



DOUGLAS PELEGRINI VAZ-TOSTES

**DESLINTAMENTO QUÍMICO: EFEITOS SOBRE A
QUALIDADE DE SEMENTES DE ALGODÃO**

**LAVRAS-MG
2021**

DOUGLAS PELEGRINI VAZ-TOSTES

**DESLINTAMENTO QUÍMICO: EFEITOS SOBRE A QUALIDADE DE SEMENTES
DE ALGODÃO**

Tese 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 obtenção do título de Doutor.

Profa. Dra. Heloisa Oliveira dos Santos
Orientadora

Prof. Dr. Antônio Carlos Fraga
Coorientador

**LAVRAS-MG
2021**

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

Vaz-Tostes, Douglas Pelegrini.

Deslintamento químico: efeitos sobre a qualidade de sementes
de algodão / Douglas Pelegrini Vaz-Tostes. - 2021.

64 p. : il.

Orientador(a): Heloisa Oliveira dos Santos.

Coorientador(a): Antônio Carlos Fraga.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Lavras, 2021.

Bibliografia.

1. Beneficiamento de sementes. 2. Línter. 3. Ácido sulfúrico. I.
Santos, Heloisa Oliveira dos. II. Fraga, Antônio Carlos. III. Título.

DOUGLAS PELEGRINI VAZ-TOSTES

**DESLINTAMENTO QUÍMICO: EFEITOS SOBRE A QUALIDADE DE SEMENTES
DE ALGODÃO**

CHEMICAL DELITING: EFFECTS ON THE QUALITY OF COTTON SEEDS

Tese 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 obtenção do título de Doutor.

APROVADA em 11 de maio de 2021.

Dra. Edila Vilela de Resende Von Pinho

UFLA

Dra. Denise Cunha Fernandes dos Santos Dias

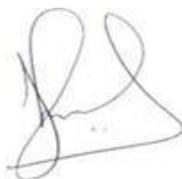
UFV

Dr. Pedro Castro Neto

UFLA

Dr. Guilherme Vieira Pimentel

UFLA



Profa. Dra. Heloisa Oliveira dos Santos
Orientadora

Prof. Dr. Antônio Carlos Fraga
Coorientador

**LAVRAS-MG
2021**

*A Deus, por ter me guiado e iluminado durante esta jornada.
Aos meus pais, Varne Vitor Vaz-Tostes e Amélia Pelegrini G. Vaz-
Tostes, por todo amor, carinho, apoio, atenção e por serem exemplos
em minha vida.*

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter me guiado durante toda essa jornada com saúde e paz, e ter me proporcionado ter conhecido pessoas que estarão marcadas em minha vida.

Aos meus pais, Varne Vitor Vaz-Tostes e Amélia Pelegrini G. Vaz-Tostes, por todo amor, carinho e auxílio.

À minha orientadora, Prof.^a Heloisa Oliveira dos Santos, por toda orientação, auxílio, paciência e comprometimento na elaboração deste trabalho. Quero agradecer também pela sua amizade e companheirismo. Pode ter certeza que lhe considero muito em minha vida.

Ao meu coorientador, Prof. Antônio Carlos Fraga, por toda orientação e por ser muito importante em minha vida, desde 2010 quando ingressei na Universidade Federal de Lavras.

Aos Profs. Pedro Castro Neto e Renato Mendes Guimarães, por toda amizade e auxílio no desenvolvimento deste trabalho.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA), ao Setor de Sementes, ao Departamento de Agricultura e ao programa de pós-graduação em Agronomia/Fitotecnia, pela oportunidade de realização do curso, por toda ajuda e aprendizado.

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

Ao CNPq e FAPEMIG, o presente trabalho foi realizado com apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e da Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG).

Aos membros da banca de defesa, Dra. Edila Vilela de Resende Von Pinho, Dra. Denise Cunha Fernandes dos Santos Dias, Dr. Pedro Castro Neto e Dr. Guilherme Vieira Pimentel, pela disponibilidade, confiança e sugestões no trabalho.

Aos pós-graduandos, Marília Mendes dos Santos Guaraldo, Lorena Caroline Dumbá Silva e Geovani Marques Laurindo; aos estudantes de iniciação científica, Paulo Rogério Ribeiro Pereira e Juliana de Xisto Silva e aos demais estudantes do setor de sementes da UFLA, pela ajuda no desenvolvimento deste trabalho.

Aos professores e funcionários do Laboratório Central de Pesquisa em Sementes (LCPS), do Departamento de Agricultura, da Universidade Federal de Lavras – MG.

A todos aqueles que contribuíram de alguma forma para a realização deste trabalho.

*O próximo grande salto evolutivo da humanidade será a descoberta
de que cooperar é melhor que competir.*

(Pietro Ubaldi)

RESUMO

A cultura do algodão possui grande importância socioeconômica no Brasil. Ela é a principal fonte natural de fibras, o que garante ao país um lugar privilegiado no cenário mundial como um dos cinco maiores produtores. O destaque da cotonicultura brasileira, dentre outros aspectos, está associado aos investimentos realizados em tecnologias de manejo da cultura, controle de pragas e doenças, uso de biotecnologias e, principalmente, a utilização de sementes de elevada qualidade. O primeiro processo pós-colheita para a obtenção de sementes de algodão é o descaroçamento; no entanto, após esta etapa, a semente conserva uma cobertura de fibras curtas aderidas ao seu tegumento, denominada línter. O deslntamento da semente de algodão consiste na retirada das fibras curtas e densas que estão dispostas ao redor da semente, e é de fundamental importância para aumentar a absorção de água, facilitar o manuseio da semente nas semeadoras, contribuir para um armazenamento eficiente, facilitar o beneficiamento e a emergência no campo. O trabalho foi dividido em três capítulos. No primeiro objetivou-se verificar a potencialidade de utilização da análise computadorizada de imagens na avaliação do deslntamento e de possíveis danos no tegumento das sementes do algodoeiro. No segundo, avaliar o processo de neutralização do ácido sulfúrico concentrado em sementes e do resíduo gerado após o deslntamento com diferentes compostos básicos. E por fim, no terceiro, avaliar a qualidade das sementes de algodão após o processo de deslntamento e neutralização, com o intuito de gerar dados concisos referentes a dosagens de ácido sulfúrico, tempos de revolvimento e neutralização, utilizados no deslntamento. A análise computadorizada de imagem é eficiente na avaliação de sementes de algodoeiro por ser capaz de distinguir diferentes níveis de deslntamento e de danos superficiais do tegumento. As soluções básicas de NaOH, Na₂CO₃ e Ca(OH)₂ são eficientes para a neutralização no processo de deslntamento químico e, não interferem negativamente na qualidade das sementes de algodão. A solução de hidróxido de cálcio [7,2% (m/V)] é a mais eficiente para a neutralização no processo de deslntamento químico, por resultar em pH mais básico do exsudato das sementes e do líquido residual, se comparado aos demais compostos básicos. A qualidade das sementes de algodão é influenciada positivamente pelo processo de deslntamento químico, na dosagem de 70 mL de ácido sulfúrico e tempo de revolvimento de 21 minutos, e neutralização após o deslntamento com solução de hidróxido de cálcio [Ca(OH)₂] a 7,2 % + lavagem com água.

Palavras-chave: Ácido sulfúrico. Inteligência artificial. Neutralização. Beneficiamento de sementes.

ABSTRACT

Cotton cultivation has great socioeconomic importance in Brazil, and is the main natural source of fibers, which guarantees the country a privileged place in the world scenario, as one of the five largest producers. The highlight of Brazilian cotton farming, among other aspects, is associated with investments made in crop management technologies, pest and disease control, use of biotechnology and, above all, the use of high quality seeds. The first post-harvest process to obtain cotton seeds is ginning, however, after this step, the seed retains a covering of short fibers adhered to its integument, called linter. Cotton seed delinting consists of removing short, dense fibers that are arranged around the seed, and is of fundamental importance to increase water absorption, facilitate seed handling in seeders, contribute to efficient storage, facilitate improvement and emergence in the field. The work was divided into three chapters. The first aimed to verify the potential use of computerized image analysis in the evaluation of delinting and possible damage to the seed coat of cotton. In the second, to evaluate the neutralization process of concentrated sulfuric acid in seeds and the residue generated after delinting with different basic compounds. And finally, in the third, to evaluate the quality of cotton seeds after the delinting and neutralization process, in order to generate concise data regarding sulfuric acid dosages, turning and neutralization times, used in delinting. Computerized image analysis is efficient in the evaluation of cotton seeds as it is able to distinguish different levels of delinting and surface damage to the integument. The basic solutions of NaOH, Na₂CO₃ and Ca(OH)₂ are efficient for the neutralization in the chemical delinting process and do not interfere negatively in the quality of cotton seeds. The calcium hydroxide solution [7.2% (m/V)] is the most efficient for neutralization in the chemical delinting process, as it results in a more basic pH of the seed exudate and residual liquid, when compared to other compounds basic. The quality of cotton seeds is positively influenced by the chemical delinting process, in the dosage of 70 mL of sulfuric acid and turning time of 21 minutes, and neutralization after delinting with a solution of calcium hydroxide [Ca(OH)₂] a 7.2% + washing with water.

Keywords: Sulfuric acid. Artificial intelligence. Neutralization. Seed processing.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	11
CAPÍTULO 1.....	13
ANÁLISE DE IMAGENS COMO FERRAMENTA PARA A AVALIAÇÃO DO DESLINTAMENTO QUÍMICO EM SEMENTES DE ALGODÃO	
1- INTRODUÇÃO	14
2- MATERIAL E MÉTODOS	16
3- RESULTADOS E DISCUSSÃO	19
4- CONCLUSÕES	29
REFERÊNCIAS	30
CAPÍTULO 2.....	33
NEUTRALIZAÇÃO DE SEMENTES DE ALGODEIRO APÓS O DESLINTAMENTO QUÍMICO	
1- INTRODUÇÃO	34
2- MATERIAL E MÉTODOS	36
3- RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
4- CONCLUSÕES	43
REFERÊNCIAS	44
CAPÍTULO 3.....	46
QUALIDADE DE SEMENTES DE ALGODÃO APÓS O DESLINTAMENTO QUÍMICO	
1- INTRODUÇÃO	48
2- MATERIAL E MÉTODOS.....	50
3- RESULTADOS E DISCUSSÃO	53
4- CONCLUSÕES	62
REFERÊNCIAS	63

INTRODUÇÃO GERAL

O algodão possui grande importância socioeconômica no Brasil. Ele é a principal fonte natural de fibras, o que garante ao país um lugar de destaque no cenário mundial como um dos cinco maiores produtores desta cultura, ao lado da China, Índia, Estados Unidos e Paquistão. Em relação à produtividade em sequeiro, o país ocupa o primeiro lugar; e em nível de exportação, o Brasil ocupa, atualmente, a segunda posição, ficando atrás somente dos Estados Unidos.

O destaque mundial da cotonicultura brasileira é reflexo dos investimentos realizados em tecnologias de manejo da cultura, controle de pragas e doenças, uso de biotecnologias e, principalmente, da utilização de sementes de alta qualidade.

A semente é o principal insumo da agricultura. Essa possui um pacote tecnológico, que é um fator determinante para o sucesso de qualquer cultura, pois nela está determinado todo o potencial genético da planta, que pode ser influenciado conforme as condições de manejo às quais a semente será submetida.

Uma lavoura de algodão bem estabelecida, com a população de plantas uniforme e bem distribuídas, é o primeiro passo para alcançar altas produtividades. A obtenção de um estande adequado de plantas na área, por sua vez, está diretamente relacionado à utilização de sementes de alta qualidade, que proporcionará a expressão do máximo potencial produtivo. Portanto, a utilização de sementes de alta qualidade irá beneficiar a emergência das plântulas, com subsequente população adequada de plantas no campo.

Após a colheita do algodão no campo, no beneficiamento para a obtenção de sementes, as mesmas passam por processos que necessitam de cuidado e atenção para garantir a qualidade final e, não causar injúrias que poderão inviabilizar o lote de sementes. O deslintamento é um processo considerado essencial e obrigatório na produção de sementes de algodão. Existem diferentes técnicas para a retirada das fibras curtas, denominada línter, que se mantêm aderidas à semente, pós processo de descaroçamento. No entanto, a técnica que se destaca, tanto em nível de grandes produtores como de pequenos, é a utilização de ácido sulfúrico. Após a ação do ácido nas sementes, é necessário paralisar a reação e efetuar a neutralização desse ácido com a utilização de uma solução básica.

