
Resultados e discussão.....	48
Conclusão.....	52
Referências bibliográficas.....	53
CONCLUSÃO GERAL.....	55



## ÍNDICE DE TABELA

	Página
CAPÍTULO II	
TABELA 1. Dimensões de tamanho, espessura, largura e comprimento (cm), e teor de água (TA) (b.u.) de sementes de diferentes cultivares de algodão, safra 2016. ....	38
TABELA 2. Massa seca da parte aérea (MS PA), massa seca de raiz (MS RAIZ), comprimento da parte aérea (COMP PA) e comprimento da raiz (COMP RA), expressas em cm, de plântulas de diferentes cultivares de algodão, safra 2016. ....	39
TABELA 3. Média da porcentagem de germinação (G), índices de velocidade de germinação (IVG), porcentagem de emergência (E), índice de velocidade de emergência (IVE), envelhecimento acelerado (EA), condutividade elétrica (CE) ( $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ ) de sementes de diferentes cultivares de algodão, safra 2016. ....	40
TABELA 4. Coeficientes de correlação simples (r) entre o tamanho e semente (espessura, largura e comprimento) de cultivares de algodão, safra 2016 e características de qualidade fisiológica das sementes .....	41



## ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
<b>CAPÍTULO I</b>	
FIGURA 1. Imagens radiográficas processadas pelo software QUANT, classificação e porcentagem de preenchimento, plântulas aos 4 dias após emergência e plântulas aos 12 dias após emergência. Rio Verde, Instituto Federal Goiano, 2016	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
FIGURA 2. Médias de plântulas normais e anormais para o teste de germinação e os resultados do software. ....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
FIGURA 3. Correlação entre os testes de germinação e o resultado obtido pelo software QUANT. ....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
<b>CAPÍTULO III</b>	
FIGURA 1. Gráficos para germinação (G), índice de velocidade de germinação (IVG), emergência (E), índice de velocidade de emergência (IVE) e envelhecimento acelerado (EA) de sementes de algodão do cultivar FiberMax 913 GLT.....	49
FIGURA 2. Gráficos para germinação (G), índice de velocidade de germinação (IVG), emergência (E), índice de velocidade de emergência (IVE) e envelhecimento acelerado (EA) de sementes de algodão do cultivar TMG 42 WS .....	50

FIGURA 3. Gráficos para germinação (G), índice de velocidade de germinação (IVG), emergência (E), índice de velocidade de emergência (IVE) e envelhecimento acelerado (EA) de sementes de algodão da cultivar FiberMax 951 LL..... 51

## LISTA DE SIMBOLOS, SIGLAS, ABREVIACOES E UNIDADES

°C	Graus Celsius	
B.O.D	Demanda Bioquímica do Oxigênio	
b.s.	Base seca	%
b.u.	Base úmida	%
B2RF	Bolgard 2 Roundup Flex	
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico	
EA	Envelhecimento Acelerado	
g	Gramas	
GLR	Graus de liberdade do modelo (número de observações menos o número de parâmetros do modelo).	
GLT	Glytol TwinLink	
IVE	Índice de Velocidade de Emergência	
IVG	Índice de Velocidade de Germinação	
Kg	Quilogramas	
mg	Miligramas	
mL	Mililitros	
n	Número de observações experimentais	

p:	Erro médio relativo	%
PMS	Peso de Mil Sementes	
R <sup>2</sup>	Coeficiente de determinação	%
WS	Wide Strike	

## RESUMO

LOPES FILHO, LUIZ CÉSAR, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano - Campus Rio Verde, julho de 2017. **Qualidade física e fisiológica, análises de imagens de raios X e armazenamento de sementes de algodão.** Orientadora: Dr.<sup>a</sup> Juliana de Fátima Sales. Coorientador: Dr. Jacson Zuchi.

Neste trabalho, objetivou-se avaliar as sementes de algodão por meio da análise de imagens obtidas através de aparelho de raios X, da caracterização de cultivares e através do armazenamento de sementes sob diferentes temperaturas. Foram utilizadas sementes de 6 cultivares de algodão no total (FiberMax 951 LL, FiberMax 975 WS, FiberMax 913 GLT, DeltaPine 1648 B2RF, TMG 42 WS e FiberMax 910), provindas de amostras de lotes, das safras 2015 e 2016, produzidos em campos de produção de sementes em Primavera do Leste, Mato Grosso. Os trabalhos foram conduzidos no Laboratório de Sementes, Laboratório de Pós-Colheita de Produtos Vegetais do IF Goiano/Campus Rio Verde e no Laboratório de Sementes da Universidade Federal de Lavras. A avaliação de imagens de raios X, deu-se através do uso do software QUANT e se correlacionou a quantidade de espaços vazios no interior da semente com o desenvolvimento da plântula

no teste de germinação. Para a caracterização foram utilizados lotes de sementes de algodão de 5 cultivares (FiberMax 951 LL, FiberMax 975 WS, FiberMax 913 GLT, DeltaPine 1648 B2RF e TMG 42 WS). O delineamento experimental foi inteiramente ao acaso, com 4 repetições de 50 sementes. Foram realizadas determinações de teor de água e peso de mil sementes, teste de germinação e índice de velocidade de germinação, teste de emergência, contagem final e índice de velocidade de emergência, condutividade elétrica, envelhecimento acelerado e teste de desempenho de plântulas. Determinou-se também as dimensões do tamanho das sementes (comprimento, largura e espessura) e o peso das sementes. Para o armazenamento de sementes foram utilizadas sementes de 3 cultivares de algodão, TMG 42 WS, FiberMax 913 GLT e FiberMax 951 LL. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente ao acaso, em esquema fatorial (3 x 2 x 4), sendo 3 cultivares, 2 temperaturas (10 °C e 20 °C) e 4 períodos de armazenamento, respectivamente, com 4 repetições de 50 sementes. As avaliações de germinação, índice de velocidade de germinação e emergência, índice de velocidade de emergência e envelhecimento acelerado foram realizadas nos períodos de zero, 90, 180 e 270 dias. Os dados foram submetidos a análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey, 5% de probabilidade, e teste de correlação simples entre as médias. Após a avaliação dos resultados, conclui-se que o software QUANT pode ser utilizado como ferramenta auxiliar na análise de imagens do teste de raios X de sementes de algodão, com elevada correlação com o desenvolvimento de plântula. Sementes de algodão de maior tamanho (largura e comprimento) apresentam maior germinação, emergência, são menos suscetíveis ao teste de envelhecimento acelerado e apresentam menor condutividade elétrica que as sementes menores. A qualidade fisiológica de sementes de algodão reduz durante o armazenamento e mais acentuadamente no período de 270 dias e a temperatura de 10 °C proporciona melhor conservação de sementes de algodão.

**PALAVRAS-CHAVES:** *Gossypium hirsutum* L.; raios X; vigor; pós colheita.



## ABSTRACT

LOPES FILHO, LUIZ CÉSAR, Federal Institute of Education, Science and Technology Goiano - Campus Rio Verde, July 2017. **Physical and physiological, x-ray image processing and storage of cotton seeds.** Advisor: Dr.<sup>a</sup> Juliana de Fátima Sales. Co-advisor: Dr. Jacson Zuchi.

In this work aimed to evaluate cotton seeds through the analysis of images obtained by X-ray apparatus, the characterisation of cultivars and through the storage of seeds under different temperatures. Seeds from 6 cotton cultivars were used (FiberMax 951 LL, FiberMax 975 ws, FiberMax 913 GLT, DeltaPine 1648 B2RF, TMG 42 WS and FiberMax 910), coming from samples of batches, from 2015 and 2016 crop, produced in seed production fields in Primavera do Leste, Mato Grosso State. The work has been carried out in the seed laboratory, the post-harvest laboratory of plant products from IF Goias/Rio Verde Campus and in the seeds Laboratory of the Lavras Federal University. The evaluation of X-ray images has been given through the use of the QUANT software, where the quantity of empty spaces within the seed has been correlated with the development of the seedling in the germination test. For the characterisation were used lots of cotton seeds of 5 cultivars (FiberMax 951 LL, FiberMax 975 ws, FiberMax 913 GLT, DeltaPine 1648 B2RF and TMG 42 ws). The experimental design was entirely randomized design, with 4 replications of 50 seeds. Water content determinations and weight of 1,000 seeds, germination test and germination velocity

index, emergency test, final count and emergency speed index, electrical conductivity, accelerated aging and seedlings performance test were realized. The dimensions of the size of the seeds (length, width and thickness) and the weight of the seeds are also determined. For seed storage, seeds of 3 cotton cultivators were used, TMG 42 WS, FiberMax 913 GLT and FiberMax 951 LL. The experiment was conducted in entirely randomized design, in factorial diagram (3 x 2 x 4), 3 cultivars, 2 temperatures (10 °c and 20 °c) and 4 storage periods, respectively, with 4 replications of 50 seeds. Germination evaluations, germination speed index and emergency, emergency speed index and accelerated aging were performed at periods of zero, 90, 180, and 270 days. The data was subjected to analysis of variance and the averages compared by Tukey test, 5% probability, and simple correlation test between averages. After evaluating the results, it is concluded that the QUANT software can be used as an auxiliary tool in analyzing images of the X-ray test of cotton seeds, with high correlation with seedling development. Larger size (width and length) cotton seeds present higher germination, emergence, are less susceptible to accelerated aging test and have lower electrical conductivity than smaller seeds. The physiological quality of cotton seeds reduces during storage and more sharply in the period of 270 days and the temperature of 10 ° C delivers better conservation of cotton seeds.

**KEY WORDS:** *Gossypium hirsutum L.*; X-ray; vigour; post-harvest.

## INTRODUÇÃO

### 1.1 Algodão

O algodoeiro é uma planta dicotiledônea que pertence à família Malvaceae, gênero *Gossypium*, sendo este gênero composto por 46 espécies. São originárias de regiões tropicais e subtropicais na África, Ásia, América e Austrália (Wendel et al., 2009). O algodoeiro cultivado no mundo é quase, em sua totalidade (95%) oriundo de duas espécies: *Gossypium hirsutum* e *Gossypium barbadense*. A espécie *G. hirsutum*, também conhecida como algodoeiro herbáceo ou algodoeiro *upland*, é a mais plantada no mundo, responsável por 90% da produção mundial (Ribeiro, 2014). O algodoeiro herbáceo apresenta porte subarborescente com crescimento indeterminado sendo adaptado, para fins comerciais, como planta anual (Penna, 2005).

O algodão possui grande importância econômica tanto no contexto mundial, quanto nacional. O desenvolvimento da cultura do algodão no Brasil, pode ser dividido em duas fases. A primeira fase compreende o período do Descobrimento até a crise de 1929 e a segunda fase vai da década de 1930 até os dias atuais. Na primeira fase, o algodoeiro produzido era utilizado como um produto de mercado interno, necessário apenas para suprir as necessidades de fibras têxteis da população local. Já a segunda fase tem início a partir da crise na produção cafeeira no início da década de 1930 e marca o grande crescimento da cotonicultura no estado de São Paulo e a consolidação do Brasil como importante exportador de algodão (Coelho, 2004).

A cultura do algodão destaca-se como sendo uma das cinco principais culturas agrícolas do Brasil e sua produtividade cresce a cada ano, principalmente na região do Cerrado brasileiro. Nessa região os principais produtores são os estados do Mato Grosso, Bahia, Goiás e Mato Grosso do Sul. O centro-oeste foi responsável por 65,3% da produção nacional na safra 2015/16. Houve queda da área plantada apresentando redução de 1,6% na temporada 2015/16, atingindo 960,4 mil hectares, comparada com 976,2 mil hectares do exercício anterior (Conab, 2016). Porém, a produtividade vem aumentando gradativamente graças as tecnologias empregadas principalmente para o

beneficiamento e armazenamento da cultura visando a qualidade das sementes que serão entregues aos produtores. Hoje, o setor brasileiro do algodão é reconhecido por sua organização, possuindo peso econômico e participação ativa no PIB do país (Freire, 2015).

## 1.2 Armazenamento de Sementes

O armazenamento de sementes possui papel importante no processo produtivo e quando bem conduzido, minimiza a deterioração e o descarte de lotes de sementes (Zonta et al., 2014). A semente pode ser considerada como sendo o mais importante insumo agrícola, conduzindo ao campo as características genéticas determinantes ao desempenho do cultivar e, ao mesmo tempo, sendo responsável ou contribuindo para o sucesso do estabelecimento do estande (Marcos Filho, 2015). De acordo com a sequência do processo de deterioração de sementes, proposta por Delouche e Baskin (1973), a queda do potencial de armazenamento é uma das manifestações fisiológicas mais fáceis de serem observadas.

Lotes de sementes com baixa qualidade fisiológica, sofrem maior deterioração quando comparados a lotes de qualidade média e alta ao serem submetidos ao armazenamento (Pádua & Vieira, 2001). Portanto, a manutenção da qualidade das sementes durante a colheita e o beneficiamento irá influenciar o período em que a semente será viável durante o armazenamento, já que este apenas procura manter a qualidade da semente a ser armazenada, ou seja, o armazenamento não consegue melhorar a qualidade do material, desta forma a utilização de sementes de alta qualidade torna-se imprescindível para que se tenha um bom armazenamento.

O tipo de embalagem utilizada durante o armazenamento pode também contribuir para a perda da germinação e do vigor das sementes, sendo necessária a utilização de material adequado, porém, com atenção para a questão econômica (Antonello et al., 2009). Necessária atenção também para as temperaturas utilizadas durante o armazenamento de sementes levando-se em conta também o custo da manutenção da mesma (Bessa et al., 2015).

Segundo Roos (1976), tanto a umidade do ar, quanto a temperatura são os principais fatores que irão afetar a qualidade fisiológica e causar alterações bioquímicas de sementes durante o armazenamento. Lotes de sementes com germinação semelhantes, mas com diferentes níveis de vigor, podem se comportar de maneira

diferenciada, dependendo das condições de armazenamento (Silva, 2010). Sendo assim, variações das condições de temperatura pré-estabelecidas para esta cultura podem demonstrar resultados positivos e viáveis para a manutenção da qualidade da semente.

Paolinelli e Braga (1997) observaram alterações na qualidade de sementes de algodoeiro durante o armazenamento, ocorrendo interações significativas entre o período de armazenamento e o vigor destas sementes. Sendo que houve grande decréscimo da qualidade das sementes armazenadas em condições de ambiente quando o tempo de armazenamento ultrapassou os 8 meses.

### 1.3 Qualidade de Sementes

A qualidade de sementes é fator de grande importância para a manutenção de um sistema sustentável de produção de sementes para o mercado. A qualidade da semente pode ser descrita como sendo a soma de todas as propriedades genéticas, físicas, fisiológicas e sanitárias, as quais irão influenciar a sua capacidade de originar plantas com alta capacidade produtiva (Marcos Filho, 2015).

De acordo com De Lima (2006), a semente é o principal insumo para qualquer sistema de produção viável e a manutenção de sua qualidade é essencial para o estabelecimento de plântulas vigorosas em campo. Desta forma, a atenção para a produção de sementes de qualidade requeridas pelo produtor e também para a manutenção desta qualidade durante o seu período de armazenamento deve ser preconizada em sistemas de produção comercial com o intuito de melhorar a qualidade das sementes, para que as mesmas possam dar origem a plântulas vigorosas. O algodoeiro possui em sistemas de produção de alto nível tecnológico dez capulhos por planta. Cada capulho possui de três a cinco carpelos que contêm em média 32 sementes (Ribeiro, 2014). Suas sementes são cobertas por dois tipos de células diferenciadas que constituem as fibras longas (fiáveis) e as curtas (não fiáveis) (Penna, 2005). O comprimento de fibras fiáveis é variável de acordo com a espécie. Em *G. hirsutum* o comprimento da fibra varia de 25,4 mm a 34,9 mm (Carvalho, 2010).

O potencial fisiológico das sementes de algodão pode ser influenciado por diversos fatores, antes e/ou durante a colheita, ou por fatores que ocorrem no período pós-colheita, como a secagem, o beneficiamento e o armazenamento (Freire, 2015). A colheita e o beneficiamento do algodão são etapas importantes na determinação da

qualidade das sementes de algodoeiro. Isso ocorre, principalmente, pelo danos ou microfissuras ao tegumento das sementes durante a colheita e posteriormente, no beneficiamento, parte dos tegumentos danificados são levados juntamente com a fibra do algodoeiro (Boykin, 2008).

#### 1.4 Análises de Sementes através de raios X

O teste de raios X vem sendo utilizado em programas de qualidade e também como ferramenta auxiliar nos estudos morfológicos e fisiológicos de sementes de diversas espécies (Melo, 2009). É uma alternativa relativamente recente para a classificação imediata de diversos aspectos das sementes (Gomes Junior, 2010). A avaliação rápida e precisa da qualidade de sementes por meio do teste de raios X é eficiente para a análise de lotes de sementes, sendo um método relativamente rápido e não destrutivo, a interpretação da correlação entre o tipo de imagem radiográfica e a qualidade da semente pode ser possível graças a utilização de softwares para análise de imagens (Dell' Aquila, 2009).

Essa análise, permite prever o desempenho de sementes e facilitar a seleção de sementes de alta qualidade sob os padrões impostos pelo mercado da agricultura de precisão e altamente tecnificada. Reduzindo assim, o período de tempo necessário para avaliação de um lote de sementes e agilizando o processo de escolha de cultivares com alto desempenho. Uma prioridade atual da pesquisa sobre análise de imagens de sementes radiografadas é a determinação da proporção entre a área ocupada pelo embrião e o espaço disponível na cavidade interna da semente, associando este parâmetro ao seu potencial fisiológico (Marcos Filho et al., 2010).

Sementes de algodão severamente danificadas no período de colheita e beneficiamento sofrem reduções na sua qualidade fisiológica (Jeronimo, 2014). Logo, a caracterização de amostras de sementes através de raios x para detecção de microfissuras que podem afetar a qualidade de um lote, pode servir e ser correlacionadas com testes de germinação com o intuito de melhorar os critérios de seleção de lotes para comercialização. Podendo resultar em economia de tempo precioso para a produção desta cultura.

O potencial da análise de raios x como marcador da qualidade fisiológica das sementes foi observado com sucesso em diversos trabalhos (Letang 2002; Oliveira, 2003; Carvalho, 2010). A análise morfológica interna e a visualização de danos que é possibilitada pela análise de imagens de raios x serve como importante ferramenta a ser adotada e melhor adaptada para produção de sementes de alto padrão. Neste contexto, a utilização de procedimentos não destrutivos que propiciem eficiência na identificação de sementes cheias, malformadas ou vazias, a exemplo do teste de raios X pode ser indicativo da qualidade fisiológica e genética das sementes (Wendt, 2014).

Diante do exposto, justifica-se a relevância deste trabalho a fim de contribuir para os estudos sobre as sementes de algodão e a relação entre o tamanho das sementes e sua qualidade fisiológica, bem como o comportamento de cultivares durante o armazenamento e do uso de softwares para a análise de imagens de raios X.

### 1.5 Referências bibliográficas

ANTONELLO, L. M.; MUNIZ, M. B.; BRAND, S. C.; VIDAL, M. D.; GARCIA, D.; RIBEIRO, L.; DOS SANTOS, V. Qualidade de sementes de milho armazenadas em diferentes embalagens. *Ciência Rural*, v. 39, n. 7, 2009. <http://www.scielo.br/pdf/cr/2009nahead/a292cr1123.pdf>

BESSA, J. F. V.; DONADON, J. R.; RESENDE, O.; ALVES, R. M. V.; SALES, J. F.; COSTA, L. M. Storage of crambe seeds in different containers and environments: Part I-Physiological quality. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 19, n. 3, p. 224-230, 2015.

BOYKIN, J. C. Seed coat fragments, motes, and neps: Cultivar differences. *Journal of Cotton Science*, v. 12, p. 109-125, 2008.

CARVALHO, M. L. M. De; ALVES, R. A.; OLIVEIRA, L. M. De. Análise radiográfica em sementes de mamona (*Ricinus communis L.*). *Revista Brasileira de Sementes*, v. 32, n. 1, p. 170-175, 2010.

COELHO, A. B. A cultura do algodão e a questão da integração entre preços internos e externos. *Rev. Econ. Sociol. Rural*, Brasília, v. 42, n. 1, p. 153-169, Jan. 2004.

CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira de grãos: nono levantamento – janeiro, 2017. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1253>. Acesso em: 13 jun. 2017.

DE LIMA, L. B.; SILVA, P. A.; GUIMARÃES, R. M.; OLIVEIRA, J. A. Peliculização e tratamento químico de sementes de algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.). *Ciência e agrotecnologia*, v. 30, n. 6, 2006. [http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1413-70542006000600007&script=sci\\_arttext&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1413-70542006000600007&script=sci_arttext&tlng=pt)

DELL' AQUILA, A. Development of novel techniques in conditioning, testing and sorting seed physiological quality. *Seed Science and Technology*, v.37, n.3, p.608-624, 2009. [https://www.researchgate.net/publication/233663771\\_Development\\_of\\_novel\\_techniques\\_in\\_conditioning\\_testing\\_and\\_sorting\\_seed\\_physiological\\_quality](https://www.researchgate.net/publication/233663771_Development_of_novel_techniques_in_conditioning_testing_and_sorting_seed_physiological_quality)

DELOUCHE, J. C.; BASKIN, C. C. Accelerated aging techniques for predicting the relative storability of seed lots. In: *Proceedings*. 1973.

FREIRE, E. C. *Algodão no cerrado do Brasil*. Brasília: ABRAPA, 2015. 956p.

GOMES JUNIOR, F. G. Aplicação da análise de imagens para avaliação da morfologia interna de sementes. *Informativo ABRATES*, v.20, n.3, p.33-51, 2010.

JERÔNIMO, J. F.; ALMEIDA, F. A. C.; DA SILVA, O. R. R. F.; BRANDÃO, Z. N.; SOFIATTI, V.; GOMES, J. P. Qualidade da semente e fibra de algodão na caracterização do descaroçador de 25 serras. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.18, n.6, p. 664-671, 2014.

LETANG, J.M.; PEIX, G.; DROULEZ, J. Automatic selection of seeds using pattern recognition techniques in high resolution x-ray images. *NDT*, v. 7, n.12, 2002.

MARCOS FILHO, J. *Fisiologia de sementes de plantas cultivadas*. 2ª edição. Londrina: ABRATES, 2015. 659p.

MARCOS FILHO, J.; GOMES JUNIOR, F. G.; BENNETT, M. A.; WELLS, A. A.; STIEVE, S. Using Tomato Analyzer software to determine embryo size in x-rayed seeds. *Revista Brasileira de Sementes*, v.32, n.2, p.146-153, 2010. <http://www.scielo.br/pdf/rbs/v32n2/v32n2a18.pdf>

MELO, P. R. B.; OLIVEIRA, J. A.; CARVALHO, M. L. M.; GUIMARÃES, R.M.; CARVALHO, B. O. Application of the x-ray test to study the internal morphology and physiological quality of arnica seeds (*Lychnophora pinaster* Mart.). *Revista Brasileira de Sementes*, v. 31, n. 2, p. 146-154, 2009. [http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0101-31222009000200017&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0101-31222009000200017&script=sci_arttext)

OLIVEIRA, L.M.; CARVALHO, M.L.M.; DAVIDE, C.A. Utilização do teste de raios-x na avaliação da qualidade de sementes de canafístula (*Peltophorum dubium* (Sprengel) Taubert. [Using x-ray test in evaluating the quality of canafístula



seed (*Peltophorum dubium* (Sprengel) Taubert]. *Revista Brasileira de Sementes*, v.25, n.1, p.116-120, 2003.

PÁDUA, G. P.; VIEIRA, R. D. Deterioração de sementes de algodão durante o armazenamento. *Revista Brasileira de Sementes*, v. 23, n. 2, p. 255-262, 2001.

PAOLINELLI, G. P.; BRAGA, S. J. Alterações da qualidade de sementes de algodão armazenadas com dois níveis de vigor. In: *Congresso Brasileiro de Sementes*. Brasília: ABRATES, 1997. p. 168.

PENNA, J. C. V. Melhoramento do algodão. In: BORÉM, A. (Ed.). *Melhoramento de Espécies Cultivadas*. 2ª ed. Viçosa: UFV, 2005. p. 15-54.

RIBEIRO, V. A. et al. *Caracterização genética de atributos do desenvolvimento radicular em algodoeiro herbáceo (Gossypium hirsutum L.)*. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) apresentada a Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2014.

ROOS, D. B. The effects of temperature on germination and early growth of three plants species indigenous to central Australia. Austin. *Journal Ecology*. v. 1, n.1, p. 259-263. 1976.

SILVA, FS.; PORTO, A. G.; PASCUALI, L. C.; DA SILVA, F. T. C. Viabilidade do armazenamento de sementes em diferentes embalagens para pequenas propriedades rurais. *Revista de ciências agro-ambientais*, v. 8, n. 1, p. 45-56, 2010. [http://www.unemat.br/revistas/rcaa/docs/vol8/5\\_artigo\\_v8.pdf](http://www.unemat.br/revistas/rcaa/docs/vol8/5_artigo_v8.pdf)

WENDEL, J. F.; BRUBAKER, C.; ALVAREZ, I.; CRONN, R.; STEWART, J. M. Evolution and natural history of the cotton genus. In: PARTERSON, A. H. (Ed.). *Genetics and genomics of cotton*. New York: Springer, 2009. 3-22 p.