As sementes de algodão, antes de chegarem ensacadas ao produtor, passam por processos de deslintamento com a utilização de soluções ácidas e básicas, que se não bem executados podem reduzir a sua qualidade. Assim, é necessário acompanhar com cuidado e atenção a qualidade das sementes durante todo o processo de beneficiamento, a fim de garantir

que não ocorra redução de qualidade, e possam realmente expressar todo o potencial produtivo da cultivar no campo.

Portanto, objetivou-se com o presente trabalho avaliar os efeitos do deslintamento químico com a utilização de ácido sulfúrico concentrado nas sementes de algodão. Os objetivos específicos foram verificar a potencialidade de utilização da análise computadorizada de imagens na avaliação do deslintamento e de possíveis danos no tegumento das sementes do algodoeiro; avaliar o processo de neutralização do ácido sulfúrico concentrado em sementes e do resíduo gerado após o deslintamento com diferentes compostos básicos; e avaliar a qualidade das sementes de algodão após o processo de deslintamento e neutralização, a fim de gerar dados concisos referentes a dosagens de ácido sulfúrico, tempos de revolvimento e neutralização, utilizados no deslintamento e que não interfiram negativamente na qualidade das sementes.

CAPÍTULO 1

ANÁLISE DE IMAGENS COMO FERRAMENTA PARA A AVALIAÇÃO DO DESLINTAMENTO QUÍMICO EM SEMENTES DE ALGODÃO

RESUMO

A análise de imagens é uma ferramenta que vem sendo amplamente utilizada para o controle de qualidade de sementes de diversas culturas. Porém, há escassez de trabalhos relacionados ao uso desta tecnologia para a avaliação do deslintamento, uma etapa importante no processo produtivo de sementes de algodão. Diante disso, objetivou-se com este trabalho verificar a potencialidade de utilização da análise computadorizada de imagens na avaliação do deslintamento e de possíveis danos no tegumento das sementes do algodoeiro. O deslintamento foi realizado em equipamento protótipo, utilizando ácido sulfúrico 98%, nas dosagens de 40, 50, 60 e 70 mL, por 500 gramas de sementes com línter, e tempos de revolvimento das sementes de 7, 14, 21 e 28 minutos. Sementes com línter foram utilizadas como tratamento controle. As sementes foram analisadas no equipamento GroundEye S800[®] para as características: cor preta, cor laranja/branca, brilho, saturação, matiz, área, diâmetro máximo e perímetro. Após os resultados obtidos pelas análises de imagens, as sementes dos tratamentos com maior percentual de deslintamento foram submetidas à análise de qualidade de sementes. Foi realizado a microscopia eletrônica de varredura no tratamento que se destacou no quesito qualidade fisiológica. Foi observado que a análise de imagem é eficiente para a avaliação do deslintamento de sementes de algodoeiro, com capacidade de distinguir diferentes níveis de deslintamento e danos no tegumento.

Palavras-chave: *Gossypium* L. Ácido sulfúrico. Inteligência artificial. Controle de qualidade.

ABSTRACT

Image analysis is a tool that has been widely used to control the quality of seeds from different cultures. However, there is a scarcity of works related to the use of this technology for the evaluation of delinting, an important step in the cotton seed production process. Therefore, the objective of this work was to verify the potential of using computerized image analysis in the evaluation of delinting and possible damage to the seed coat of cotton. Delinting was carried out in a prototype equipment, using 98% sulfuric acid, at dosages of 40, 50, 60 and 70 mL, per 500 grams of seeds with linter, and seed turning times of 7, 14, 21 and 28 minutes. Linter seeds were used as a control treatment. Seeds were analyzed in GroundEye S800[®] equipment for characteristics: black color, orange/white color, brightness, saturation, hue, area, maximum diameter and perimeter. After the results obtained by image analysis, the seeds of treatments with the highest percentage of delinting were submitted to seed quality analysis. Scanning electron microscopy was performed in the treatment, which stood out in the physiological quality item. It was observed that image analysis is efficient for the evaluation of cotton seed delinting, with the ability to distinguish different levels of delinting and seed coat damage.

Keywords: *Gossypium* L.. Sulfuric acid. Artificial intelligence. Quality control.

1 INTRODUÇÃO

Os testes de análise computadorizada de imagens em sementes e plântulas vêm sendo muito utilizados por serem capazes de disponibilizar informações objetivas, retirando a subjetividade humana em um período de tempo relativamente curto (CORRÊA; CÍCERO; ABUD, 2019). Durante as análises, o processamento de imagens digitais é separado em quatro etapas: captura da imagem, pré-processamento, segmentação e análise (COELHO et. al., 2019). A captura da imagem pode ser realizada com o auxílio de câmera fotográfica de alta resolução e/ou escâner, e é nesse momento que ocorre a digitalização da imagem. Na segunda etapa é o momento de pré-processar a imagem, ou seja, melhorar a imagem com a remoção de ruídos e realce do contraste e brilho (DELL'AQUILA, 2009).

A etapa de segmentação, que consiste no reconhecimento do objeto de interesse, é quando ocorre a separação dos pixels pertencentes ao objeto e ao fundo, com o auxílio de vários tipos de modelo de cores para facilitar essa separação, entre eles o HSV, RGB, CIELab e YCbCr (LOPES, 2003). A análise de imagem se baseia na captura da cena para a elaboração de características dimensionais, como perímetro, diâmetro, áreas de objetos, ou na mensuração de parâmetros de padrões de cores e texturas.

Todo o processamento digital das imagens é realizado por softwares. Por meio dos quais são realizados os cálculos, comparações e arquivamento de dados (VARMA; DURGA; KESHAVULU, 2013). Diante disso, a utilização dessas ferramentas, para auxiliar nos sistemas de produção de sementes, tem sido uma alternativa às análises convencionais por acelerar os processos de análises bem como reduzir custos e taxas de erros nos resultados obtidos.

Em programas de controle de qualidade de sementes, a análise de imagens é muito utilizada para culturas como soja e milho, principalmente para a avaliação de características relacionadas ao vigor de plântulas (HOFFMASTER et al. 2003; TEIXEIRA et al. 2006; MARCOS-FILHO et al. 2009; PINTO et al. 2015; MADEIROS et al. 2019), e vem sendo aplicada também para determinação do vigor de plântulas de algodão (ALVARENGA; MARCOS-FILHO, 2014; CORRÊA et al. 2019;). No entanto, não são encontrados trabalhos relacionados à análise de imagens como ferramenta para avaliação do processo de deslincamento de sementes de algodão, que se não for perfeitamente conduzido pode provocar alterações nas estruturas protetoras das sementes (CARVALHO E NAKAGAWA, 2000) ou ser via de acesso a microrganismos (MACHADO, 2000).

Após a colheita do algodão é realizado o descaroçamento, que consiste na separação das sementes da fibra do algodão. Como resultado se tem a fibra que será posteriormente

comercializada e as sementes com línter, as quais possuem uma pequena camada de fibras que restam aderidas ao seu tegumento (QUEIROGA; MATA, 2016). Assim, o deslntamento faz-se necessário para a completa remoção do línter aderido às sementes do algodoeiro.

O método mais usual para a eliminação do línter das sementes de algodão é a utilização de ácido sulfúrico, principalmente pela sua eficiência e fácil reprodução em escala comercial (FREIRE, 2015). Esse processo é de suma importância e essencial no sistema produtivo de sementes de algodão no Brasil, pois a partir do sancionamento da Lei Federal nº10.711 (BRASIL, 2003a), complementada pela Instrução Normativa (IN) nº45 de 17 de setembro de 2013 (BRASIL, 2013b), ficou determinado que as sementes de algodoeiro só podem ser comercializadas se estas estiverem deslntadas.

A avaliação do deslntamento é um dos processos do sistema de produção de sementes de algodão que pode ser auxiliado pela análise de imagens, com o intuito de otimizar e mensurar os níveis de deslntamento das sementes. O trabalho foi desenvolvido com o objetivo de verificar a potencialidade de utilização da análise computadorizada de imagens para a avaliação do deslntamento e de possíveis danos no tegumento das sementes do algodoeiro.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizadas sementes de algodão, com línter, da cultivar DP 1536 B2RF, produzidas na safra 2018/2019, fornecidas pela Cooperativa de Produtores Rurais de Catuti, localizada na cidade de Catuti, região norte do estado de Minas Gerais - Brasil. Os ensaios foram conduzidos no Laboratório Central de Pesquisa em Sementes (LCPS) do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras – MG. Para o deslincamento foi utilizado ácido sulfúrico 98% puro para análise (P.A.), nas dosagens de 40, 50, 60 e 70 mL por 500 gramas de sementes com línter, e tempos de revolvimento das sementes com ácido de 7, 14, 21 e 28 minutos. Sementes com línter foram utilizadas como tratamento controle.

Para a determinação dos tratamentos foi utilizado um protótipo deslincador mecânico de sementes de algodão. As sementes foram pesadas e colocadas dentro do equipamento, e em seguida adicionado o ácido sulfúrico. A mistura das sementes com ácido foi revolvida por diferentes tempos, em sistema rotativo automatizado. Após o revolvimento, foi adicionado 1 litro de solução de hidróxido de cálcio $[Ca(OH)_2]$ na concentração de 3% para interromper a reação ácida do deslincamento, seguido do revolvimento durante 1 minuto. Em sequência, foi adicionado 1 litro de água para efetuar a lavagem das sementes. Ao final, as sementes foram retiradas do deslincador e dispostas sobre peneira durante 20 minutos para retirada do excesso de água e, em seguida, foram colocadas em secador estacionário com temperatura controlada de 36° C, com fluxo de ar de 36 m³/min/ton, por 18 horas.

Após a secagem, foi realizada a captura das imagens das sementes de todos os tratamentos utilizando o equipamento GroundEye S800[®]. Esse equipamento é composto por um módulo de captação que possui uma bandeja de acrílico, uma câmera de alta resolução e um software integrado para avaliação. Foram utilizadas três repetições de 50 sementes por tratamento. Na configuração da análise, para a calibração da cor de fundo, foi utilizado o modelo de cor CIELab, com índice de luminosidade de 0 a 100, dimensão “a” -120,0 a 120,0 e dimensão “b” de -120,0 a -23,1.

Após a análise das imagens capturadas foram extraídos valores médios de padrões de cores das sementes, sendo eles: percentual de cor preta e laranja/branca, valores de brilho, matiz e saturação, e características dimensionais de área, diâmetro máximo e perímetro.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com três repetições de 50 sementes. Foi utilizado o esquema fatorial (4x4) +1, correspondente a quatro dosagens de ácido sulfúrico (40, 50, 60 e 70 mL/500g de semente), quatro tempos de revolvimento das semente (7, 14, 21 e 28 minutos) e um tratamento controle (sementes com

línter). Os dados foram submetidos à análise de variância e, quando significativos, aplicou-se os testes de médias. Para a comparação das médias aplicou-se o teste de Scott-knott a 5% de probabilidade (FERREIRA, 2019) e, para a comparação dos resultados do tratamento controle com os tratamentos resultantes do fatorial, foi realizado o teste de Dunnett a 5% de probabilidade (SILVA, 2014).

Após os resultados obtidos das análises de imagens, as sementes dos tratamentos com maior percentual de deslntamento foram submetidas à análise de qualidade de sementes. O teor de água das sementes foi determinado pelo método de estufa a 105°C, com duas amostras de sementes e os resultados expressos em porcentagem (BRASIL, 2009). Para o peso de mil sementes, foram utilizadas oito repetições de 100 sementes. As sementes foram contadas aleatoriamente e pesadas em balança com sensibilidade de 0,001g, segundo a RAS (BRASIL, 2009), e os resultados expressos em gramas.