WENDT, L., GOMES JUNIOR, F. G., ZORATO, M. D. F., MOREIRA, G. C. Evaluation of the physiological potential of soybean seeds by image analysis. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v.44, n.3, p.280-286, 2014.

ZONTA, J. B.; ARAUJO, E. F.; ARAUJO, R. F.; ZONTA, J. H.; DIAS, L. A. S.; RIBEIRO, P. H. Armazenamento de sementes de pinhão manso em diferentes embalagens e ambientes. Storage of phisic nut seeds in different environments and packagings. *Bioscience Journal*, v. 30, n. 5, 2014. [www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/download/18207/15220](http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/download/18207/15220)



## OBJETIVOS

- Analisar imagens do teste raios X de sementes de algodão, através do software QUANT, e correlacionar a quantidade de espaços vazios no interior da semente com o desenvolvimento da plântula no teste de germinação;
- Caracterizar sementes de cultivares de algodão (*Gossypium hirsutum L.*) com diferentes tamanhos, correlacionando estes com o desempenho e a qualidade fisiológica de cada cultivar;
- Avaliar a qualidade de sementes de algodão durante o armazenamento sob diferentes temperaturas.

## CAPÍTULO I

(Normas de acordo com a revista Journal of Seed Science)

Uso do software QUANT para análise de imagens de raios-x e determinação da qualidade fisiológica de sementes de algodão

Use of the QUANT software for analysis of x-ray images and determination of the physiological quality of cotton seeds

Resumo: O potencial fisiológico das sementes de algodão pode ser influenciado por diversos fatores. Embora alguns testes de qualidade de sementes produzam resultados confiáveis, o aprimoramento de metodologias alternativas e inovadoras, como as análises de imagens de sementes, sempre é oportuno. O objetivo deste trabalho foi analisar imagens do teste raios X de sementes de algodão, através do software QUANT v. 1.0. 0.22, e correlacionar a quantidade de espaços vazios no interior da semente com o desenvolvimento da plântula no teste de germinação. Foram utilizadas sementes de algodão de 5 cultivares, com teor de água inicial de 7,0% (b.u.) Cem sementes de cada cultivar foram submetidas ao teste de raios X. As sementes foram identificadas, individualmente, e suas respectivas imagens, juntamente com as sementes foram submetidas ao teste de germinação, com avaliações aos 4 e aos 12 dias. A análise de imagens foi realizada através do software QUANT v. 1.0. 0.22 e os dados submetidos a análise de variância e ao teste de Tukey. Com base nos resultados, pode-se concluir que o software QUANT pode ser utilizado como ferramenta auxiliar na análise de imagens do teste de raios X de sementes de algodão, com elevada correlação com o desenvolvimento de plântula.

Termos para indexação: *Gossypium hirsutum L.*, teste de raios X, germinação.

Abstract: The physiological potential of cotton seeds can be influenced by several factors. Although some seed quality tests produce reliable results, the improvement of methodologies or the inclusion of alternatives and innovations, such as the analysis of seed images, is always timely. The objective of this work was to analyze X-ray images

of cotton seeds using QUANT v. 1.0. 0.22, and to correlate the amount of voids within the seed with the development of the seedling in the germination test. Cotton seeds of 5 cultivars were used, with initial water content of 7.0% (bu) One hundred seeds of each cultivar were submitted to the test X-ray machine. The seeds were individually identified and their respective images along with the seeds were submitted to the germination test, with evaluations at 4 and 12 days. The image analysis was performed using QUANT v. 1.0. 0.22 and the data submitted to analysis of variance and the Tukey test. Based on the results, it can be concluded that the QUANT software can be used as another auxiliary tool in the analysis of X-ray images of cotton seeds with high correlation with seedling development.

Index terms: *Gossypium hirsutum* L., test and X-rays, germination.

## 1.1 Introdução

O algodoeiro (*Gossypium* sp.), em especial o *Gossypium hirsutum* L., é uma das dez principais espécies domesticadas pelo ser humano (Henrique, 2010), produzindo a mais importante das fibras têxteis, oferecendo produtos de relevância e utilidade na economia brasileira e mundial (Costa et al., 2005).

O potencial fisiológico das sementes de algodão pode ser influenciado por diversos fatores, entre estes a colheita secagem, beneficiamento e armazenamento (Freire, 2007), que podem determinar a qualidade das sementes.

Embora alguns testes de vigor produzam resultados confiáveis (Marcos Filho, 2009), o aprimoramento de metodologias alternativas e inovadoras, como as análises de imagens de sementes e de plântulas, sempre é oportuno (Rocha, 2015). A utilização da análise de imagens em diversos segmentos da avaliação da qualidade de sementes ainda é restrita (Silva, 2014). Contudo, o teste de raios X vem sendo utilizado em programas de controle de qualidade e também como ferramenta auxiliar nos estudos morfológicos e fisiológicos de sementes de diversas espécies (Melo, 2009).

O teste de raios-x é uma alternativa relativamente recente para a classificação imediata de diversos aspectos das sementes (Gomes Junior, 2010), mas isso só pode ser possível com a utilização de softwares de análise de imagens (Dell' Aquila, 2009). O software QUANT v. 1.0. 0.22 (Fernandes Filho et al., 2002a) é um programa desenvolvido para quantificar a severidade de doenças em folhas, através de imagens digitais, e adaptado a análise de colonização fúngica (Dallagnol et al., 2012); deposição de nutrientes em folhas de café (Fernandes et al., 2010) e inclusive para quantificar

cicatrização na pele de animais (Ferreira et al., 2015), e denota a sua adaptabilidade as mais diversas funções.

O objetivo deste trabalho foi analisar imagens do teste raios X de sementes de algodão, através do software QUANT v. 1.0. 0.22, e correlacionar a quantidade de espaços vazios no interior da semente com o desenvolvimento da plântula no teste de germinação.

## 1.2 Material e métodos

O trabalho foi realizado no Laboratório de Sementes do Instituto Federal Goiano – IF Goiano – Campus Rio Verde. Foram utilizadas sementes de algodão de 5 cultivares (FiberMax 951 LL, FiberMax 975 WS, FiberMax 910, TMG 42 WS e DP 1648 B2RF), provindas de campos de produção de sementes em Primavera do Leste, Mato Grosso, da safra 2016, com teor de água inicial de aproximadamente, 7,0% (b.u.) (Brasil, 2009a), que está de acordo com o recomendado por Carvalho et. al., (2010).

Cem sementes de cada cultivar foram enviadas para o Laboratório de Análise de Sementes da Universidade Federal de Lavras (UFLA), Lavras, Minas Gerais para a obtenção das imagens de raios X. As sementes foram dispostas em suportes de acrílico, com fita dupla face, e expostas a intensidade de radiação 32 KV, em aparelho de raios X, Faxitron MX-20, durante 25 segundos. Essa intensidade e tempo foi escolhida por apresentar melhores resultados em testes preliminares com a mesma espécie. Os testes de raios X foram conduzidos com 100 sementes de 5 cultivares comerciais diferentes. As sementes foram identificadas, individualmente, e suas respectivas imagens, juntamente com as sementes radiografadas, foram enviadas ao Laboratório de Sementes do Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde para o teste de germinação.

O teste de germinação foi realizado com 4 repetições de 25 sementes, por cultivar, em delineamento inteiramente ao acaso. As sementes foram distribuídas, individualmente, sobre duas folhas de papel “germitest”, umedecidos com água destilada em quantidade equivalente a 2,3 vezes o peso do substrato seco. As avaliações de germinação foram feitas aos 4 e aos 12 dias (Brasil, 2009b). As sementes e o papel foram identificados, individualmente, para a análise e comparação das plântulas e imagens.

A análise de imagens foi realizada através do software QUANT (FERNANDES FILHO et al., 2002b), para se obter a porcentagem de espaços preenchidos e vazios em

cada semente, e, após, relacionou-se cada imagem com a classificação da plântula obtida, em duas categorias: 1- normais, aquelas que apresentavam todas as estruturas essenciais desenvolvidas (radícula e plúmula) e 2- anormais, que apresentavam uma ou as duas estruturas essenciais subdesenvolvidas.

O software foi configurado com a seguinte relação: preenchimento interno da semente < 75% a plântula foi considerada “ANORMAL”, e > 75% foi considerada “NORMAL”. Os dados foram submetidos a análise de variância (ANAVA) e ao teste de F e as médias comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade, através do software Assistat versão 7.7 (SILVA & AZEVEDO, 2016).

### 1.3 Resultados e discussão

O software permitiu quantificar os valores de área preenchida e vazia das imagens obtidas no teste de raios-x para cada semente, tendo relação com os resultados obtidos no teste de germinação (Figura 1). Não foram observadas sementes vazias em nenhum das cultivares.







% Cheia e Class.	Imagem QUANT	4 DAE	12 DAE
80,3 % Preenchimento Plântula Normal			
73,96% Preenchimento Plântula Anormal			

Figura 1 - Imagens radiográficas processadas pelo software QUANT, classificação e porcentagem de preenchimento, plântulas aos 4 dias após emergência e plântulas aos 12 dias após emergência. Rio Verde, Instituto Federal Goiano, 2016.

O software QUANT estimou de maneira satisfatória a germinação das sementes das cultivares testadas. Não houve diferença significativa entre o percentual de plântulas normais, pelos resultados obtidos pelo software QUANT, mas para o percentual de plântulas anormais houve diferenças nas cultivares 42, 910 e 975 (Figura 2).

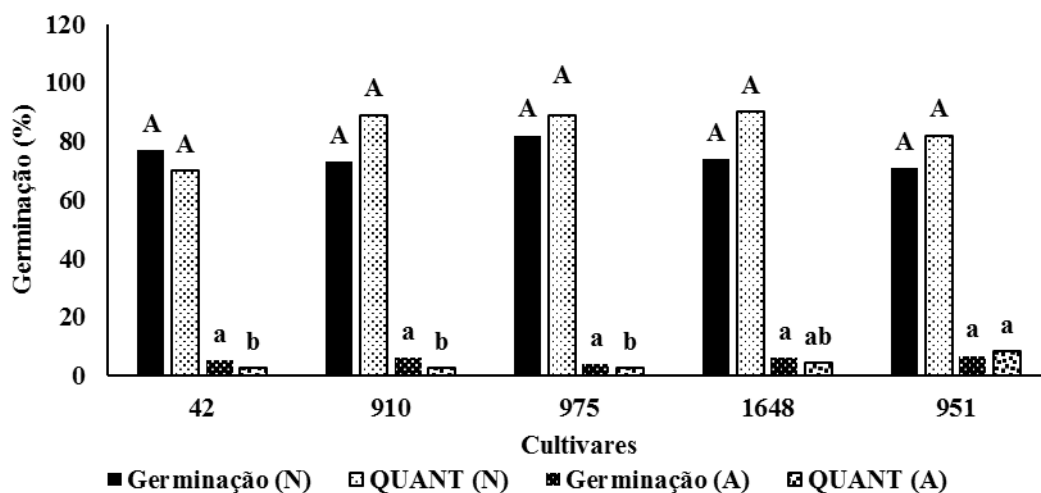


Figura 2 - Médias de plântulas normais e anormais para o teste de germinação e os resultados do software. Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 1%.

É relevante salientar que o teste de raios-X permite avaliar de maneira detalhada a morfologia interna da semente (Simak, 1991; Pupim, 2008), contudo algumas sementes com alta porcentagem de preenchimento podem dar origem a plântulas anormais, conforme verificado nas cultivares 42, 910 e 975. Ou seja, o teste de raios X, apesar da eficiência e rapidez e da sua capacidade de detecção de danos causados por insetos, injúrias físicas e porcentagem irregular de preenchimento de tecidos, não permite apropriada avaliação de determinados problemas fisiológicos na semente (Silva et al. 2014).

Houve correlação de 87%, significativa a 1% pelo teste de T, entre os resultados do software e os do teste de germinação (Figura 3), ou seja, a maior parte das sementes com potencial de formação de plântulas “NORMAIS”, segundo o parâmetro determinado no software QUANT, originou plântulas normais no teste de germinação, que são aquelas com todas as estruturas essenciais bem desenvolvidas (Marcos Filho, 2015).



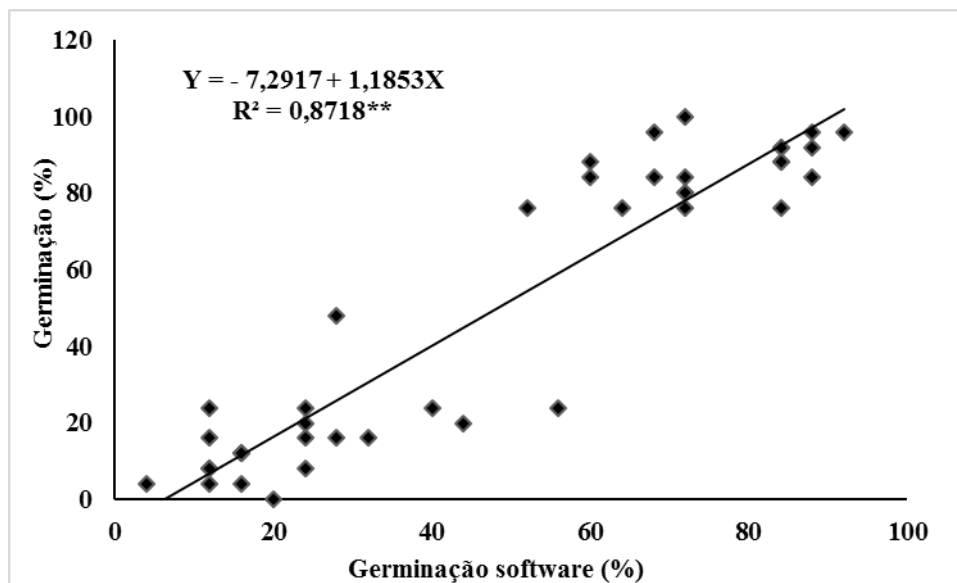


Figura 3 - Correlação entre os testes de germinação e o resultado obtido pelo software QUANT. \*\* significativo a 1% pelo teste T.

Marcos Filho et al., (2010) também obtiveram resultados promissores, com o uso do software Tomato Analyzer (Brewer et al., 2008), para a análise de imagens de raios X em sementes de algodão e abóbora. Wendt et al., (2014), similarmente, obtiveram resultados significativos com a utilização do mesmo software, assim como do Seed Vigor Imaging System (SVIS<sup>®</sup>) (Sako et al. 2001, Hoffmaster et al. 2005) em sementes de soja. Isto justifica, facilita e agiliza a validação e utilização de softwares para a avaliação correta de sementes submetidas ao teste de raios X.

#### 1.4 Conclusão

O software QUANT v. 1.0. 0.22 pode ser utilizado como ferramenta auxiliar na análise de imagens do teste de raios X de sementes de algodão, com elevada correlação com o desenvolvimento de plântula.

#### 1.5 Referências bibliográficas

- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária, Coordenação de Laboratório Vegetal. *Regras para Análise de Sementes*. Brasília, 2009. 395p.
- BREWER, M.T.; RODRIGUEZ, G.; GONZALO, M.J.; LANG, L.; SULLIVAN, D.; DUJMOVIC, N.; FUJIMURA, K.; GRAY, S.; van der KNAAP, E. *Tomato Analyzer (TA) user manual version 2.2.00*. 18p., 2008.

- CARVALHO, M. L. M. DE; ALVES, R. A.; OLIVEIRA, L. M. DE. Análise radiográfica em sementes de mamona (*Ricinus communis L.*). *Revista Brasileira de Sementes*, v. 32, n. 1, p. 170-175, 2010.
- COSTA, J.N. DA; ALMEIDA, F. DE A.C.; SANTANA, J.C.F. DE; COSTA, I.L.L. DA; WANDERELY, M.J.R.; SANTANA, J.C. DA S. Técnicas de colheita, processamento e armazenamento do algodão. Campina Grande: *Embrapa Algodão Circular Técnica*, 2005. 14p.
- DELL' AQUILA, A. Development of novel techniques in conditioning, testing and sorting seed physiological quality. *Seed Science and Technology*, v.37, n.3, p.608-624, 2009.
- SILVA, P. P., FREITAS, R. A., CÍCERO, S. M., MARCOS-FILHO, J., NASCIMENTO, W. Análise de imagens no estudo morfológico e fisiológico de sementes de abóbora. *Horticultura Brasileira*, v.32, p.210-214, 2014.
- FAS, S.; CAV, A. Comparison of means of agricultural experimentation data through different tests using the software Assistat. *African Journal of Agricultural Research*. Vol. v. 11, n. 30, p. 3527-3531, 2016. <http://www.academicjournals.org/journal/AJAR/article-full-text-pdf/091D87F60502>
- FERREIRA, J. C., DE SOUZA, M. V., VILÓRIA, M. I. V., DE FONSECA, E. F., DE SOUZA VIANNA, M. W., COSTA. Efeitos da monofenilbutazona em equinos cicatrização por segunda intenção. *Ceres*, v.54, n.313, 2015.
- GAGLIARDI, B.; MARCOS-FILHO, J. Relationship between germination and bell pepper seed structure assessed by the X-ray test. *Scientia Agricola*, v.68, n.4, p. 411-416, 2011.
- FERNANDES, A. P.; FERREIRA, M. C.; OLIVEIRA, C. A. L. Eficiência de diferentes ramais de pulverização e volumes de calda no controle de *Brevipalpus phoenicis* na cultura do café. *Revista Brasileira de Entomologia*, v.54, n.1, p.130-135, 2010.
- FREIRE, E.C. *Algodão no cerrado do Brasil*. Campina Grande: EMBRAPA, 2007. 918p.
- DALLAGNOL, L.J.; RODRIGUES, F. A.; TANAKA, F. A. O.; AMORIM, L.; CARMARGO, L. E. A. Effect of potassium silicate on epidemic components of powdery mildew on melon. *Plant Pathology*, v.61, n.2, p. 323-330, 2012.
- FERNANDES FILHO, E. I. et al. Software QUANT v. 1.0. 0.22–Quantificação de Doenças de Plantas. *Universidade Federal de Viçosa, CD-ROM*, 2002.

- GOMES JUNIOR, F. G. Aplicação da análise de imagens para avaliação da morfologia interna de sementes. *Informativo ABRATES*, v.20, n.3, p.33-51, 2010.
- HENRIQUE, F.H.; LACA-BUENDÍA, J.P. Comportamento morfológico e agrônômico de genótipos de algodoeiro no município de Uberaba - MG. *FAZU em Revista*, v.7, n.7, p.32-36, 2010.
- HOFFMASTER, A. F. et al. The Ohio State University Seed Vigor Imaging System (SVIS<sup>®</sup>) for soybean and corn seedlings. *Seed Technology*, v.27, n.1, p.7-24, 2005.
- DO VALE, F.X.R.; FERNANDES FILHO, E. I.; LIBERATO, J. R.; ZAMBOLIM, L. *Quant-Image Processing Software*, 2001.
- MELO, P. R. B.; OLIVEIRA, J. A.; CARVALHO, M. L. M.; GUIMARÃES, R.M.; CARVALHO, B. O. Application of the x-ray test to study the internal morphology and physiological quality of arnica seeds (*Lychnophora pinaster Mart.*). *Revista Brasileira de Sementes*, v. 31, n. 2, p. 146-154, 2009. [http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0101-31222009000200017&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0101-31222009000200017&script=sci_arttext)
- MARCOS FILHO, J.; KIKUTI, A.L.P.; DE LIMA, L.B. Métodos para avaliação do vigor de sementes de soja, incluindo a análise computadorizada de imagens. *Revista Brasileira de Sementes*, v.31, n.1, p.102-112, 2009.
- MARCOS FILHO, J. *Fisiologia de sementes de plantas cultivadas*. 2ª edição. Londrina: ABRATES, 2015. 659p.
- MARCOS FILHO, J.; GOMES JUNIOR, F. G.; BENNETT, M. A.; WELLS, A. A.; STIEVE, S. Using Tomato Analyzer software to determine embryo size in x-rayed seeds. *Revista Brasileira de Sementes*, v.32, n.2, p.146-153, 2010.
- PUPIM, T.L.; NOVENBRE, A.D.L.C.; CARVALHO, M.L.M.; CICERO, S.M. Adequação do teste de raios X para avaliação da qualidade de sementes de embaúba (*Cecropia pachystachya*). *Revista Brasileira de Sementes*, v.30, p.28-32, 2008
- ROCHA, C. R. M.; SILVA, V. N.; CICERO, S. M. Avaliação do vigor de sementes de girassol por meio de análise de imagens de plântulas. *Ciência Rural*, v. 45, n. 6, p. 970-976, 2015. [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-84782015000600970&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782015000600970&lng=en&nrm=iso).
- SAKO, Y.; MCDONALD, M. B.; FUJIMURA, K.; EVANS, A. F.; BENNETT, M. A. A system for automated seed vigour assessment. *Seed Science and Technology*, v.29, n.3, p.625-636, 2001. <http://www.eurofinsus.com/media/162083/seed-vigor-imaging-system.pdf>

SIMAK, M. Testing of forest tree and shrub seeds by X-radiography. *Tree and shrub seed handbook*, p.14, 1991.

WENDT, L., GOMES JUNIOR, F. G., ZORATO, M. D. F., MOREIRA, G. C. Evaluation of the physiological potential of soybean seeds by image analysis. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v.44, n.3, p.280-286, 2014.

## CAPÍTULO II

### Caracterização e relação entre qualidade física e fisiológica de sementes de algodão

Resumo: O tamanho da semente é uma característica de grande interesse e sua relação com a qualidade fisiológica vem sendo estudada por diversos autores e em diversas espécies. O objetivo deste trabalho foi caracterizar e quantificar o grau de relação entre qualidade física e fisiológica de sementes de cultivares de algodão. O trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Sementes e no Laboratório de Pós-Colheita de Produtos Vegetais do Instituto Federal Goiano – IF Goiano – Campus Rio Verde. Foram utilizados lotes de sementes de algodão de 5 cultivares (FiberMax 951 LL, FiberMax 975 WS, FiberMax 913 GLT, DeltaPine 1648 B2RF e TMG 42 WS), obtidos na safra 2016/2017 em Primavera do Leste, Mato Grosso. O delineamento experimental foi inteiramente ao acaso, com 4 repetições de 50 sementes. Foram realizadas determinações de teor de água e peso de mil sementes, teste de germinação e índice de velocidade de germinação, teste de emergência, contagem final e índice de velocidade de emergência, condutividade elétrica, envelhecimento acelerado e teste de desempenho de plântulas, para obtenção do comprimento e da massa de matéria seca de raiz e parte aérea. Determinou-se também as dimensões do tamanho das sementes (comprimento, largura e espessura), com auxílio de paquímetro digital, e do peso das sementes, com auxílio de uma balança de precisão de resolução 0,001g. Os dados foram submetidos a análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey, 5% de probabilidade, e teste de correlação simples entre as médias. Sementes de algodão de maior tamanho

(largura e comprimento) apresentam maior germinação, emergência, são menos suscetíveis ao teste de envelhecimento acelerado e apresentam menor condutividade elétrica que as sementes menores.

Palavras-chave: *Gossypium hirsutum* L., vigor, tamanho.

Abstract: The size of the seed is a characteristic of great interest and its relationship with the physiological quality has been studied by several authors and in various species. The purpose of this work was to characterize and quantify the degree of relationship between physical and physiological quality of cotton seeds. The work was developed in the seed laboratory and the post-harvest Laboratory of plant products of the Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde. Lots of cotton seeds of 5 cultivars were used (FiberMax 951 LL, FiberMax 975 WS, FiberMax 913 GLT, DeltaPine 1648 B2RF and TMG 42 WS), obtained from the 2016/2017 crop in the municipality of Primavera do Leste, Mato Grosso. The experimental design was entirely randomized, with 4 replications of 50 seeds. Determinations of moisture content and weight of 1,000 seeds were carried out, germination test and index of germination speed, emergency test and emergency speed index, electrical conductivity, accelerated aging and seedling performance test, for obtaining the length and mass of dry matter of root and air. The dimensions of the size of the seeds (length, width and thickness) were also determined, with the aid of digital caliper, and the weight of the seeds, with the aid of a scale of precision, with a resolution of 0.001g. The data was subjected to analysis of variance and the averages compared by Tukey test at 5% probability, and simple correlation test between averages. Larger size (width and length) cotton seeds present higher germination, emergence, are less susceptible to accelerated aging test and have lower electrical conductivity than smaller seeds.