Com relação ao teste de germinação, foram utilizadas 8 repetições contendo 25 sementes, de um total de 10 repetições, semeadas em rolo de papel germitest, umedecidos com 2,5 vezes o peso do papel em água destilada, e mantidas em germinador a 25°C (BRASIL, 2009). A primeira contagem de germinação foi realizada no quarto dia e a última aos sete dias após a semeadura. Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais.

Após a análise de imagens e dos resultados de qualidade, selecionou-se o tratamento que apresentou maior qualidade fisiológica, e as sementes foram submetidas à análise de microscopia eletrônica de varredura, e comparadas com sementes que não foram deslntadas. As sementes de cada tratamento foram imersas em solução fixativa (Karnovsky's modificado), pH 7,2 por 24 horas. Em seguida, foram lavadas em tampão cacodilato por três vezes. A pós-fixação foi feita em tetróxido de ósmio 1%, por uma hora. Após esse período, foram realizadas lavagens com água destilada por três vezes e desidrataação em gradiente de acetona (25, 50, 75, 90 e 100%) durante 10 minutos. As amostras foram levadas para o aparelho de ponto crítico, onde se eliminou todo o resíduo de acetona para posterior montagem em stubs para revestimento com ouro. As imagens foram obtidas em quatro partes do tegumento (superior, direita, inferior e esquerda) em microscópio eletrônico de varredura LEO Evo 40.

Para cada tratamento foram utilizadas plântulas aleatoriamente de um rolo de papel dentre as 8 repetições existentes, no sétimo dia após a semeadura. As plântulas de cada rolo foram subdivididas em cinco repetições com cinco plântulas cada uma, que foram pesadas obtendo-se, assim, o valor da massa fresca. Em seguida, essas amostras foram colocadas na estufa de circulação de ar a uma temperatura de 60°C durante 48 horas. Ao final desse período, as amostras foram novamente pesadas, obtendo-se então os valores de massa seca.

Para os dados de qualidade fisiológica de sementes, o delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado. Os dados foram submetidos à análise de variância com a utilização do software estatístico SISVAR[®] (FERREIRA, 2019) e, quando os resultados foram significativos, aplicou-se o teste de Tukey a 5% de probabilidade, para a comparação das médias.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para todas as variáveis analisadas, observou-se diferenças significativas para a interação dos fatores doses de ácido sulfúrico e tempo de revolvimento das sementes, destacando-se a importância destes durante o processo de deslintamento das sementes de algodoeiro. Com relação às características avaliadas na análise de imagens, a cor preta representou maior percentual de deslintamento e a cor laranja/branca representou um menor percentual de deslintamento (TABELA 1).

Tabela 1 – Valores médios do percentual da cor preta e laranja/branca nas sementes de algodão, obtidos pela análise de imagem após o deslintamento, em função das dosagens de ácido sulfúrico e tempos de revolvimento ácido/semente.

Parâmetro	Ácido sulfúrico	Tempo de revolvimento			
		7	14	21	28
Cor preta	40	12,98* Cb	19,62* Db	16,44* Db	37,25* Ca
	50	14,56* Cd	60,92* Bb	48,63* Cc	75,92* Ba
	60	51,69* Bc	53,23* Cc	74,61* Bb	91,87* Aa
	70	85,18* Aa	86,78* Aa	89,08* Aa	91,72* Aa
	Controle	0,00*			
	CV (%)	2,46			
Cor laranja/branca	40	70,16* Cc	63,90* Cb	59,64* Db	48,67* Ca
	50	64,72* Cc	34,37* Bb	35,88* Cb	20,15* Ba
	60	38,94* Bc	30,31* Bc	18,31* Bb	3,40* Aa
	70	9,80* Aa	7,18* Aa	5,55* Aa	1,37* Aa
	Controle	96,47*			
	CV (%)	8,92			

Médias seguidas por uma mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade de erro. * Diferem do controle pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade de erro. CV = coeficiente de variação.

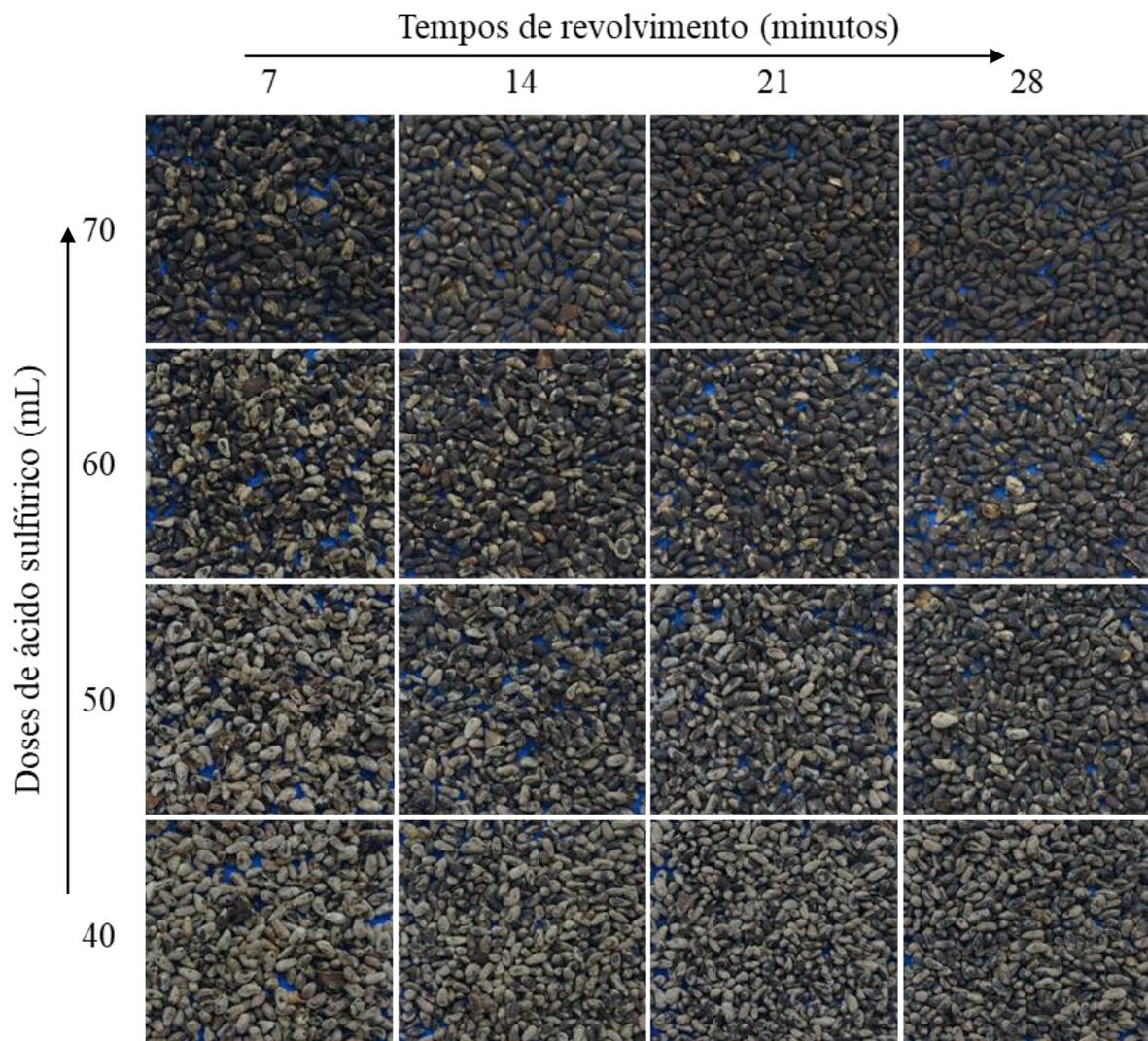
Fonte: Do autor (2021).

Com o aumento das doses de ácido sulfúrico e dos tempos de revolvimento houve maior percentual de cor preta das sementes, com destaque para a dose de 70 mL que, independentemente do tempo de revolvimento, propiciou os maiores percentuais de cor preta; e para a dose de 60 mL isso foi observado somente no tempo de 28 minutos (TABELA 1). Resultados inversamente proporcionais foram observados para o percentual de cor laranja/branca, com destaque novamente para a dose de 70 mL, em todos os tempos, e para a dose de 60 mL no tempo de 28 minutos.

Para todas as doses, o tempo de revolvimento foi um fator importante no aumento do deslintamento (TABELA 1). A partir do aumento do tempo de revolvimento observa-se

aumento do percentual de cor preta e, conseqüentemente, redução do percentual de cor laranja/branca. Nas dosagens de 40 e 50 mL/500g de semente, mesmo com o aumento do tempo de revolvimento, o percentual de cor preta foi menor e o percentual de cor laranja/branca maior, quando comparados com os demais tratamentos. Com relação ao tratamento controle houve diferença deste em relação aos demais tratamentos. Na análise de imagem foram observados resultados semelhantes em comparação com a análise visual do deslincamento (FIGURA 1), em que se pode notar a eficiência do deslincamento de acordo com o aumento da dosagem de ácido sulfúrico e tempo de revolvimento. Porém, não foi possível mensurar o quanto foi deslincado e/ou o residual de linter nas sementes, diferentemente do observado quando da utilização da análise de imagens.

Figura 1 – Sementes de algodão submetidas ao deslincamento químico com diferentes dosagens de ácido sulfúrico (40, 50, 60 e 70 mL/500g de semente) e tempos de revolvimento ácido/semente (7, 14, 21 e 28 minutos).



Fonte: Do autor (2021).

A cor é um dos aspectos físicos importantes na tecnologia de sementes de várias culturas, e pode ser avaliada automaticamente com o uso de diferentes sistemas visuais de computador (PATHARE; OPARA; AL-SAID, 2013). Segundo Kapadia, Sasidharam e Kalyanrao (2017), diversos trabalhos vêm sendo realizados no campo da análise de imagem, para diferentes áreas da agricultura. Isso possibilitou extrair e trabalhar com recursos que antes eram poucos utilizados, como cor, textura e forma. E essas características podem auxiliar na identificação e classificação de sementes de várias espécies.

Com a utilização de análise de imagens, Andrade et al. (2016) utilizaram parâmetros de cores para avaliar a proporção de sementes verdes de soja presentes em diferentes lotes; e concluíram que a análise de imagem é uma técnica confiável, rápida e objetiva na separação de sementes verdes em amostras de soja. Resultados semelhantes foram observados neste trabalho com a utilização da técnica de análise de imagens, em que os percentuais de cores preta e laranja/branca auxiliaram na distinção de diferentes níveis de deslincamento nas sementes de algodão. Observa-se que com o aumento das dosagens e dos tempos de revolvimento houve uma diminuição dos valores de brilho e de saturação (TABELA 2). Esse resultado se deve à degradação do línter pelo ácido sulfúrico no processo de deslincamento, o que contribuiu com o aumento do percentual de cor preta com consequente diminuição do brilho e saturação. Em sementes do tratamento controle, em que não houve o deslincamento e o percentual de cor laranja/branca foi de 96,47% (TABELA 1), observou-se os maiores valores de brilho e saturação, diferenciando significativamente de todos os outros tratamentos.

Por outro lado, o aumento das dosagens de ácido sulfúrico e dos tempos de revolvimento resultaram no aumento dos valores de matiz. O parâmetro de matiz é baseado em uma escala de 0 a 360, em que quanto maior esse valor, mais escura a tonalidade da semente e, quanto menor, mais clara (LIMA, et. al., 2018). Portanto, na avaliação do deslincamento, o aumento do valor de matiz é explicado devido ao aumento da cor preta e da diminuição da cor laranja/branca nas sementes do algodoeiro.

Os valores de brilho, saturação e matiz são características básicas de medida de cores. O brilho corresponde à intensidade luminosa, ou seja, as cores mais claras apresentam maior brilho. Na avaliação do deslincamento, as sementes com maior residual de línter resultaram em maiores valores para a característica brilho. A saturação refere-se à pureza da cor, cuja cores mais saturadas podem ser descritas como as mais claras. Os maiores valores de saturação também caracterizaram as sementes com maior residual de línter. O matiz é o primeiro atributo da cor. Ele é o resultado da nossa percepção da luz refletida, ou seja, cores mais escuras apresentam maiores valores para essa característica. Na avaliação do deslincamento, o aumento

dos valores de matiz indicou sementes com maiores percentuais de deslincamento. (PATHARE; OPARA; AL-SAID, 2013).