**Key words:** *Gossypium hirsutum* L., vigour, dimensions.

## 2.1 Introdução

O algodão é a mais importante fonte mundial de fibras naturais, além de poder ser utilizada para aproveitamento de óleo (ANDRES et al., 2017) e alimentação animal, devido ao seu alto teor de proteínas (LU, 2017). Mundialmente, em média 35 milhões

de hectares de algodão são cultivados todos os anos (FREIRE, 2015a) e o Brasil figura entre os principais produtores, com uma área plantada de 939,7 mil hectares, sendo a região Centro-Oeste a principal produtora (CONAB, 2017).

A qualidade de sementes é um fator de grande importância para a manutenção de um sistema sustentável de produção e é descrita como sendo a soma de atributos genéticos, físicos, fisiológicos e sanitários, que irão influenciar a sua capacidade de originar plantas com alta capacidade produtiva (MARCOS FILHO, 2015). O potencial fisiológico das sementes de algodão pode ser influenciado por diversos fatores, antes e/ou durante a colheita e no período pós-colheita, como na secagem, beneficiamento e armazenamento (FREIRE, 2015b).

O processo de melhoramento do algodão, com vistas ao aumento do rendimento de fibra, favoreceu, paralelamente, a seleção de variedades com sementes de menor tamanho, de baixa qualidade e com tegumento mais quebradiço (BEL e XU, 2011). Estas características podem influenciar o vigor das sementes e, conseqüentemente, o estabelecimento da cultura em campo. O tamanho das sementes não aparenta ter influência sobre a germinação, porém pode afetar o vigor da plântula resultante, sendo que as sementes de maior tamanho, de maneira geral, originam plântulas mais vigorosas e, em condições de campo, podem resultar em uniformidade superior (CARVALHO e NAKAGAWA, 2000a).

Sendo que diferentes cultivares apresentam diferentes características, como produtividade, ciclo da cultura, velocidades de germinação e emergência, bem como o tamanho da semente e a espessura do tegumento, estudos que comprovem a relação do tamanho da semente com a qualidade fisiológica, podem servir como mais uma ferramenta de auxílio aos programas de melhoramento, com vistas ao aumento da qualidade das sementes. Assim, o objetivo deste trabalho foi caracterizar e quantificar o grau de relação entre qualidade física e fisiológica de sementes de cultivares de algodão.

## 2.2 Material e métodos

O trabalho foi realizado no Laboratório de Sementes e no Laboratório de Pós-Colheita de Produtos Vegetais do Instituto Federal Goiano – IF Goiano – Campus Rio Verde. Foram utilizadas sementes de 5 cultivares de algodão (FiberMax 951 LL, FiberMax 975 WS, FiberMax 913 GLT, DeltaPine 1648 B2RF e TMG 42 WS), provindas de amostras de lotes, da safra 2016, produzidos em campos de produção de

sementes em Primavera do Leste, Mato Grosso. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente ao acaso, com quatro repetições de 50 sementes.

Para a caracterização da qualidade física das sementes, as amostras foram homogeneizadas, manualmente, e determinou-se o teor de água das sementes, em estufa com ventilação de ar forçada a 105 °C por 24 horas, com quatro repetições (BRASIL, 2009a). Após, determinou-se as dimensões de tamanho (comprimento, largura e espessura), com o auxílio de paquímetro digital, utilizando 15 sementes por cultivar e o peso de mil sementes, com o auxílio de balança de precisão de resolução 0,001g, utilizando oito subamostras de 100 sementes (BRASIL, 2009b).

Para a caracterização da qualidade fisiológica das sementes foram realizados teste de germinação, pela semeadura de quatro repetições de 50 sementes em distribuição alterna entre três folhas de papel “germitest”, umedecidas com água destilada, em quantidade equivalente a 2,3 vezes o peso do substrato seco (BRASIL, 2009c). Foram confeccionados rolos, que foram mantidos em B.O.D. a 25 °C, com contagens aos 4 e 8 dias após a semeadura. Concomitantemente ao teste de germinação, foi realizado um teste adicional, sob mesma metodologia descrita anteriormente, para obtenção do índice de velocidade de germinação. Para tal, foram realizadas contagens diárias do número de sementes germinadas, com radícula visível e maior que 3 mm, e cálculo do índice através da fórmula proposta por Krzyzanowski e Vieira, (1999a).

O teste de emergência foi realizado com 4 repetições de 50 sementes, distribuídas em duas linhas de 25, em leito de areia a 3 cm de profundidade, em casa de vegetação com sistema de aspersão programado para 4 irrigações diárias de 12 minutos. Foram realizadas contagens diárias do número de plântulas emergidas, com a folha cotiledonar visível e avaliação da porcentagem final de emergência e classificação das plântulas a os 12 dias após a semeadura (DUTRA & MEDEIROS FILHO, 2008). O índice de velocidade de emergência foi calculado de acordo com a fórmula proposta por Krzyzanowski e Vieira, (1999b).

O teste de envelhecimento acelerado foi realizado pelo método do “gerbox”, segundo metodologia por Marcos Filho (2005), distribuindo-se 200 sementes sobre uma tela de aço, de cada gerbox, contendo no fundo 40 ml de água destilada e mantidos em B.O.D. a 42 °C por 72 horas. Após este período, realizou o teste de germinação, conforme metodologia descrita anteriormente (BRASIL, 2009d), com avaliação aos 4 dias após a semeadura



O teste de condutividade elétrica foi realizado com quatro repetições de 25 sementes, previamente pesadas em balança de precisão de resolução 0,001g, e acondicionadas em copos descartáveis, contendo 75 ml de água deionizada, e mantidas em B.O.D a 25 °C por 24 horas. Após, realizou-se a leitura da solução de embebição, com condutivímetro. Os resultados foram expressos em  $\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$  de sementes (KRZYZANOWSKI & VIEIRA, 1999c).

O teste de desempenho de plântulas foi realizado com quatro repetições de 20 sementes, distribuídas alternadamente em duas linhas de 10, entre três folhas de papel “germitest”, umedecidas com água destilada contendo 2,3 vezes o peso do papel seco, e mantidas em B.O.D. a 25 °C por 8 dias. Após, realizou-se a medição, com auxílio de régua milimétrica, do comprimento de raiz e parte aérea de 10 plântulas normais, de cada repetição, selecionadas aleatoriamente. Após a medição, foi realizado o seccionamento das plântulas, para secagem, em estufa com ventilação de ar forçada a 80 °C por 24h, e pesagem em balança de precisão de resolução 0,001g (KRZYZANOWSKI & VIEIRA, 1999d).

Os dados foram submetidos a análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade, e pela correlação simples entre as médias com uso do software estatístico ASSISTAT 7.7 (SILVA & AZEVEDO, 2016).

## 2.3 Resultados e discussão

O teor de água variou de 6,77 a 7,61 % (b.u.) entre as sementes das cultivares (Tabela 1), o que dá confiabilidade as análises e comparações (Silva et al., 2015; Coimbra et al., 2009).

**Tabela 1.** Dimensões de tamanho, espessura, largura e comprimento (cm), e teor de água (TA) (b.u.) de sementes de diferentes cultivares de algodão, safra 2016

Cultivares	Espessura	Largura	Comprimento	TA (%)
FM 913 GLT	3,9400 ns	4,1400 b	8,063 b	6,77
TMG 42 WS	4,1180 ns	4,3346 ab	8,444 b	7,44
FM 951 LL	4,0140 ns	4,6680 a	9,3406 a	7,07
FM 975 WS	4,2680 ns	4,4966 ab	8,9633 a	7,61
DP 1648 B2RF	3,9466 ns	4,4020 ab	9,0640 a	7,07
CV%	14,53	8,04	4,87	-

Médias seguidas das mesmas letras, na coluna, não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

As sementes da cultivar FiberMax 951 apresentaram maior largura e comprimento, assim como as cultivares FiberMax 975 e DeltaPine 1648 nesta última variável, enquanto a cultivar FiberMax 913 apresentou os menores valores para estas variáveis. A espessura e o teor de água também foram menores nessa cultivar, porém sem significância (Tabela 1). O tamanho é um dos fatores que pode influenciar no vigor e qualidade das sementes (SOARES et al., 2015).

As cultivares FiberMax 951 e DeltaPine 1648 apresentaram maior massa seca de parte aérea e de raiz, enquanto a cultivar FiberMax 913 apresentou os menores valores (Tabela 2). Isto evidencia uma relação entre as dimensões da semente e a taxa de transferência de matéria seca da plântula. Pádua et al., (2010a) observaram que plantas de soja provenientes de sementes de maior tamanho, apresentaram maior peso de matéria seca de raiz, caracterizando uma relação entre o tamanho da semente e sua quantidade de matéria seca.

**Tabela 2.** Massa seca de parte aérea (MS PA), massa seca de raiz (MS RAIZ), comprimento da parte aérea (COMP PA) e comprimento da raiz (COMP RA), expressas em cm, de plântulas de diferentes cultivares de algodão, safra 2016

Cultivares	ms pa	ms raiz	comp pa	comp ra
FM 913 GLT	0,3135 c	0,0625 c	9,02 ns	7,80 ns
TMG 42 WS	0,4075 b	0,0637 bc	9,19 ns	6,14 ns
FM 951 LL	0,4692 a	0,0772 a	9,47 ns	6,21 ns
FM 975 WS	0,3830 b	0,0747 ab	9,59 ns	7,54 ns
DP 1648 B2RF	0,5010 a	0,0752 ab	9,05 ns	6,63 ns
CV%	5,53	8,47	16,48	14,7

Médias seguidas das mesmas letras, na coluna, não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Raízes mais desenvolvidas impulsionam a absorção de nutrientes pelas plantas, aumentando a área foliar e, por conseguinte a expressão do vigor das plantas (Almeida et al., 2009; Tavares et al., 2008; Nunes et al., 2015a).

As cultivares FiberMax 951, FiberMax 975 e DeltaPine 1648 apresentaram maiores percentuais de germinação, nos testes de germinação e envelhecimento acelerado, e menores valores de condutividade elétrica (Tabela 3). Estas cultivares apresentaram também os maiores valores de comprimento da semente (Tabela 1), que pode estar relacionado ao seu desempenho fisiológico, visto que sementes maiores geralmente possuem maior quantidade de reservas e embriões bem formados, sendo por consequência, mais vigorosas (CARVALHO & NAKAGAWA, 2000b).

**Tabela 3.** Média da porcentagem de germinação (G), índices de velocidade de germinação (IVG), porcentagem de emergência (E), índice de velocidade de emergência (IVE), envelhecimento acelerado (EA), condutividade elétrica (CE) ( $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ ) de sementes de diferentes cultivares de algodão, safra 2016

Cultivares	G (%)	IVG	E (%)	IVE	EA	CE
FM 913 GLT	88,5 b	15,25 ab	69,0 b	8,70 ab	79,5 b	188,43 b
TMG 42 WS	82,5 b	13,08 c	48,0 c	7,22 c	65,0 c	181,08 b
FM 951 LL	99,0 a	16,33 a	74,5 ab	9,16 a	95,0 a	132,38 a
FM 975 WS	99,0 a	16,58 a	76,0 ab	7,57 bc	94,0 a	115,95 a
DP 1648 B2RF	97,5 a	14,16 bc	85,0 a	8,57 ab	97,5 a	120,61 a
CV%	4,15	5,14	9,96	7,95	7,32	9,14

Médias seguidas das mesmas letras, na coluna, não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A cultivar FiberMax 951 também apresentou maior índice de velocidade de germinação (IVG) e índice de velocidade de emergência (IVE) (Tabela 3), e evidencia maior qualidade fisiológica destas sementes, podendo estar atrelado as dimensões de tamanho das sementes desta cultivar (Tabela 1). De modo contrário, a cultivar FiberMax 913, que apresentam menores dimensões de semente (Tabela 1), apresentou menor qualidade fisiológica, nos testes de germinação, envelhecimento acelerado e condutividade elétrica, reforçando a evidência de que sementes de algodão de menor tamanho podem apresentar menor qualidade fisiológica.

Duarte et al., (2007) e Pardo et al., (2015) constataram que sementes de menor tamanho de *Eugenia dysenterica Mart* e *Glycine Max*, respectivamente, apresentam maior índice de velocidade de germinação e emergência, porém Nunes (2015b) relatou que sementes de algodão de menor tamanho apresentam menor qualidade fisiológica. Kopper et al. (2010) verificaram que sementes de *Cariniana estrellensis* de menor tamanho possuem relação superfície/volume maior do que sementes grandes, e pode facilitar a obtenção de água para o início do processo de germinação, entretanto, apresentam menor quantidade de reservas.

Por outro lado, a cultivar TMG 42 apresentou o menor desempenho fisiológico em todas as variáveis, principalmente para as características de emergência e germinação no teste de envelhecimento acelerado (Tabela 3). Isto pode ser pela menor qualidade intrínseca do lote de sementes, e que, provavelmente, tenha sido causado por fatores do campo de produção destas sementes.

A discrepância entre os resultados de germinação e os de emergência e germinação no teste de envelhecimento acelerado nas sementes da cultivar TMG 42 (Tabela 3) pode ser pelo elevado grau de deterioração destas sementes, e provavelmente comprometeria o uso deste lote para a comercialização futura.

Foram constatadas correlações significativas e positivas entre o tamanho de semente e a massa de matéria seca de raiz (0,8803\*) e o peso de mil sementes (0,9429\*) (Tabela 4). Alves et al., (2005) e Pádua et al., (2010b) ressaltam a importância da classificação de sementes de soja segundo suas dimensões, pois o maior tamanho e peso de sementes possibilitam maior porcentagem de germinação e vigor.

**Tabela 4.** Coeficientes de correlação simples (r) entre o tamanho e semente (espessura, largura e comprimento) de cultivares de algodão, safra 2016 e características de qualidade fisiológica das sementes

<u>CARACTERÍSTICAS AVALIADAS</u>	<u>r</u>
Germinação	0,8163 ns
IVG	0,4176 ns
Emergência	0,5632 ns
IVE	0,6740 ns
Envelhecimento Acelerado	0,7590 ns
Condutividade Elétrica	- 0,8830 *
Massa Seca da Parte Aérea	0,8204 ns
Massa Seca da Raiz	0,8803 *
PMS	0,9429 *

\* Valor significativo a 5% e “ns” valor não significativo pelo teste de F.

Houve correlação significativa e negativa entre o tamanho de sementes e a condutividade elétrica (-0,8830\*) (Tabela 4), indicando que sementes com maiores dimensões possuem menores valores de lixiviação de exsudatos, e pode estar relacionado a sua melhor qualidade.

## 2.4 Conclusão

Sementes de cultivares de algodão com maior tamanho apresentam maior desenvolvimento radicular e maior qualidade fisiológica de sementes.

## 2.5 Referências bibliográficas

- ALMEIDA, A. S.; TILLMANN, M. A. A.; VILLELA, F. A.; PINHO, M. S. Bioativador no desempenho fisiológico de sementes de cenoura. *Revista Brasileira de Sementes*, v. 31, n. 3, p. 87-95, 2009. <http://www.scielo.br/pdf/rbs/v31n3/a10v31n3.pdf>
- ALVES, E.U.; BRUNO, R. L. A.; OLIVEIRA, A. P.; ALVES, A. U.; Influência do tamanho e da procedência de sementes de *Mimosa caesalpinifolia* Benth. sobre a germinação e vigor. *Revista Árvore*, v.29, n.6, p.877-885, 2005. <http://www.scielo.br/pdf/%0D/rarv/v29n6/a06v29n6.pdf>
- ANDRES, R. J.; CONEVAB V.; FRANKB M. H.; TUTTLEA J. R.; SAMAYOAA L. F.; HAND S. W.; KAURA B.; ZHUA L.; FANGA H.; BOWMANA D. T.; PIERCED M. R.; C. HAIGLERA,; JONESE D. C.; HOLLANDA J. B.; CHITWOODB D. H.; KURAPARTHY V. Modifications to a late meristem identity1 gene are responsible for the major leaf shapes of Upland cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 114, n. 1, p. E57-E66, 2017. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27999177>
- BEL, P., XU, B. Measurements of seed coat fragments in cotton fibers and fabrics. *Textile Research Journal*. V. 81, n. 19, p. 1983-1994. 2011. <https://www.ars.usda.gov/research/publications/publication/?seqNo115=253974>
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária, Coordenação de Laboratório Vegetal. *Regras para Análise de Sementes*. Brasília, 2009. 395p.
- CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. Sementes: ciência, tecnologia e produção. 4ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000, 588p.
- COIMBRA, R. A.; MARTINS, C. C.; TOMAZ, C. A. T.; NAKAGAWA, J. Vigor tests for selection of sweet corn (sh2) seeds lot. *Ciência Rural*, v.39, n.9, p.2402-2408, 2009. [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-84782009000900004](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782009000900004)
- CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira de grãos: nono levantamento – junho, 2017. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1253>. Acesso em: 13 jun. 2017.
- DUARTE, E. F.; NAVES, R. V.; BORGES, J. D.; GUIMARÃES, N. N. R. Germinação e vigor de sementes de cagaita (*Eugenia dysenterica* Mart. ex DC.) em função de seu tamanho e tipo de coleta. *Pesquisa Agropecuária Tropical (Agricultural Research in the Tropics)*, v. 36, n. 3, p. 173-179, 2007. <https://www.revistas.ufg.br/pat/article/view/2043>

- DUTRA, A.S.; MEDEIROS FILHO, S. Teste de deterioração controlada na determinação do vigor em sementes de algodão. *Revista Brasileira de Sementes*, v.30, n.1, 2008. <http://www.scielo.br/pdf/rbs/v30n1/a03v30n1>
- FAS, S.; CAV, A. Comparison of means of agricultural experimentation data through different tests using the software Assistat. *African Journal of Agricultural Research*. Vol. v. 11, n. 30, p. 3527-3531, 2016. <http://www.academicjournals.org/journal/AJAR/article-full-text-pdf/091D87F60502>
- FREIRE, E. C. *Algodão no cerrado do Brasil*. Brasília: ABRAPA, 2015. 956p.
- KOPPER, A. C.; MALAVASI, M. M.; MALAVASI, U. C. Influência da temperatura e do substrato na germinação de sementes de *Cariniana estrellensis* (Raddi) Kuntze. *Revista Brasileira de Sementes*, v. 32, n. 2, p. 160-165, 2010. [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0101-31222010000200020](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-31222010000200020)
- KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D. Deterioração controlada. In: KRZYZANOSWKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO. J.B. *Vigor de sementes: conceitos e testes*. Londrina: ABRATES. 1999. 218p.
- LU, N.; ROLDAN, M.; DIXON, R. A. Characterization of two TT2-type MYB transcription factors regulating proanthocyanidin biosynthesis in tetraploid cotton, *Gossypium hirsutum*. *Planta*, p.1-13, 2017. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28421329>
- MARCOS FILHO. Avaliação do potencial fisiológico de sementes. In: MARCOS FILHO, J. (Ed. 1). *Fisiologia de sementes de plantas cultivadas*. Lonrina: FEALQ, 2005. p. 630-636.
- MARCOS FILHO, J. *Fisiologia de sementes de plantas cultivadas*. 2ª edição. Londrina: ABRATES, 2015. 659p.
- NUNES, T. C.; PRADO, T. R.; RIBEIRO, E. B.; VALE, W. S.; MORAIS, O. M.; Desempenho fisiológico de sementes de algodão cultivadas em Luís Eduardo Magalhães, Bahia. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v. 10, n. 4, p. 69-74, 2015. <http://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/view/3549>
- PÁDUA, G. P.; ZITO, R. K.; ARANTES, E. A.; NETO, J. B.; Influência do tamanho da semente na qualidade fisiológica e na produtividade da cultura da soja. *Revista Brasileira de Sementes*, v. 32, n. 3, p. 9-16, 2010. <http://www.scielo.br/pdf/rbs/v32n3/v32n3a01.pdf>

- PARDO, F. F.; BINOTTI, F. F. S.; CARDOSO, E. D.; COSTA, E. Qualidade fisiológica de sementes de soja esverdeadas em diferentes tamanhos. *Revista de Agricultura Neotropical*, v. 2, n. 3, p. 39-43, 2015. <https://periodicosonline.uems.br/index.php/agrineo/article/viewFile/275/683>
- SILVA, A. B. C.; GALVÃO, I. M.; BARBOSA, R. M.; SILVA, C. B.; VIEIRA, R. D. Controlled deterioration test for evaluation of sunn hemp seed vigor. *Journal of Seed Science*, v. 37, n. 4, p. 249-253, 2015. [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2317-15372015000400249](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2317-15372015000400249)
- SOARES, M. M.; SANTOS JUNIOR, H. C.; SIMÕES, M. G.; PAZZIN, D.; DA SILVA, L. J. Estresse hídrico e salino em sementes de soja classificadas em diferentes tamanhos. *Pesquisa Agropecuária Tropical*. v. 45, n. 4, p. 370-378, 2015. [http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1983-40632015000400370&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1983-40632015000400370&script=sci_arttext)
- TAVARES, S.; CASTRO, P. R. C.; RIBEIRO, R. V.; ARAMAKI, P. H. Avaliação dos efeitos fisiológicos de tiametoxam no tratamento de sementes de soja. *Revista de Agricultura*, 2008. p. 193- 204. <http://cat.inist.fr/?aModele=afficheN&cpsidt=19182721>

### CAPÍTULO III

#### Qualidade fisiológica de sementes de algodão armazenadas sob diferentes temperaturas

Resumo: O armazenamento de sementes possui papel importante no processo produtivo e quando bem conduzido, minimiza a deterioração e o descarte de lotes de sementes. Este trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade fisiológica de sementes de 3 cultivares de algodão sob armazenamento em duas temperaturas. O trabalho foi conduzido no Laboratório de Sementes do IF Goiano/Campus Rio Verde. Foram utilizadas sementes de 3 cultivares de algodão, TMG 42 WS, FiberMax 913 GLT e FiberMax 951 LL. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente ao acaso, em esquema fatorial (3 x 2 x 4), sendo 3 cultivares, 2 temperaturas e 4 períodos de armazenamento, respectivamente, com 4 repetições de 50 sementes. As avaliações de germinação, índice de velocidade de germinação e emergência, índice de velocidade de emergência e envelhecimento acelerado foram realizadas nos períodos de zero, 90, 180 e 270 dias. Após a avaliação dos resultados, conclui-se que a qualidade fisiológica de sementes de algodão reduz durante o armazenamento e mais acentuadamente no período de 270 dias e a temperatura de 10°C proporciona melhor conservação de sementes de algodão.



Palavras-chave: germinação, *Gossypium hirsutum L.*, armazenamento.

Abstract: Seed storage has an important role in the productive process and when well-driven, minimizes the deterioration and disposal of seed lots. This work aims to evaluate the physiological quality of seeds of 3 cotton cultivars under storage at two temperatures. The work was conducted in the seed laboratory of the IF Goiano/Campus Rio Verde. Seeds of 3 cotton cultivators were used, TMG 42 WS, FiberMax 913 GLT and FiberMax 951 LL. The experiment was conducted as a randomized design, in factorial scheme (3 x 2 x 4), 3 cultivars, 2 temperatures and 4 storage periods, respectively, with 4 replications of 50 seeds. Germination evaluations, germination speed index and emergency, emergency speed index and accelerated aging were performed at periods of zero, 90, 180, and 270 days. After the evaluation of the results, it was concluded that the physiological quality of cotton seeds reduces during storage and more sharply in the period of 270 days and the temperature of 10 ° C provides better conservation of cotton seeds.

**Key words:** germination, *Gossypium hirsutum L.*, storage.

### 3.1 Introdução

O algodão, *Gossypium hirsutum L.* possui importância econômica mundial e nacional. A cultura do algodão é um dos cinco principais cultivos agrícolas do Brasil e sua produtividade cresce a cada ano, principalmente na região do Cerrado brasileiro, onde os principais produtores são os estados do Mato Grosso, Bahia, Goiás e Mato Grosso do Sul. O centro-oeste foi responsável por 65,3% da produção nacional na safra 2015/16 (CONAB, 2016).

O potencial fisiológico das sementes de algodão pode ser influenciado por diversos fatores de colheita, como períodos de chuva, velocidade da colhedora, danos físicos e pós-colheita, como a secagem, o beneficiamento e o armazenamento (FREIRE, 2015). Desta forma, a produção de sementes de qualidade e a manutenção do vigor durante o armazenamento são componentes primordiais para um bom sistema de produção comercial, pois sementes de alta qualidade possibilitam a obtenção de estande com desenvolvimento vegetativo e reprodutivo rápido e uniforme (MARCOS FILHO, 2015; FREITAS et al., 2004).

O armazenamento de sementes possui papel importante no processo produtivo e

quando bem conduzido, minimiza a deterioração e o descarte de lotes de sementes (ZONTA et al., 2014). As sementes destinadas a semeadura ou multiplicação devem ser devidamente conservadas, para que se mantenha a qualidade fisiológica, até o momento da utilização. Desta forma, a conservação de sementes por períodos mais longos de tempo é alcançada com o uso de técnicas adequadas durante o armazenamento, possibilitando a manutenção da viabilidade (GUEDES et al., 2012).

Este trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade fisiológica de sementes de 3 cultivares de algodão sob armazenamento em 2 temperaturas.