Tabela 2 – Valores médios de brilho, matiz e saturação nas sementes de algodão, obtidos pela análise de imagem após o deslincamento, em função das dosagens de ácido sulfúrico e tempos de revolvimento ácido/semente.

	Ácido sulfúrico	Tempo de revolvimento			
		7	14	21	28
Brilho	40	0,4770* Cd	0,4184* Db	0,4537* Dc	0,3309* Ca
	50	0,4758* Cd	0,2560* Bb	0,3028* Cc	0,2219* Ba
	60	0,2976* Bc	0,2809* Cc	0,2287* Bb	0,1800* Aa
	70	0,1888* Aa	0,2099* Aa	0,2032* Aa	0,1858* Aa
	Controle	0,6538*			
	CV (%)	6,53			
Saturação	40	0,3086* Cc	0,2850* Cb	0,2417* Ba	0,2485* Ba
	50	0,3098* Cd	0,2426* Ac	0,2277* Ab	0,1975* Aa
	60	0,2847* Bd	0,2656* Bc	0,2448* Bb	0,1942* Aa
	70	0,2235* Ab	0,2423* Ac	0,2272* Ab	0,2001* Aa
	Controle	0,5502*			
	CV (%)	2,93			
Matiz	40	65,62* Cb	73,32* Cb	72,60* Cb	94,47* Ca
	50	69,00* Cd	120,38* Bc	143,82* Bb	158,14* Ba
	60	135,75* Bc	110,51* Bd	153,58* Bb	253,35* Aa
	70	222,11* Ab	168,45* Ad	186,27* Ac	238,65* Aa
	Controle	50,68*			
	CV (%)	6,53			

Médias seguidas por uma mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade de erro. * Diferem do controle pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade de erro. CV = coeficiente de variação.

Fonte: Do autor (2021).

É válido ressaltar que as características de brilho, saturação e matiz não devem ser trabalhadas e interpretadas de forma individual, ou seja, é necessário analisar essas características em conjunto com os valores percentuais das cores preta e laranja/branca (TABELA 1) para determinar e distinguir os diferentes níveis de deslincamento das sementes de algodão. Vários autores relatam que a análise de imagem é considerada uma ferramenta complementar na ciência da tecnologia de sementes e com alta eficiência para a avaliação do vigor de sementes; diferenciação de espécies; e separação de lotes por diferentes características físicas, como cor, textura e forma. Os resultados da análise de imagem têm correlação direta

com outros métodos tradicionalmente utilizados com as mesmas finalidades (ABUD, CICERO, JUNIOR, 2017; CORRÊA, CICERO E ABUD, 2019; MARQUES et al., 2019; MEDEIROS et al., 2019).

Considerando as características de cores das sementes trabalhadas no processamento das imagens, ou seja, cor preta, laranja/branca, brilho, saturação e matiz, é possível verificar resultados satisfatórios na dosagem de 70 mL de ácido sulfúrico/500g de semente, independentemente do tempo do revolvimento, e da dose de 60 mL/500g de semente no tempo de 28 minutos, em relação aos resultados dos demais tratamentos e do tratamento controle.

Observa-se que os resultados para as características de brilho, saturação e matiz, disponibilizados na Tabela 2, são também semelhantes com a análise visual da Figura 1. O brilho e a saturação são fatores que, quanto menores os valores, maior é o percentual de deslintamento das sementes de algodão; e o matiz, quanto maiores os valores, maior o percentual de deslintamento.

Os percentuais para as cores preta e laranja/branca, e os valores de brilho, saturação e matiz se mostraram eficientes para avaliar o deslintamento das sementes de algodão. Em ambos, os resultados tiveram comportamentos semelhantes ao observado na análise visual.

Na Tabela 3 encontram-se os resultados da correlação linear simples para as características de cores preta e laranja/branca, brilho, saturação e matiz das sementes de algodão.

Tabela 3 – Coeficientes de correlação linear simples entre os valores de cor preta, laranja/branca, brilho, saturação e matiz das sementes de algodão submetidas ao deslintamento químico com ácido sulfúrico.

	CP	CLB	BRI	SAT	MAT
CP	1				
CLB	-0,98472	1			
BRI	-0,95564	0,97553	1		
SAT	-0,69631	0,79345	0,84195	1	
MAT	0,93467	-0,91684	-0,90519	-0,63818	1

Cor preta (CP), cor laranja/branca (CLB), brilho (BRI), saturação (SAT) e matiz (MAT). Todos os coeficientes foram significativos a 1% de probabilidade pelo teste t.

Fonte: Do autor (2021).

Considerando o valor da correlação como “r”, quando $r = 1$, pode-se dizer que há uma correlação perfeita; quando $0,9 < r < 1$, uma correlação muito forte; e $0,6 < r < 0,9$, uma

correlação forte (CALLEGARI-JACQUES, 2003). Para o percentual de cor preta, houve correlação muito forte negativa (-0,95) com o brilho e positiva com o matiz (0,93), pois o aumento do percentual da cor preta nas sementes, ou seja, as sementes mais deslindadas, apresentaram menor brilho e maior matiz, respectivamente. Já para o percentual de cor laranja/branca houve correlação muito forte negativa (-0,91) com o matiz e positiva (0,97) com o brilho, que são explicados devido a cor laranja/branca e a cor preta serem interpretações distintas quando da avaliação do deslindamento das sementes de algodão.

A correlação entre as cores preta e laranja/branca foi a que apresentou maior correlação negativa (-0,98). Esse resultado era esperado, uma vez que o aumento de cor preta nas sementes após o deslindamento evidencia menor quantidade de línter residual, portanto, menor valor do percentual de cor laranja/branca.

Para Marcos-Filho et al. (1984), a correlação significativa indica apenas tendência de variação semelhante entre duas características, de modo que os resultados dessa análise não devem ser interpretados isoladamente.

Em relação à saturação, a correlação com os demais fatores foi forte, positiva para cor laranja/branca e brilho, e negativa para cor preta e matiz; diferentemente da correlação entre os outros fatores, que foram muito fortes (TABELA 3). Essa correlação forte, quando envolve a característica saturação, se comparado com a correlação muito forte das demais características, pode ser justificada devido à menor variação entre os valores dos extremos dos tratamentos, ou seja, a dose de 40 mL de ácido sulfúrico no tempo de 7 minutos e a dose de 70 mL no tempo de 28 minutos, que para a cor preta variou 86%, cor laranja/branca em 98%, matiz em 72%, brilho em 61% e saturação em somente 35%.

Mesmo com valores inferiores de variação entre os extremos para saturação, este fator possibilitou a distinção de níveis de deslindamento nas sementes de algodão (TABELA 2). Valeriano et al. (2019), por meio da análise de imagem, obtiveram êxito na distinção de lotes de sementes de gergelim utilizando o elemento de cor saturação.

Para as características dimensionais das sementes, é possível observar que em todos os tratamentos houve diferença significativa com o controle (TABELA 4). Em relação à área das sementes, houve redução ocasionada pelo aumento da dosagem de ácido sulfúrico e do tempo de revolvimento. As dosagens de 40, 50, 60 e 70 mL se comparado aos extremos dos tempos de revolvimento, ou seja, os tempos de 7 e 28 minutos, a redução foi de 13%, 13%, 11% e 8%, respectivamente (TABELA 4). A redução da área das sementes possui uma característica decrescente de acordo com o aumento dos tempos de revolvimento dentro de cada dosagem.

Para o diâmetro máximo, observa-se uma redução de acordo com o aumento da dosagem de ácido sulfúrico e do tempo de revolvimento, nos tempos de 7, 14, 21 e 28 minutos, se comparado os extremos das dosagens de ácido sulfúrico, ou seja, as dosagens de 40 e 70 mL, a redução foi de 8%, 7%, 11% e 8%, respectivamente (TABELA 4). A redução do diâmetro máximo das sementes possui uma característica semelhante dentro de cada tempo de revolvimento.

Observou-se também redução no perímetro das sementes de algodão quando comparadas com o tratamento de maior dose e maior tempo de revolvimento (70 mL e 28 minutos) com o controle e com o tratamento de menor dose e menor tempo de revolvimento (40 mL e 7 minutos), sendo, respectivamente, a redução em torno de 32 e 16% (TABELA 4).

Tabela 4 – Valores médios de área, diâmetro máximo e perímetro das sementes de algodão, obtidos pela análise de imagem após o deslincamento, em função das dosagens de ácido sulfúrico (mL) e tempos de revolvimento ácido/semente (minutos).

Parâmetro	Ácido sulfúrico	Tempo de revolvimento			
		7	14	21	28
Área (cm ²)	40	0,31* Aa	0,28* Ab	0,30* Aa	0,27* Ac
	50	0,30* Ba	0,26* Bb	0,27* Bb	0,26* Bb
	60	0,28* Ca	0,26* Bb	0,26* Bb	0,25* Bc
	70	0,25* Da	0,25* Ca	0,23* Cb	0,23* Cb
	Controle	0,46*			
	CV (%)	2,46			
Diâmetro máximo (cm)	40	0,85* Aa	0,83* Aa	0,84* Aa	0,81* Ab
	50	0,84* Aa	0,81* Bb	0,82* Bb	0,80* Ab
	60	0,82* Ba	0,81* Ba	0,80* Cb	0,78* Bc
	70	0,78* Ca	0,77* Ca	0,75* Db	0,75* Cb
	Controle	1,06*			
	CV (%)	1,10			
Perímetro (cm)	40	2,36* Aa	2,19* Ac	2,23* Ab	2,14* Ad
	50	2,29* Ba	2,14* Bb	2,15* Bb	2,09* Bc
	60	2,17* Ca	2,12* Bb	2,10* Cb	2,04* Cc
	70	2,08* Da	2,03* Cb	1,98* Dc	1,99* Dc
	Controle	2,93*			
	CV (%)	1,11			

Médias seguidas por uma mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade de erro. * Diferem do controle pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade de erro. CV = coeficiente de variação.

Fonte: Do autor (2021).

De acordo com Vieira-Junior et al. (1999), a análise de imagem é eficiente e viável na determinação de características dimensionais, como comprimento e largura, em sementes de milho, e com alta precisão e exatidão. Noronha, Medeiros e Pereira (2018) concluíram que a análise de imagem é uma ferramenta eficiente para monitoramento do incremento de área das sementes de moringa durante a embebição. Valeriano et al. (2019) destacaram que a análise de imagem permite diferenciar lotes de sementes de gergelim, principalmente quando se avalia as características de área e perímetro.

Após o deslincamento das sementes de algodão houve diminuição dos valores de área, diâmetro máximo e perímetro das sementes de acordo com o aumento da dose de ácido sulfúrico e do tempo de revolvimento (TABELA 4). Essa diminuição dos valores das características dimensionais das sementes é explicada devido ao poder corrosivo do ácido sulfúrico, particularmente em relação à celulose e hemicelulose, componentes presentes no línfer e no tegumento das sementes de algodão (FREIRE, 2015).

Os resultados encontrados na análise de imagem demonstraram que os tratamentos que mais se destacaram foram a dosagem de 70 mL de ácido sulfúrico por 500 gramas de sementes, nos tempos de revolvimento de 7, 14, 21 e 28 minutos, e a dosagem de 60 mL de ácido sulfúrico por 500 gramas de sementes, no tempo de revolvimento de 28 minutos. Observa-se que o teor de água das sementes de todos os tratamentos foi cerca de 10%, exceto para o tratamento controle, de 9% (TABELA 5). Isso é justificável devido ao tratamento controle não ter passado pelo processo de deslincamento; portanto, não teve contato com ácido e água.

Tabela 5 – Valores médios de teor de água (TA), peso de 1000 sementes (PMS), primeira contagem de germinação (PC), germinação (GM), massa fresca de plântulas (MF) e massa seca de plântulas (MS) de sementes de algodão submetidas ao deslincamento químico com ácido sulfúrico em diferentes dosagens e tempos de revolvimento.

Tratamentos	TA (%)	PMS (g)	PC (%)	GM (%)	MF (mg)	MS (mg)
Controle	9,26	68,34 A	40 D	46 D	12,79 A	4,29 A
60mL/28 min	10,74	61,31 B	62 C	68 B	10,67 B	3,76 B
70mL/7 min	10,07	60,84 B	66 B	70 B	10,92 B	3,74 B
70mL/14 min	10,12	60,56 B	66 B	72 B	10,18 B	3,79 B
70mL/21 min	10,28	60,21 B	80 A	86 A	10,34 B	3,84 B
70mL/28 min	10,84	59,09 B	60 C	62 C	10,63 B	3,83 B
CV (%)	-	3,21	6,54	6,68	12,57	11,62

As médias seguidas pelas mesmas letras nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Fonte: Do autor (2021).

Vale ressaltar a importância de obter o teor de água entre os tratamentos com a menor variação possível, uma vez que, quando ocorrem variações maiores entre os valores, pode ocorrer de acelerar o processo de deterioração. Portanto, a variação não deve ser superior a 1,5% para espécies ortodoxas, como é o caso do algodão (MARCOS-FILHO, 2015).

Para o peso de mil sementes, não houve diferença significativa entre os tratamentos que passaram pelo processo de deslinteramento. Houve diferença somente dos tratamentos nos quais as sementes foram deslinteradas em comparação ao controle, cujas sementes não foram deslinteradas, o que resultou em um maior peso de mil sementes, devido às sementes estarem com o línter aderido ao tegumento (TABELA 5). Com isto, é evidente o poder de degradação do línter com a utilização de ácido sulfúrico durante o deslinteramento. É válido ressaltar ainda que o línter correspondeu a aproximadamente 10% do peso da semente. Tais resultados condizem com a literatura (CHERRY e LEFFLER, 1984).

Os valores observados na primeira contagem de germinação e na germinação final, em sementes submetidas ao deslinteramento com 70 mL de ácido sulfúrico e tempo de revolvimento de 21 minutos, foram superiores aos observados nos demais tratamentos, especialmente se comparado ao tratamento controle (TABELA 5). Resultados semelhantes demonstram que sementes deslinteradas são superiores em qualidade fisiológica em relação às sementes com a presença de línter; e que o teste de primeira contagem de germinação, combinado com o teste de germinação, são eficientes em demonstrar o vigor e a germinação das sementes de algodão, respectivamente (QUEIROGA, et al., 2009).

Houve diminuição da qualidade das sementes com o aumento do tempo de revolvimento para 28 minutos, tanto na dosagem de 70 quanto na de 60 mL (TABELA 5), o que demonstra que o aumento excessivo do tempo de contato das sementes com o ácido sulfúrico pode ser prejudicial à qualidade de sementes de algodão. De acordo com Lopes et al. (2006) e Jerônimo et al. (2014) a presença do línter reduz a capacidade de absorção de água pela semente, podendo retardar a germinação. Resultado esse confirmado neste trabalho.

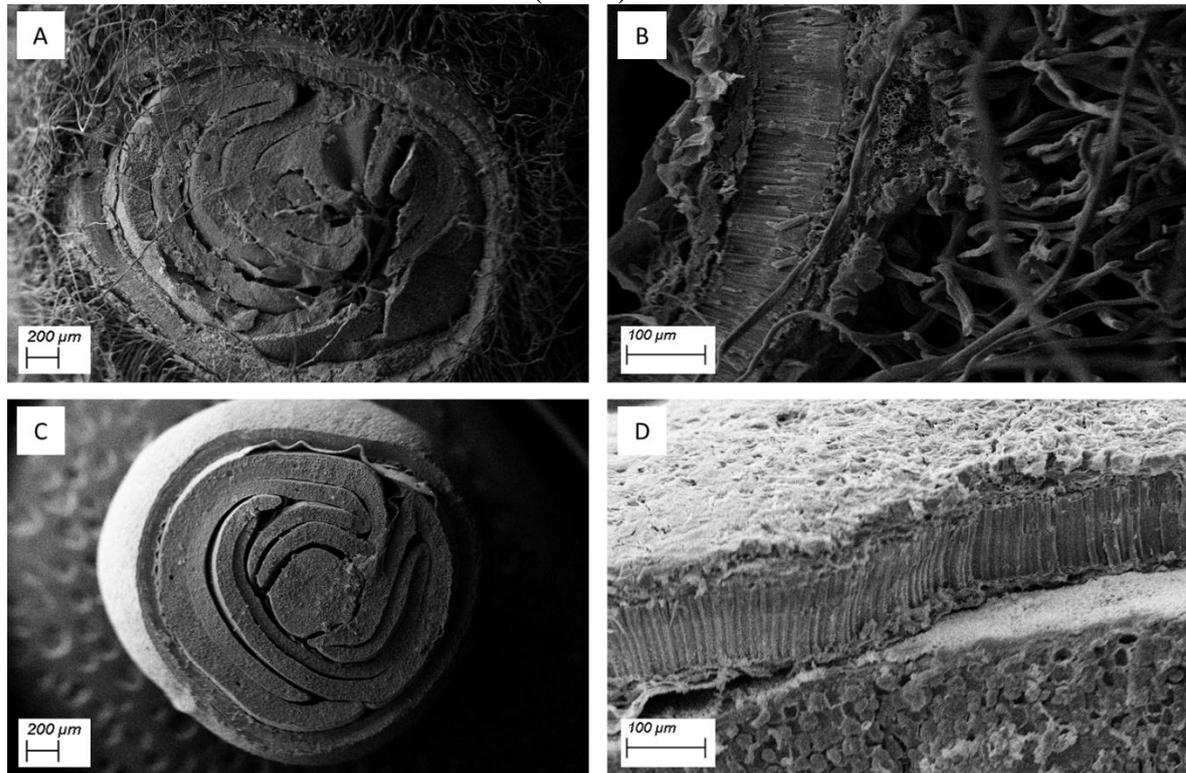
Para a massa fresca e seca de plântulas, houve diferença significativa do tratamento controle com os demais. Porém, não houve diferença significativa entre os tratamentos que passaram pelo processo de deslinteramento (TABELA 5).

Após as análises de qualidade fisiológica de sementes e análise de imagens, o tratamento com 70 mL de ácido sulfúrico e tempo de revolvimento de 21 minutos resultou em sementes com maior qualidade fisiológica, com germinação de 86%. Com isso, essas sementes foram submetidas às análises de microscopia eletrônica de varredura (FIGURA 2). O tegumento da

semente de algodão é composto pela epiderme externa e interna, onde tem origem a fibra do algodão, camada paliçádica e mesofilo (RYSER, et. al, 1988).

O desgaste causado pelo ácido sulfúrico utilizado no deslincamento foi visível somente na epiderme do tegumento; a camada paliçádica e mesofilo não foram afetados (FIGURAS 2C e 2D). Isso confirma que o tratamento com 70 mL de ácido sulfúrico e tempo de revolvimento de 21 minutos não afeta o tegumento das sementes em nível interno, causando, assim, somente um desgaste externo, o que resultou em maior qualidade das sementes.

Figura 2 – Imagens de microscopia eletrônica de varredura das sementes de algodão com línter (A e B) e após o deslincamento com a utilização de 70 mL de ácido sulfúrico e tempo de revolvimento de 21 minutos (C e D).



Fonte: Do autor (2021).

De acordo com os resultados, a análise do deslincamento com a utilização da tecnologia de imagens deve estar em consonância com as análises de qualidade de sementes. As sementes de algodão devem ser completamente deslincadas, porém sem perder a qualidade fisiológica. Há relatos de que o desempenho inicial e reprodutivo de plantas de algodão no campo é dependente do nível de qualidade das sementes, em que plantas com maior qualidade apresentam maior rendimento de fibras e caroço (MATTIONI et al., 2012).

4 CONCLUSÕES

A análise computadorizada de imagem é eficiente para a avaliação do deslincamento de sementes de algodoeiro.

Pela análise de imagens, o deslincamento com 70 mL de ácido sulfúrico nos tempos de revolvimento de 7, 14, 21 e 28 minutos, juntamente com o tratamento de 60 mL e tempo de 28 minutos, são os que resultam em maior nível de deslincamento das sementes.

O tratamento com 70 mL de ácido sulfúrico e tempo de revolvimento de 21 minutos resultou em sementes com maior qualidade fisiológica.

A análise computadorizada de imagem é eficiente para a avaliação da degradação superficial do tegumento das sementes de algodão, após deslincamento químico com ácido sulfúrico concentrado.

REFERÊNCIAS

- ABUD, H. F.; CICERO, S. M.; JUNIOR, F. G. G. Computerized image analysis of seedlings to evaluate broccoli seed vigor. **Journal of Seed Science**, v. 39, n. 3, p. 303-310, 2017.
- ALVARENGA, R. O.; MARCOS-FILHO, J. Vigor evaluation of store cotton seeds, including the Seed Vigor Imaging System (SVIS[®]). **Journal of Seed Science**, v. 36, n. 2, p. 222-230, 2014.
- ANDRADE, D. B. et al. Detection of green seeds in soybean lots by the seed analysis system (SAS). **International Journal of Current Research**, v. 8, n. 2, p. 26462-26465, 2016.
- BRASIL. Instrução Normativa nº 45, de 17 de setembro de 2013b. Estabelece os padrões de identidade e qualidade para a produção e a comercialização de sementes. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 2013. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/sementes-e-mudas/publicacoes-sementes-e-mudas/copy_of_INN45de17desetembrede2013.pdf>. Acesso em: 02 mar. 2020.
- _____. Lei Federal nº 10.711, de 5 de agosto de 2003a. Dispõe sobre o Sistema Nacional de Sementes e Mudas e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 2003. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/2003/L10.711.htm>. Acesso em: 02 mar. 2020. –
- _____. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para Análise de Sementes**. Brasília: MAPA, p. 399, 2009.
- CALLEGARI-JACQUES, S. M. **Bioestatística: princípios e aplicações**. Porto Alegre: Artemed, p. 255, 2003.
- CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4. ed. Jaboticabal. FUNEP, 2000.
- CHERRY, J. P. et al. **Cotton.: American Society of Agronomy**. Madison, 5. ed. p.511-569, 1984.
- COELHO, J. M. et al. Grains morphological characterization in slides using image processing techniques. **Revista Geociências**, v. 38, n. 3, p. 735-750, 2019.
- CORRÊA, P. D.; CICERO, S. M.; ABUD, H. F. Evaluation cottonseed vigor through computer image analysis of the seedlings. **Journal of Seed Science**, v. 41, n. 1, p. 54-59, 2019.
- DELL'AQUILA, A. Digital imaging information technology applied to seed germination testing: a review. **Sustainable Agriculture**, Dordrecht, v. 29, p. 213-221, 2009.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Revista Brasileira de Biometria**, v. 37, n. 4, p. 529-535, 2019.
- FREIRE, E. C. **Algodão no cerrado do Brasil**. 3. ed. Brasília, 2015.

HOFFMASTER, A. L. et al. An automated system for vigour testing three-day-old soybean seedlings. **Seed Science and Technology**, v. 31, p. 701-713, 2003.

JERÔNIMO, J. F. et al. 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.

KAPADIA, V. N.; SASIDHARAN, N.; KALYANRAO, P. Seed image analysis and its application in seed science research. **Advances in Biotechnology & Microbiology**, v. 7, n. 2, p. 43-45, 2017.

LIMA, J. M. E. et al. Image analysis techniques for the characterization of paricarana (*Bowdichia virgilioides* Kunth) seed quality. **Ciência Florestal**, v. 28, n. 3, p. 1202-1216, 2018.

LOPES, J. M. B. **Computação gráfica: cor e luz**. Lisboa: Universidade Técnica de Lisboa. p.45, 2003.

LOPES, K. P. et al. Efeito do beneficiamento na qualidade fisiológica e sanitária de sementes do algodoeiro herbáceo. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, n. 1, p. 426-435, 2006.

MACHADO, J. C. **Tratamento de sementes no controle de doenças**. Universidade Federal de Lavras, Editora UFLA, 2000.

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

MARCOS-FILHO, J.; KIKUTI, A.L.P.; 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. et al. Testes para avaliação do vigor de sementes de soja e suas relações com a emergência das plântulas em campo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 19, n. 5, p. 605-613, 1984.