### 3.2 Material e métodos

O trabalho foi conduzido no Laboratório de Sementes do Instituto Federal Goiano –Campus Rio Verde, GO. Foram utilizadas sementes de três cultivares de algodão, TMG 42 WS, FiberMax 913 GLT e FiberMax 951 LL, produzidas em Primavera do Leste, Mato Grosso, na safra 2015/2016. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente ao acaso, em esquema fatorial (3 x 2 x 4), sendo 3 cultivares, 2 temperaturas e 4 períodos de armazenamento, respectivamente, com 4 repetições de 50 sementes.

Amostras de sementes de algodão contendo aproximadamente 1 Kg foram, previamente, homogeneizadas, acondicionadas em sacos de papel do tipo “kraft”, identificadas e armazenadas em câmara do tipo B.O.D, reguladas a temperatura constante de 10 °C e 20 °C, com umidade relativa média do ar de 40% por 270 dias. As avaliações foram feitas em amostras independentes nos períodos zero, 90, 180 e 270 dias, segundo os seguintes testes:

**Teste de teor de água** – realizado pelo método de estufa com ventilação de ar forçada a 105 °C por 24 horas, com quatro repetições de, aproximadamente, 4,5 gramas (BRASIL, 2009).

**Teste de germinação e índice de velocidade de germinação** - pela semeadura de quatro repetições de 50 sementes em distribuição alterna entre três folhas de papel “germitest”, umedecidas com água destilada, em quantidade equivalente a 2,3 vezes o peso do substrato seco (BRASIL, 2009c). Foram confeccionados rolos, que foram mantidos em B.O.D. a 25 °C, com contagens aos 4 e 8 dias após a semeadura. Concomitantemente ao teste de germinação, foi realizado um teste adicional, sob mesma metodologia descrita anteriormente, para obtenção do índice de velocidade de

germinação. Para tal, foram realizadas contagens diárias do número de sementes germinadas, com radícula visível e maior que 3 mm, e cálculo do índice através da fórmula proposta por Krzyzanowski e Vieira, (1999b).

**Teste de emergência e índice de velocidade de emergência** - realizado com 4 repetições de 50 sementes, distribuídas em duas linhas de 25, em leito de areia a 3 cm de profundidade, em casa de vegetação com sistema de aspersão programado para 4 irrigações diárias de 12 minutos. Foram realizadas contagens diárias do número de plântulas emergidas com a folha cotiledonar visível e avaliação da porcentagem final de emergência e classificação das plântulas a os 12 dias após a semeadura (DUTRA & MEDEIROS FILHO, 2008). O índice de velocidade de emergência foi calculado de acordo com a fórmula proposta por Krzyzanowski e Vieira, (1999b).

**Teste de envelhecimento acelerado** - foi realizado pelo método do “gerbox”, segundo metodologia por Marcos Filho (2005), distribuindo 200 sementes sobre uma tela de aço, de cada gerbox, contendo no fundo 40 ml de água destilada e mantidos em B.O.D. a 42 °C por 72 horas. Após este período, realizou o teste de germinação, conforme metodologia descrita anteriormente (BRASIL, 2009d), com avaliação aos 4 dias após a semeadura.

Os dados foram submetidos a análise de variância pelo teste F, a 5% de probabilidade, e, em caso de significância, foi realizada a análise de regressão para os períodos de armazenamento. Para as temperaturas, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade, utilizando o programa estatístico ASSISTAT 7.7 (SILVA & AZEVEDO, 2016).

### 3.3 Resultados e discussão

Para a cultivar 913, houve efeito isolado e significativo para a temperatura nos testes de germinação, índice de velocidade de germinação e para o envelhecimento acelerado. Para o efeito do armazenamento, todos os testes foram significativos pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). No entanto, ao se avaliar a interação entre as temperaturas e os tempos de armazenamento, houve diferença significativa apenas para o índice de velocidade de germinação e para o envelhecimento acelerado.

As porcentagens de germinação e emergência da cultivar FiberMax 913 GLT reduziram durante o armazenamento das sementes, 8,28% e 12,08% respectivamente até o período de 270 dias (Figura 1). Conforme observado por Nagashima et al., (2010), o

armazenamento de sementes de algodão por períodos maiores que 180 dias afeta o desempenho das plântulas.

O índice de velocidade de germinação (IVG) também reduziu, em ambas temperaturas de armazenamento, porém na temperatura de 20 °C este valor foi menor (Figura 1). No período de 270 dias, nesta mesma temperatura, este índice ficou próximo do observado para a temperatura de 10 °C, revelando que neste período a temperatura de armazenamento de 10 °C diminui seu efeito conservativo. De maneira análoga, o índice de velocidade de emergência (IVE) reduziu ao longo do armazenamento, porém sem diferenças entre as temperaturas.

No teste de envelhecimento acelerado houve diferença de germinação entre as temperaturas de 10 °C e 20 °C, e mais acentuadamente no período de 270 dias na temperatura de 10 °C (Figura 1), e também houve maior redução da germinação. Este período de armazenamento parece ser um ponto crítico para a boa conservação de sementes de algodão. Gai et al., (2008), observaram que o estresse por baixas temperaturas afeta algumas proteínas durante o armazenamento e a germinação de sementes de algodão (Figura 1).

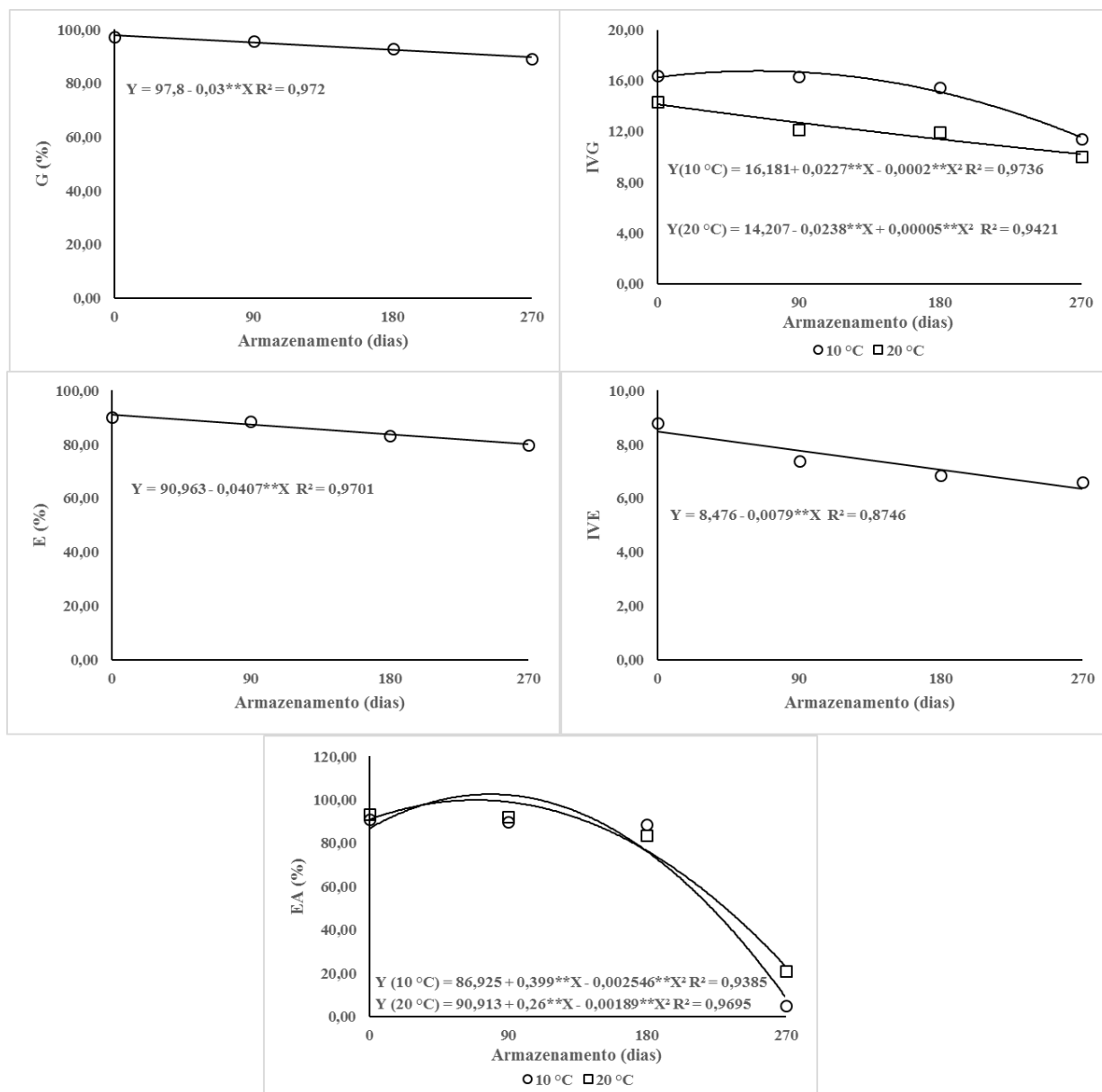


Figura 4 – Gráficos para germinação (G), índice de velocidade de germinação (IVG), emergência (E), índice de velocidade de emergência (IVE) e envelhecimento acelerado (EA) de sementes de algodão da cultivar FiberMax 913 GLT.

Na cultivar TMG 42 WS os valores nos testes de germinação, envelhecimento acelerado, e emergência reduziram durante o armazenamento, em 15,46%, 9,71% e 12,90% respectivamente (Figura 2). Diversos trabalhos comprovam o declínio da qualidade da semente ao longo do período de armazenamento (SILVA, 2010; BORBA FILHO, 2009; DAN, 2010; ANTONELLO, 2009; NAGASHIMA 2010b) observaram este comportamento ao trabalharem com milho, arroz, feijão, ipê-branco, ipê-roxo, soja e algodão.

O índice de velocidade de germinação da cultivar TMG 42 WS reduziu durante o armazenamento e, mais acentuadamente, na temperatura de 20°C (Figura 2). De

maneira análoga, o índice de velocidade de emergência reduziu ao longo do armazenamento, porém sem diferenças entre as temperaturas.

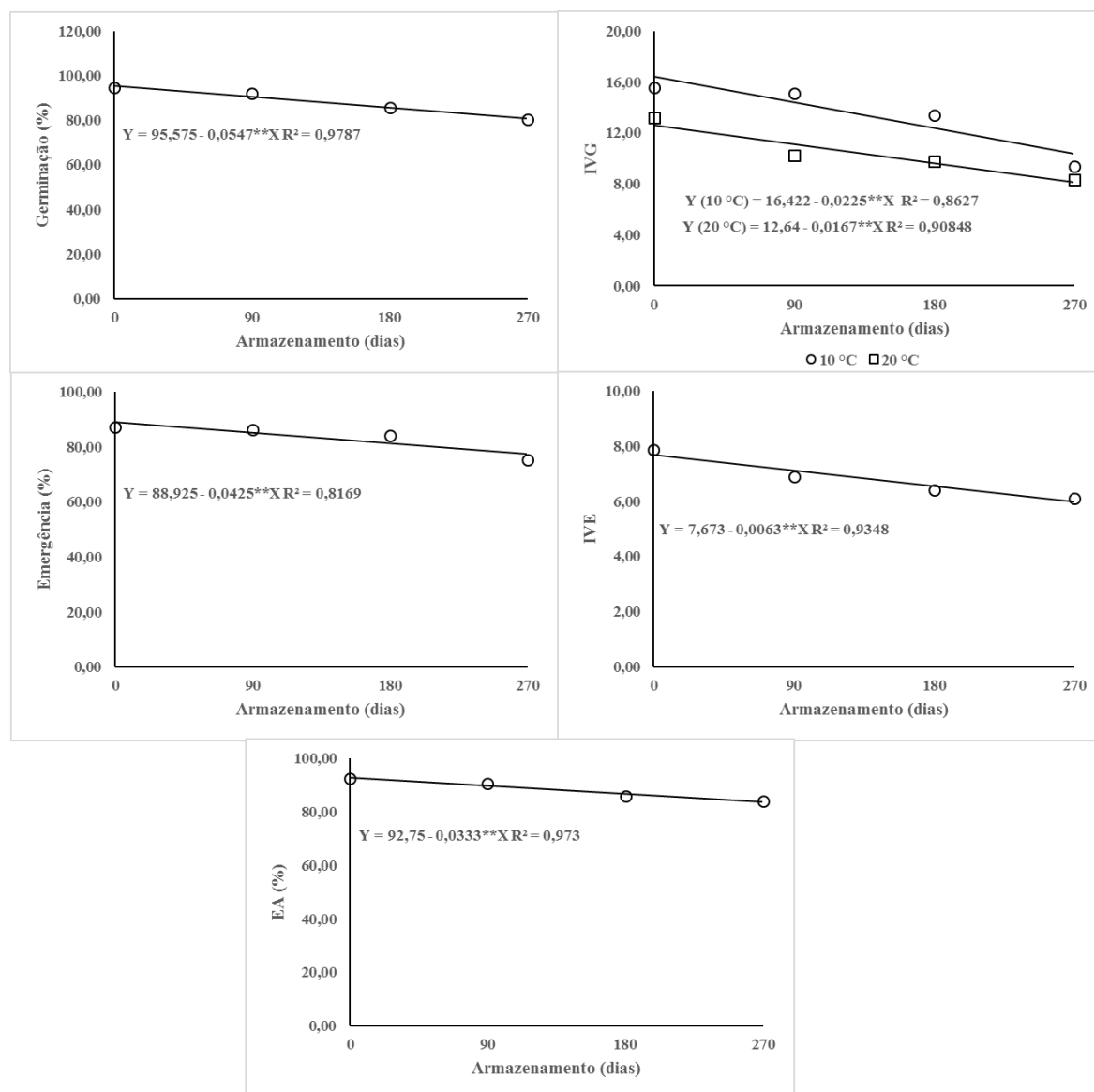


Figura 5 – Gráficos para germinação (G), índice de velocidade de germinação (IVG), emergência (E), índice de velocidade de emergência (IVE) e envelhecimento acelerado (EA) de sementes de algodão da cultivar TMG 42 WS.