MARQUES, E. R. et al. Distinção de espécies e estádios de maturação de sementes de *Comanthera* spp. por análise de imagem e citometria de fluxo. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 42, n. 1, p. 13-21, 2019.

MATTIONI, F. et al. Vigor de sementes e desempenho agrônômico de plantas de algodão. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 34, n. 1, p. 108-116, 2012.

MEDEIROS, A. D. et al. Vigor of maize seeds determined by a free image analysis system. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 50, n. 4, p. 616-624, 2019.

NORONHA, B. G.; MEDEIROS, A. D.; PEREIRA, M. D. Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de *Moringa oleífera* Lam. **Ciência Florestal**, v. 28, n. 1, p. 393-402, 2018.

PATHARE, P. B.; OPARA, U. L.; AL-SAID, F. A. Colour measurement and analysis in fresh and processed foods: a review. **Food Bioprocess Technol.**, v. 6, n. 1, p. 36-60, 2013.

PINTO, C. A. G. et al. Image analysis in the evaluation of the physiological potential of maize seeds. **Revista de Ciência Agronômica**, v. 46, n. 2, p. 319-328, 2015.

QUEIROGA, V. P. et al. Qualidade fisiológica de sementes de algodão armazenadas em função de diferentes tratamentos e cultivares. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 11, n. 1, p. 43-54, 2009.

QUEIROGA, V. P.; MATA, M. E. R. M. C. Sistema integrado de produção, beneficiamento, e deslintamento químico para sementes de algodão. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 18, n. 2, p. 207-225, 2016.

RYSER, U.; SCHORDERET, M.; JAUCH, U.; MEIER, H. Ultrastructure of the “fringe-layer”, the innermost epidermis of cotton seed coats. **Protoplasma**, v. 147, p. 81-90, 1988.

SILVA, F. A. S. **Assistat**. Versão 7.7 beta. Universidade Federal de Campina Grande, 2014.

TEIXEIRA, E. F.; CICERO, S. M.; DOURADO NETO, D. Análise de imagens digitais de plântulas para avaliação do vigor de sementes de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 28, n. 2, p. 159-167, 2006.

VALERIANO, F. R.; NERY, M. C.; PINTO, N. A. V. D.; CAMPOS, A. R. M.; OLIVEIRA, A. S.; FIALHO, C. M. T. Morfologia de sementes de gergelim. **Acta Iguazu**, v. 8, n. 2, p. 23-36, 2019.

VARMA, V. S.; DURGA, K. K.; KESHAVULU, K. Seed image analysis: its applications in seed science research. **International Research Journal of Agricultural Sciences**, v. 2, p. 30-36, 2013.

VIEIRA-JUNIOR, P. A. et al. Emprego da técnica de análise de imagens na determinação do comprimento e da largura de sementes de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 21, n. 2, p. 110-119, 1999.

CAPÍTULO 2

NEUTRALIZAÇÃO DE SEMENTES DE ALGODEIRO APÓS O DESLINTAMENTO QUÍMICO

RESUMO

No deslntamento químico das sementes de algodão é necessário a utilização de ácido sulfúrico para degradar as fibras curtas que permanecem aderidas ao tegumento das sementes após o descaroçamento. Após este processo, para paralisar a reação do ácido, a neutralização com uma solução básica é essencial para garantir a qualidade das sementes. Assim, objetivou-se com este trabalho avaliar a neutralização das sementes de algodoeiro e do resíduo gerado no processo de deslntamento químico com ácido sulfúrico concentrado, com a utilização de diferentes compostos básicos. Para a neutralização foram utilizadas três soluções básicas na concentração de 10% (m/V) de hidróxido de sódio (NaOH), carbonato de sódio (Na₂CO₃) e hidróxido de cálcio [Ca(OH)₂]. Foram realizadas análises de pH das soluções durante o deslntamento e do líquido residual do processo. Também foi analisado o pH do exsudato das sementes. Ao fim foi avaliada a qualidade fisiológica das sementes pelo teste de primeira contagem de germinação e germinação. Conclui-se que a utilização da solução de hidróxido de cálcio [7,2% (m/V)] é eficiente para a neutralização no processo de deslntamento químico de sementes de algodão com ácido sulfúrico concentrado. A neutralização após o deslntamento é essencial para garantir a qualidade das sementes de algodão. Para o descarte ou reuso do efluente gerado no processo de deslntamento é necessário neutralizar o pH com a utilização de hidróxido de cálcio.

Palavras-chave: *Gossypium* L.. Ácido sulfúrico. Soluções básicas. pH. Qualidade de sementes

ABSTRACT

In the chemical delinting of cotton seeds, it is necessary to use sulfuric acid to degrade the short fibers that remain attached to the seed coat after ginning. After this process, to stop the acid reaction, neutralization with a basic solution is essential to guarantee the quality of the seeds. Thus, the objective of this work was to evaluate the neutralization of cotton seeds and the residue generated in the chemical delinting process with concentrated sulfuric acid, using different basic compounds. For neutralization, three basic solutions were used at a concentration of 10% (m/V) of sodium hydroxide (NaOH), sodium carbonate (Na₂CO₃) and calcium hydroxide [Ca(OH)₂]. pH analyzes of the solutions during delinting and of the residual liquid from the process were carried out, and the pH of the seed exudate was also analyzed. At the end, the physiological quality of the seeds was evaluated by the test of first count of germination and germination. It was concluded that the use of calcium hydroxide solution [7.2% (m/V)] is efficient for the neutralization in the chemical delinting process of cotton seeds with concentrated sulfuric acid. Neutralization after delinting is essential to guarantee the quality of cotton seeds. For the disposal or reuse of the effluent generated in the delinting process, it is necessary to neutralize the pH with the use of calcium hydroxide.

Keys works: *Gossypium* L.. Sulfuric acid. Basic solutions. pH. Seed quality

1 INTRODUÇÃO

O destaque mundial da cotonicultura brasileira é reflexo de diversas tecnologias desenvolvidas e aplicadas ao longo do tempo. Dentre vários aspectos destacam-se os investimentos realizados em tecnologias de manejo e nutrição da cultura, controle de pragas e doenças, uso de biotecnologias e, principalmente, a utilização de sementes de elevada qualidade (MELO FILHO; RICHETTI, 2003; BUAINAIN; BATALHA, 2007; NEVES; PINTO, 2017; ALANE; PANDOLFI, 2019).

O primeiro processo pós-colheita para obtenção de sementes de algodão é o descaroçamento. No entanto, após essa etapa, a semente conserva uma cobertura de fibras curtas aderidas ao seu tegumento, denominadas línter (DOWD; DELHOM, 2019). O línter dificulta o manejo no plantio mecanizado; é foco para contaminação por patógenos que poderão desencadear doenças em campo e diminuir a absorção de água, dificultando o processo de germinação das sementes. Assim, o deslinteramento é de suma importância no processo produtivo de sementes de qualidade (QUEIROGA; CAVALCANTI-MATA, 2018).

O processo de deslinteramento caracteriza-se pela eliminação total ou parcial do línter presente na semente, por meio do emprego de processos mecânicos, químicos ou por flambagem (VIEIRA; BELTRÃO, 1999).

O deslinteramento químico com a utilização de ácido sulfúrico é o método mais usual, em que o ácido, em contato com a semente, degrada o línter presente no tegumento. Ele pode ser realizado com a utilização de ácido concentrado ou ácido diluído em água, e, em ambos, é necessário realizar a neutralização após esse processo com a finalidade de paralisar a reação ácido/semente, visando diminuir possíveis perdas de qualidade fisiológica das sementes, seja imediata ou pós armazenamento (BRUNETTA, E.; BRUNETTA, P.; FREIRE, 2015).

A neutralização após deslinteramento das sementes é realizada com a utilização de bases fortes, ou seja, que possuem alto grau de dissociação em água, liberando íons OH^- . Assim, quanto mais solúvel for uma base, maior será seu grau de dissociação e, conseqüente, maior poder neutralizante (SILVA et al., 2008).

Diversos compostos básicos são citados na neutralização após o processo de deslinteramento de sementes de algodão, como o carbonato de cálcio (CaCO_3), hidróxido de sódio (NaOH) ou carbonato de sódio (Na_2CO_3). Em diferentes trabalhos, de acordo com a relação ácido/sementes utilizadas no deslinteramento, diferentes concentrações e dosagens dos compostos básicos são citadas (MOTA, 2009; QUEIROGA; CAVALCANTI-MATA, 2016;). Sallum et al. (2010) avaliaram o processo de neutralização de sementes de *Brachiaria* pós

escarificação com ácido sulfúrico utilizando adição de hidróxido de cálcio $[Ca(OH)_2]$ e água. Eles observaram que esse processo gera sementes com maior nível de qualidade.

É válido ressaltar ainda, que o processo de deslntamento e neutralização geram efluentes que necessitam ser estabilizados para atender as normas estabelecidas pela Resolução de nº 357 do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA (BRASIL, 2005).

Percebe-se, no entanto, uma escassez de informações quanto ao processo de neutralização das sementes de algodão após o deslntamento, não havendo especificações quanto a outros compostos possíveis de serem utilizados para neutralização, ou mesmo em relação a uma metodologia específica para o procedimento. Por isso, são necessários estudos envolvendo o deslntamento seguido de neutralização, com o intuito de resolver questões ainda pendentes quanto à padronização dos procedimentos envolvidos no processo.

Dessa forma, objetivou-se avaliar o processo de neutralização do ácido sulfúrico concentrado em sementes de algodoeiro e do resíduo gerado após o deslntamento com diferentes compostos básicos.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Os ensaios foram conduzidos no Laboratório Central de Pesquisa em Sementes (LCPS), do Departamento de Agricultura, da Universidade Federal de Lavras – MG. Foram utilizadas sementes de algodão com línter da cultivar DP 1536 B2RF, produzidas na safra 2018/2019, fornecidas pela Cooperativa de Produtores Rurais de Catuti, localizada na cidade de Catuti, região norte do estado de Minas Gerais.

Para a obtenção do líquido residual foi realizado o deslntamento das sementes com ácido sulfúrico 98% P.A. na dose de 70 mL em 500 gramas de sementes com línter, com tempo de revolvimento ácido/sementes de 7 minutos, e, posteriormente, lavagem com água por 2 minutos. Foram realizados 4 processos de deslntamento, em bateladas, variando a quantidade de água utilizada na lavagem das sementes, sendo 250, 500, 750 e 1000 mL. No processo foi utilizado um protótipo mecânico deslntador de sementes de algodão. As sementes foram pesadas e colocadas dentro do deslntador, e logo foi adicionado o ácido sulfúrico.

A mistura das sementes com o ácido foi revolvida em sistema rotativo automatizado. Em seguida foi adicionado água, com revolvimento durante 2 minutos. Ao final, as sementes foram retiradas do deslntador e descartadas, e o líquido residual do processo foi coletado para as avaliações de neutralização.

Foram coletadas amostras de 500 mL dos líquidos residuais do deslntamento das sementes, que foram analisadas quanto ao potencial Hidrogeniônico (pH), que é determinado pela concentração de íons de hidrogênio (H^+) e estabelece o grau de acidez ou alcalinidade de uma solução, com auxílio de um pHmetro da marca Nova Instruments®, modelo NI PHM.

As análises realizadas nas amostras referentes às lavagens com 250, 500 e 700 mL de água resultaram em valores baixos de pH, excedendo o limite de leitura do equipamento. Portanto, optou-se por fazer a neutralização apenas do líquido proveniente da lavagem com 1000 mL de água.

Foi colocado 50 mL do líquido residual em béquer e a neutralização foi realizada com três soluções básicas na concentração de 10% (m/V) de hidróxido de sódio (NaOH), carbonato de sódio (Na_2CO_3) e hidróxido de cálcio [$Ca(OH)_2$]. O líquido residual foi colocado em constante agitação para monitoramento do pH e, em seguida, foram adicionados os agentes neutralizantes até se obter pH 7.

A partir dos volumes das soluções de NaOH, Na_2CO_3 e $Ca(OH)_2$, utilizadas para neutralização dos 50 mL do líquido residual, foram feitos cálculos considerando o volume total

de 1000 mL de água utilizada para a neutralização das sementes após o deslincamento, determinando-se a quantidade de cada composto básico a ser utilizado.

Foi realizado novamente o deslincamento das sementes, da mesma maneira descrita anteriormente, para obtenção do líquido residual. Porém, ao fim do processo de revolvimento das sementes com o ácido, foram adicionadas as quantidades pré-determinadas de NaOH, Na₂CO₃ e Ca(OH)₂, previamente dissolvidas em 1000 mL de água destilada, por 2 minutos, para a neutralização das sementes após o processo de deslincamento. Em seguida, as sementes foram lavadas com 1000 mL de água para retirada de possíveis residuais químicos formados. Ao final, as sementes foram retiradas do deslincador e dispostas sobre peneira durante 20 minutos para retirada do excesso de água, e, em seguida, colocadas em secador estacionário com temperatura controlada de 36° C, com fluxo de ar de 36 m³/min/ton, por 18 horas.

Após a secagem, sementes de cada tratamento foram analisadas quanto à qualidade fisiológica, pelos testes de primeira contagem de germinação e germinação. Sementes com linter foram utilizadas como tratamento controle.

Com relação ao teste de germinação, foram utilizadas 8 repetições contendo 25 sementes, de um total de 10 repetições, semeadas em rolo de papel germitest, umedecidos com 2,5 vezes o peso do papel em água destilada, e mantidas em germinador a 25°C (BRASIL, 2009). A primeira contagem de germinação foi realizada no quarto dia e a última aos sete dias após a semeadura. Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais.

As análises relativas aos valores de pH foram realizadas em triplicatas e foram obtidos os valores médios. Ao final, os líquidos residuais do deslincamento e neutralização das sementes foram novamente coletados para as análises do pH e para a determinação da quantidade de base necessária para a sua neutralização.

Foi determinado também o pH do exsudato das sementes, com a utilização de quatro repetições de 25 sementes. As sementes foram pesadas e colocadas para embeber em copos plásticos de 200 mL contendo 50 mL de água deionizada. Em seguida foram mantidas em BOD, à temperatura constante de 25°C, e permaneceram por 24 horas. Após o período de condicionamento, o pH da solução foi medido por meio de leitura em um aparelho pHmetro da marca Nova Instruments®, modelo NI PHM. Os dados foram submetidos à análise de variância com a utilização do software estatístico SISVAR® (FERREIRA, 2019) e, quando as médias foram significativas, aplicou-se o teste de Tukey a 5% de probabilidade.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 encontram-se os resultados da análise de pH do líquido residual após o processo de deslntamento, da água utilizada na lavagem das sementes e das soluções básicas utilizadas na neutralização do líquido residual.

Observa-se que para os líquidos residuais provenientes das lavagens com 250, 500 e 750 mL de água não foi possível avaliar o pH (TABELA 1), pois o equipamento não foi capaz de realizar a leitura, devido ao pH da solução estar muito baixo, ultrapassando o limite mínimo de leitura do pHmetro, que é zero. Somente foi possível realizar a avaliação do pH do líquido residual resultante da lavagem com 1000 mL de água, que apresentou valor de pH baixo (0,60). Portanto, os testes de neutralização com os diferentes compostos neutralizantes foram realizados utilizando somente o líquido residual proveniente da lavagem das sementes com 1000 mL de água destilada.

Tabela 1 – Valores médios de pH do líquido residual, água de lavagem das sementes e soluções básicas utilizadas na neutralização.

Amostra	pH
Líquido residual – 250 mL	< 0,60
Líquido residual – 500 mL	< 0,60
Líquido residual – 750 mL	< 0,60
Líquido residual – 1000 mL	0,60
Água para lavagem	6,37
Solução de NaOH – 10% (m/V)	13,35
Solução de Na ₂ CO ₃ – 10% (m/V)	11,22
Solução de Ca(OH) ₂ – 10% (m/V)	11,91

Fonte: Do autor (2021).

Segundo Sorensen (1909), o pH é um indicador químico que expressa a concentração de íons de hidrogênio com utilização de uma escala de valores. Assim, é possível observar os valores de pH por meio das concentrações dos íons hidrogênio (H⁺) e hidroxila (OH⁻). O líquido residual da lavagem de 1000 mL, com pH 0,60 (TABELA 1), é considerado muito ácido e possui alta concentração de íons H⁺ e, conseqüente, baixa de OH⁻; sendo necessário a neutralização com um composto básico com alta concentração de íons OH⁻.

Em alguns estudos foram observadas diferenças de concentrações de íons de hidrogênio, comparando substâncias ácidas com básicas. O vinagre, por exemplo, com pH próximo a 2,

apresenta uma concentração de íons de hidrogênio um bilhão de vezes superior à amônia de uso doméstico, com pH próximo a 12 (MADIGAN; MARTINKO; PARKER, 2004).

A água utilizada na lavagem, com valor de 6,37 de pH, é considerada neutra; portanto, com um balanço harmônico dos íons H^+ e OH^- . As soluções de NaOH, Na_2CO_3 e $Ca(OH)_2$ têm pH de 13,35, 11,22 e 11,91 (TABELA 1), respectivamente; por isso, são consideradas básicas, com maiores quantidades de íons hidróxido em relação aos íons de hidrogênio.

Na Tabela 2 estão apresentados os volumes de cada solução básica necessários para elevar o pH da água residuária da lavagem das sementes até 7, após o deslincamento.

Entre as soluções de NaOH e $Ca(OH)_2$ não houve diferença significativa nos volumes utilizados para neutralização do líquido residual proveniente do deslincamento das sementes de algodão.

Encontrados os volumes de cada solução neutralizante, foram calculadas as quantidades necessárias das substâncias básicas para 1000 mL de água, utilizada na neutralização das sementes de algodão após o deslincamento (TABELA 2).

Tabela 2 – Volumes médios consumidos de solução básica para neutralização de 50 mL do líquido residual. Quantidades do composto neutralizante necessário para 1000 mL de água utilizada no processo, e pH do exsudato das sementes de algodão após o processo de deslincamento e neutralização.

Solução neutralizante	Volume consumido (mL)	Massa (g)	pH
Hidróxido de Sódio - NaOH - 10% (m/V)	38 b	76 b	4,3 b
Carbonato de Sódio - Na_2CO_3 - 10% (m/V)	51 a	102 a	3,9 c
Hidróxido de Cálcio - $Ca(OH)_2$ - 10% (m/V)	36 b	72 c	5,3 a

Médias seguidas por uma mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Fonte: Do autor (2021).

Foi realizado novamente o deslincamento das sementes, e, posteriormente, a neutralização com as respectivas quantidades de hidróxido de sódio, carbonato de sódio e hidróxido de cálcio, dissolvidos em 1000 mL de água destilada.

De acordo com as massas utilizadas dos agentes neutralizantes (TABELA 2), a neutralização das sementes após o deslincamento foi realizada com as soluções de hidróxido de sódio [7,6% (m/V)], carbonato de sódio [10,2% (m/V)] e hidróxido de cálcio [7,2% (m/V)].

Na literatura, diversas soluções básicas, com diferentes concentrações, são citadas para neutralização das sementes de algodoeiro após o deslincamento químico com ácido sulfúrico,

por exemplo, hidróxido de sódio 10, 20 e 30% (PIVA, 2013; QUEIROGA, CAVALCANTI-MATA, 2018), amônia 10% (GABRIEL et al., 2015), hidróxido de cálcio 5 e 10% (MEDEIROS FILHO et al., 2006; REHMAN, KAMRAN, AFZAL, 2020). Muitos autores citam a base com a concentração utilizada; no entanto, não relatam a quantidade utilizada por volume de sementes de algodão deslintadas; diferentemente dos resultados encontrados neste trabalho, em que para neutralizar as sementes foram utilizados 1000 mL de solução básica para cada 500 gramas de sementes com línter.

Houve diferenças significativas entre os valores de pH do exsudato de acordo com os diferentes compostos utilizados na neutralização após o deslntamento, com destaque para o hidróxido de cálcio, com valor médio de 5,3 de pH (TABELA 2). Esse resultado demonstra a maior eficiência desse composto básico na neutralização das sementes de algodão, com o valor de pH aproximado do básico. O carbonato de sódio e o hidróxido de sódio não foram eficientes no processo, com valores de 3,9 e 4,3 de pH, respectivamente. O uso desses dois compostos resultou em um pH do exsudato das sementes mais ácido, se comparado com o hidróxido de cálcio.

Vale destacar que os valores inferiores de pH do carbonato de sódio e do hidróxido de sódio (TABELA 2) podem ser explicados devido ao fato de que no momento de realizar o processo de neutralização do deslntamento, ao colocar a solução desses compostos no equipamento deslntador, houve uma efervescência, produzindo um volume de espuma no decorrer da reação, que causou um transbordamento da mistura e que excedeu o volume do equipamento. Com isso, houve perda de parte do composto que foi inicialmente adicionado.

No controle de qualidade de sementes, os valores de pH do exsudato vêm sendo amplamente utilizados para culturas como a soja (THEODORO et al., 2018), citros (CARVALHO, et al., 2018), arroz (SANTOS, et al., 2019), principalmente no sentido de estimar a viabilidade e vigor de lotes de sementes. No entanto, não são encontrados trabalhos relacionados à avaliação do pH após o processo de deslntamento químico com o objetivo de verificar possíveis resíduos de ácido ou base e a qualidade das sementes de algodão.

Na Tabela 3 estão apresentados os percentuais de plântulas normais obtidas na primeira contagem de germinação e na contagem final do teste de germinação, obtidos de sementes que foram deslintadas, e, posteriormente, neutralizadas com diferentes compostos básicos. Essas análises foram realizadas com o objetivo de avaliar possíveis efeitos dos compostos básicos utilizados na neutralização na qualidade das sementes de algodão.

Tabela 3 – Valores médios da primeira contagem de germinação (PCG) e contagem final do teste de germinação (GM) de sementes de algodão, neutralizadas com diferentes compostos básicos, pós processo de deslntamento químico com ácido sulfúrico concentrado.

Tratamento	PCG (%)	GM (%)
Sementes com línter*	62 b	68 b
Hidróxido de Sódio - NaOH	80 a	84 a
Carbonato de Sódio – Na ₂ CO ₃	82 a	86 a
Hidróxido de Cálcio – Ca(OH) ₂	82 a	88 a
CV	1,62	

Médias seguidas por uma mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. *Sementes com línter foram utilizadas como tratamento controle.

Fonte: Do autor (2021).

Verifica-se que, tanto para a primeira contagem como para a contagem final do teste de germinação, não houve diferenças significativas entre os compostos básicos utilizados (TABELA 3); sendo assim, confirma-se que todos são eficientes para a manutenção da qualidade das sementes de algodão. Porém, todos os tratamentos se diferenciaram estatisticamente do tratamento de sementes com línter, evidenciando a importância do deslntamento e da neutralização na qualidade de sementes de algodão; pois o sucesso produtivo das plantas de algodão em campo depende, entre outros fatores, do nível de qualidade das sementes, que resultará em maior rendimento de fibras e de caroço (MATTIONI et al., 2012).

Mesmo não interferindo na qualidade das sementes, cada composto neutralizante gera resíduos com diferentes características. Por isso, faz-se necessário identificar qual deles é menos prejudicial ao meio ambiente, como também, é necessário identificar qual seria a forma correta de adequação deste resíduo para que possa ser reutilizado, por exemplo, para irrigação, ou até mesmo outros usos na agricultura.

Na Tabela 4 encontram-se os valores médios de pH do líquido residual após o deslntamento e a neutralização.

Tabela 4 – Valores médios de pH do líquido residual após o processo de deslntamento e neutralização.

Amostra	pH
Hidróxido de Sódio - NaOH	1,30 b
Carbonato de Sódio - Na ₂ CO ₃	1,17 c
Hidróxido de Cálcio - Ca(OH) ₂	1,70 a

Médias seguidas por uma mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Fonte: Do autor (2021).

Nota-se que houve diferença significativa do valor de pH do líquido residual de acordo com os compostos básicos utilizados na neutralização pós deslincamento, novamente com destaque para o hidróxido de cálcio, com valor médio de 1,70 de pH (TABELA 4). Porém, todos os três compostos resultaram em valores baixos de pH do líquido residual, o que inviabiliza a possibilidade de reuso e até mesmo descarte no meio ambiente devido à alta acidez.