Na cultivar FiberMax 951 LL, todas as médias foram significativas ( $p < 0,05$ ) ao analisar o armazenamento de forma isolada. Para o comportamento da interação entre os períodos de armazenamento e as temperaturas, a cultivar respondeu de forma significativa ao índice de velocidade de germinação e para o envelhecimento acelerado. Os valores nos testes de germinação, emergência e envelhecimento acelerado para a temperatura de 10 °C e 20 °C reduziram durante o armazenamento, em 13,45%, 18,79% e 7,73% e 45,61% respectivamente (Figura 3).

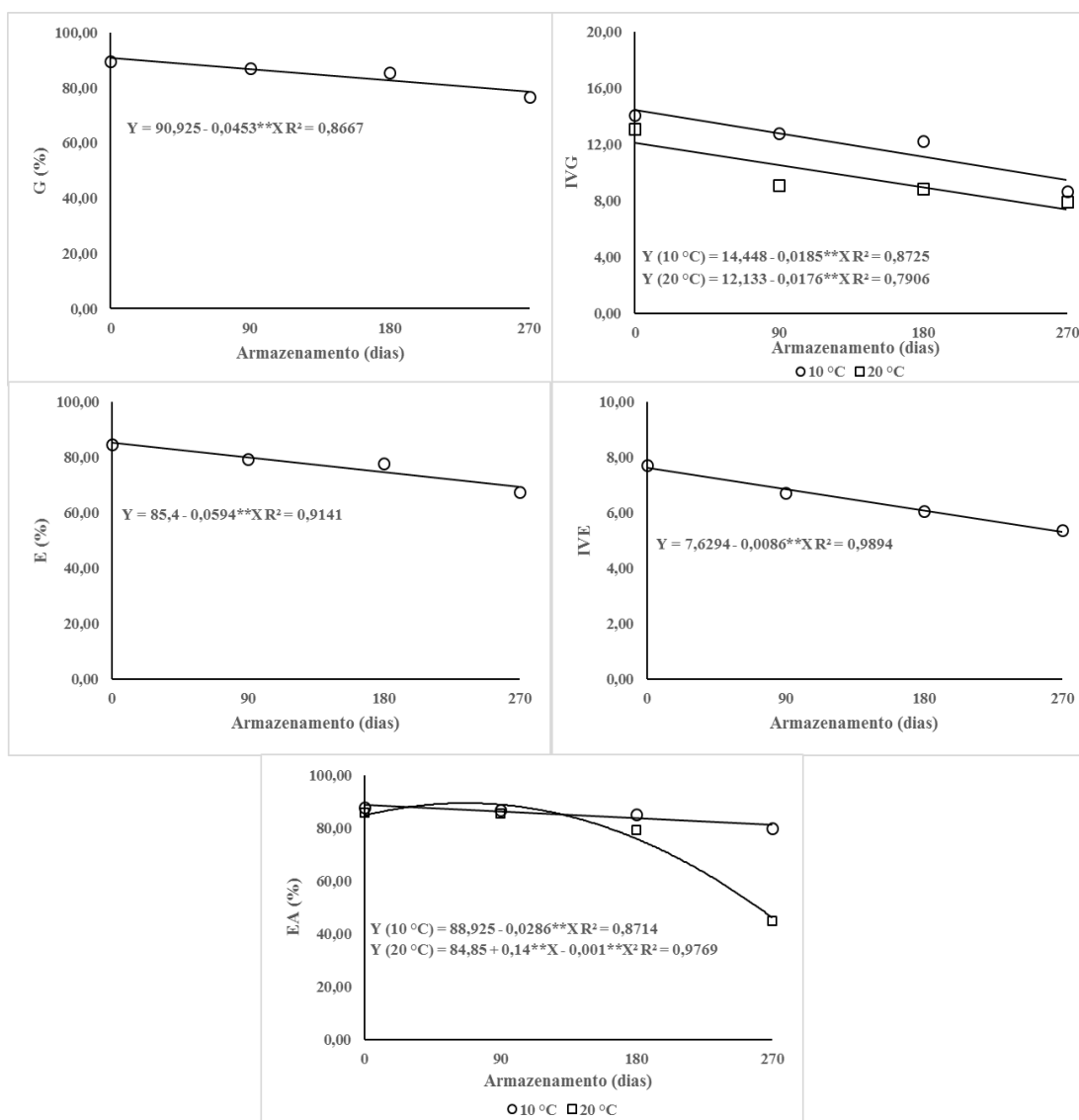


Figura 6 – Gráficos para germinação (G), índice de velocidade de germinação (IVG), emergência (E), índice de velocidade de emergência (IVE) e envelhecimento acelerado (EA) de sementes de algodão da cultivar FiberMax 951 LL.

No teste de envelhecimento acelerado, a germinação foi semelhante para ambas as temperaturas, porém no período de 270 dias a germinação foi menor na temperatura de 20 °C (-45,61%). Tal queda brusca no período de 270 dias, em temperatura diferente da cultivar FiberMax 913 GLT, pode ser atribuída a diferença de tamanho e peso de mil sementes entre as cultivares, o que parece afetar seu comportamento em diferentes temperaturas, quando submetidas à estresses como o teste de envelhecimento.

### 3.4 Conclusão

A qualidade fisiológica de sementes de algodão reduz durante o armazenamento e mais acentuadamente no período de 270 dias.

A temperatura de 10°C proporciona melhor conservação de sementes de

algodão.

### 3.5 Referências bibliográficas

- ANTONELLO, L. M.; MUNIZ, M. B.; BRAND, S. C.; VIDAL, M. D.; GARCIA, D.; RIBEIRO, L.; DOS SANTOS, V. Qualidade de sementes de milho armazenadas em diferentes embalagens. *Ciência Rural*, v. 39, n. 7, 2009. <http://www.scielo.br/pdf/cr/2009nahead/a292cr1123.pdf>
- BORBA FILHO, A. B.; PEREZ, S. C. J. G de A. Armazenamento de sementes de ipê-branco e ipê-roxo em diferentes embalagens e ambientes. *Revista Brasileira de sementes*, v. 31, n. 1, 2009. [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0101-31222009000100029](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-31222009000100029)
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária, Coordenação de Laboratório Vegetal. *Regras para Análise de Sementes*. Brasília, 2009. 395p.
- CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira de grãos: nono levantamento – janeiro, 2017. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1253>. Acesso em: 13 jun. 2017.
- DAN, L. G de M.; DAN, H. de A.; BARROSO, A. L. de L.; BRACCINI, A. L. Qualidade fisiológica de sementes de soja tratadas com inseticidas sob efeito do armazenamento. *Revista Brasileira de Sementes*, v. 32, n. 2, p. 131-139, 2010. <http://www.scielo.br/pdf/rbs/v32n2/v32n2a16.pdf>
- DUTRA, A. S.; MEDEIROS FILHO, S. Teste de deterioração controlada na determinação do vigor em sementes de algodão. *Revista Brasileira de Sementes*, v. 30, n. 1, p. 19-23, 2008. <http://www.scielo.br/pdf/rbs/v30n1/a03v30n1.pdf>
- SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. Comparison of means of agricultural experimentation data through different tests using the software Assistat. *African Journal of Agricultural Research*. Vol. v. 11, n. 30, p. 3527-3531, 2016. <http://www.academicjournals.org/journal/AJAR/article-full-text-pdf/091D87F60502>
- FREIRE, E. C. *Algodão no cerrado do Brasil*. Brasília: ABRAPA, 2015. 956p.
- FREITAS, R. A.; DIAS, D. C. F. S.; DIAS, L. A. S.; OLIVEIRA, M. G. DE A. Testes fisiológicos de bioquímicos na estimativa do potencial de armazenamento de sementes de algodão. *Revista Brasileira de Sementes*, v. 26, n. 1, p. 84-91, 2004. <http://www.scielo.br/pdf/%0D/rbs/v26n1/a13v26n1.pdf>



- GAI, Y. P.; LI, X. Z.; JI, X. L.; WU, C. A.; YANG, G. D.; ZHENG, C. C. Chilling stress accelerates degradation of seed storage protein and photosynthetic protein during cotton seed germination. *Journal of agronomy and crop science*, v. 194, n. 4, p. 278-288, 2008. <http://onlinelibrary.wiley.com/wo11/doi/10.1111/j.1439-037X.2008.00311.x/full>
- GUEDES, R. S.; ALVES, E. U.; BRUNO, R. L. A.; GONÇALVES, E. P.; COSTA, E. G.; MEDEIROS, M. S. Armazenamento de sementes de *Myracrodruon urundeuva* Fr. All. em diferentes embalagens e ambientes. *Revista Brasileira de Plantas Medicinais*, v. 14, n. 01, p. 68-75, 2012. [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1516-05722012000100010](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-05722012000100010)
- KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D. Deterioração controlada. In: KRZYZANOSWKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. *Vigor de sementes: conceitos e testes*. Londrina: ABRATES. 1999. 218p.
- MARCOS FILHO. Avaliação do potencial fisiológico de sementes. In: MARCOS FILHO, J. (Ed. 1). *Fisiologia de sementes de plantas cultivadas*. Lonrina: FEALQ, 2005. p. 630-636.
- MARCOS FILHO, J. *Fisiologia de sementes de plantas cultivadas*. 2ª edição. Londrina: ABRATES, 2015. 659p.
- NAGASHIMA, G. T.; MIGLIORANZA, E.; MARUR, C. J.; YAMAOKA, R. S.; BARROS, A. S. R.; MARCHIOTTO, F. Qualidade fisiológica e armazenamento de sementes de algodão embebidas em solução de cloreto de mepiquat. *Ciência Agrotécnica*, v. 34, n. 3, 2010. [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1413-70542010000300022](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-70542010000300022)
- SILVA, FS da.; PORTO, A. G.; PASCUALI, L. C.; DA SILVA, F. T. C. Viabilidade do armazenamento de sementes em diferentes embalagens para pequenas propriedades rurais. *Revista de ciências agro-ambientais*, v. 8, n. 1, p. 45-56, 2010. [http://www.unemat.br/revistas/rcaa/docs/vol8/5\\_artigo\\_v8.pdf](http://www.unemat.br/revistas/rcaa/docs/vol8/5_artigo_v8.pdf)
- ZONTA, J. B.; ARAUJO, E. F.; ARAUJO, R. F.; ZONTA, J. H.; DIAS, L. A. S.; RIBEIRO, P. H. Armazenamento de sementes de pinhão manso em diferentes embalagens e ambientes. Storage of phisic nut seeds in different environments and packagings. *Bioscience Journal*, v. 30, n. 5, 2014. [www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/download/18207/15220](http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/download/18207/15220)

## CONCLUSÃO GERAL

- O software QUANT v. 1.0. 0.22 pode ser utilizado como ferramenta auxiliar na análise de imagens do teste de raios X de sementes de algodão, com elevada correlação com o desenvolvimento de plântula.
- Sementes de cultivares de algodão com maior tamanho apresentam maior crescimento de plântula e qualidade fisiológica de sementes.
- A qualidade fisiológica de sementes de algodão reduz durante o armazenamento e mais acentuadamente no período de 270 dias.
- A temperatura de 10°C proporciona melhor conservação de sementes de algodão.