De acordo com o parágrafo 4º do art. 34 da Resolução de nº 357 do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA (BRASIL, 2005), os efluentes, para serem lançados direta ou indiretamente em corpos de água, devem possuir valor de pH na faixa entre 5 e 9. Portanto, fez-se necessário calcular a quantidade de composto básico necessário para neutralizar o líquido residual final a fim de atender a referida resolução.

Em função do hidróxido de cálcio ter se destacado tanto na questão de neutralização, como no manejo, em que não houve efervescência e perda de material durante o processo, optou-se por calcular somente a quantidade deste para a neutralização do líquido residual final. Portanto, foi avaliada a quantidade necessária de hidróxido de cálcio para neutralizar 50 mL do líquido residual. Foi necessária a utilização de 2,2 g de hidróxido de cálcio para elevar o pH de 50 mL do líquido residual final até 7, e, assim, atender a Resolução nº 357 do CONAMA (BRASIL, 2005) para descarte de efluentes. Portanto, para cada litro de efluente gerado no processo de deslincamento são necessários 44 g de hidróxido de cálcio para que possa ser descartado com segurança no ambiente.

O efluente proveniente do deslincamento de sementes de algodão é fonte de Ca, Mg, K e Na, e, após neutralizado, possui potencial para ser empregado na agricultura, por exemplo, em compostagens e irrigação de culturas com tolerância à salinidade (SILVA, 2008); por isso, a importância de realizar a neutralização desse resíduo, mesmo para descarte e/ou reuso.

4 CONCLUSÕES

As soluções básicas de NaOH, Na₂CO₃ e Ca(OH)₂ são eficientes para a neutralização no processo de deslincamento com ácido sulfúrico e não interferem negativamente na qualidade das sementes de algodão.

A solução de hidróxido de cálcio [7,2% (m/V)] é a mais eficiente para a neutralização no processo de deslincamento de sementes de algodão, por resultar em pH mais básico do exsudato das sementes e do líquido residual, se comparado ao carbonato de sódio e hidróxido de sódio.

A neutralização após o deslincamento é essencial para garantir a qualidade das sementes de algodão.

Para descarte ou reuso do efluente gerado no processo de deslincamento é necessário neutralizar o pH com a utilização de hidróxido de cálcio.

REFERÊNCIAS

- ALANE, G. H. F.; PANDOLFI, M. A. C. Cadeia produtiva do algodão e sua importância para o agronegócio brasileiro. **SIMTEC - Simpósio de Tecnologia da Fatec Taquaritinga**, v. 5, n. 1, p. 280-291, 2019.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para Análise de Sementes**. Brasília: MAPA, p.399, 2009.
- BRASIL. Resolução CONAMA 357 de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 2005. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em 18 mar 2020.
- BRUNETTA, E.; BRUNETTA, P. S. F.; FREIRE, E.C. Produção de sementes de algodão. In: FREIRE, E.C. **Algodão no Cerrado do Brasil**. Brasília: Abrapa, 2015.
- BUAINAIN, A. M.; BATALHA, M. O. **Cadeia produtiva do algodão**. v. 4. Brasília: IICA: MAPA/SPA, 2007.
- CARVALHO, D. U. et al. pH exudate test as a method to estimate viability and vigor of *Citrus limonia* Osbeck seeds. **Journal of Seed Science**, v. 40, n. 2, p. 156-163, 2018.
- DOWD, M. K.; DELHOM, C. D. Effect of seed orientation, acid delinting, moisture level, and sample type on cottonseed fracture resistance. **American Society of Agricultural and Biological Engineers**, v. 62, n. 4, p. 1045-1053, 2019.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Revista Brasileira de Biometria**, v. 37, n. 4, p. 529-535, 2019.
- GABRIEL, D.; TROMBETTA, G.; HENRIQUE, G.; JÚNIOR, H. P.; MUNIZ, R.; SOUZA, L. C. D. Deslintamento de sementes de algodão. **Revista Conexão Eletrônica**, v. 12, n. 1, p. 105-113, 2015.
- MADIGAN, M.T.; MARTINKO, J. M.; PARKER, J. **Microbiologia de Brock**. 10. ed. São Paulo: Prentice Hall, 2004.
- MATTIONI, F. et al. Vigor de sementes e desempenho agrônômico de plantas de algodão. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 34, n. 1, p. 108-116, 2012.
- MEDEIROS FILHO, S. et al. Metodologia do teste de germinação em sementes de algodão, com línter e deslintada. **Revista Caatinga**, v. 19, n. 1, p. 56-60, 2006.
- MELO FILHO, G.A; RICHETTI, A. **Cadeia produtiva do algodão de Mato Grosso do Sul: Eficiência e competitividade**. Dourados: Embrapa, 2003.

MOTA, E. G. **Utilização de linter hidrolisado como fonte de energia**. 2009. 64f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal de Uberlândia, MG, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química.

NEVES, M. F; PINTO, M. J. A. **A cadeia do algodão brasileiro**. Brasília: Abrapa, 2017.

PIVA, D. L. P. D. **Hidróxido de sódio na neutralização do ácido sulfúrico no deslintamento de sementes de algodão**. 2013. 25f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade Federal de Pelotas, RS, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes.

QUEIROGA, V. P.; CAVALCANTI-MATA, M. E. R. M. Métodos de deslintamento apropriados para sementes de algodão orgânicas e convencionais. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 20, n. 12, p. 83-101, 2018.

QUEIROGA, V. P.; CAVALCANTI-MATA, M. E. R. M. Sistema integrado de produção, beneficiamento, e deslintamento químico para sementes de algodão. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 18, n. 2, p. 207-225, 2016.

REHMAN, A.; KAMRAN, M.; AFZAL, I. Production and processing of quality cotton seed. In: AHMAD, S; HASANUZZAMAN, M. **Cotton production and uses**. Singapore: Springer, 2020.

SALLUM, M. S. S. et al. Neutralização da escarificação química sobre a germinação de sementes de *Brachiaria brizantha* cv. “Marandu”. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 5, n. 3, p. 315-321, 2010.

SANTOS, M. A. et al. Test of exudate pH in rice seeds. **Revista Caatinga**, v. 32, n. 4, p. 960-965, 2019.

SILVA, L. V. B. D. et al. Adequação ao reuso e ao descarte do resíduo proveniente do deslintamento químico das sementes de algodoeiro. **Engenharia Ambiental**, v. 5, n. 2, p. 53-62, 2008.

SORENSEN, S. P. L. Enzyme studies. II. The measurement and importance of the hydrogen ion concentration in enzyme reactions. **Biochemische Zeitschrift**, v. 21, n. 1, p. 131–304, 1909.

THEODORO, J. V. C. et al. Exudate pH and flooding tests to evaluate the physiological quality of soybean seeds. **Revista Caatinga**, v. 31, n. 3, p. 667-673, 2018.

VARMA, V. S.; DURGA, K. K.; KESHAVULU, K. Seed image analysis: its applications in seed science research. **International Research Journal of Agricultural Sciences**, v. 2, p. 30-36, 2013.

VIEIRA, R. M.; BELTRÃO, N. E. M. Produção de sementes do algodão. In: BELTRÃO, N.E. de M. **O agronegócio do algodão no Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, p. 430-453, 1999.

CAPÍTULO 3

QUALIDADE DE SEMENTES DE ALGODÃO APÓS O DESLINTAMENTO QUÍMICO

RESUMO

O processo de deslntamento das sementes de algodão é de suma importância para obtenção de sementes de alta qualidade. Para garantir a qualidade final ao produtor é necessário acompanhar a germinação e vigor das sementes durante o processo produtivo. Portanto, objetivou-se neste trabalho avaliar a qualidade das sementes de algodão após o processo de deslntamento e neutralização, com o intuito de gerar dados concisos referentes a dosagens de ácido sulfúrico, tempos de revolvimento e compostos para neutralização. Foi utilizado ácido sulfúrico 98% P.A. em 500 gramas de sementes com línter nos tratamentos (ácido/tempo de revolvimento): 60 mL/28 minutos, 70 mL/7 minutos, 70 mL/14 minutos, 70 mL/21 minutos e 70 mL/28 minutos. Para paralisar a reação ácida do processo foram utilizados 3 tratamentos: lavagem com 1 litro de água (A), neutralização com 1 litro de solução de hidróxido de cálcio $[Ca(OH)_2]$ a 7,2 % (B) e neutralização com 1 litro de solução de hidróxido de cálcio $[Ca(OH)_2]$ a 7,2 % + lavagem com 1 litro de água (B+A). Sementes com línter foram utilizadas como tratamento controle. Foram analisados os valores de umidade, peso de mil sementes, massa seca de plântulas, condutividade elétrica e pH do exsudato das sementes, primeira contagem de germinação e germinação, emergência inicial e final de plântulas, índice de velocidade de emergência, envelhecimento acelerado e tamanho do hipocótilo e raiz. A qualidade das sementes de algodão é influenciada positivamente pelo processo de deslntamento químico com ácido sulfúrico concentrado, associado à neutralização. A dosagem de 70 mL de ácido sulfúrico e tempo de revolvimento de 21 minutos, e neutralização após o deslntamento com solução de hidróxido de cálcio $[Ca(OH)_2]$ a 7,2 % + lavagem com água resulta em sementes com maior qualidade fisiológica.

Palavras-chave: *Gossypium* L.. Ácido sulfúrico. Neutralização. Vigor. Línter.

ABSTRACT

The cotton seed delinting process is of paramount importance for obtaining high quality seeds. To guarantee the final quality to the producer, it is necessary to monitor the germination and vigor of the seeds during the production process. Therefore, the objective of this work was to evaluate the quality of cotton seeds after the process of delinting and neutralization, in order to generate concise data regarding dosages of sulfuric acid, turning times and compounds for neutralization. Sulfuric acid 98% PA was used in 500 grams of seeds with linter in the treatments (acid/turnover time) of 60 mL/28 minutes, 70 mL/7 minutes, 70 mL/14 minutes, 70 mL/21 minutes and 70 ml/28 minutes. To stop the acid reaction of the process, 3 treatments were used, washing with 1 liter of water (A), neutralization with 1 liter of calcium hydroxide solution $[Ca(OH)_2]$ at 7.2% (B) and neutralization with 1 liter of 7.2 % calcium hydroxide solution $[Ca(OH)_2]$ + washing with 1 liter of water (B+A). Linter seeds were used as a control treatment. Moisture values, weight of a thousand seeds, seedling dry mass, electrical conductivity and pH of seed exudate, first germination and germination count, initial and final seedling emergence, emergence speed index, accelerated aging and size were analyzed. of the hypocotyl and root. The quality of cotton seeds is positively influenced by the chemical delinting process, with the use of concentrated sulfuric acid, associated with neutralization. The

dosage of 70 mL of sulfuric acid and turning time of 21 minutes, and neutralization after delinting with a 7.2 % calcium hydroxide solution $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$ + washing with water, results in higher quality seeds physiological.

Keys works: *Gossypium* L. Sulfuric acid. Neutralization. Force. Línter.

1 INTRODUÇÃO

Para garantir a qualidade final ao produtor é necessário acompanhar a germinação e vigor das sementes durante o processo produtivo, pois especificamente na cultura do algodão, as sementes passam por processos como o descaroçamento, em equipamento dotado de serras e rolos; deslincamento, com a utilização de ácido sulfúrico; e neutralização, com a utilização de uma solução básica. Nota-se que durante este processo as sementes passam por situações estressantes e que necessitam de cuidado especial no quesito qualidade (FREIRE, 2015).

Para a obtenção de sementes com alto padrão de qualidade, o processo de deslincamento é de fundamental importância para aumentar a absorção de água, facilitar o manuseio da semente nas semeadoras, contribuir para um armazenamento eficiente, facilitar o beneficiamento e, conseqüentemente, a emergência de plântulas no campo (MEDEIROS FILHO et. al., 2006).

Dentro da indústria há a necessidade da separação da fibra, processo conhecido como descaroçamento, que é realizado por máquinas dotadas de serras e rolos. As sementes resultantes desse processo de separação ainda contêm certa quantidade de fibras curtas, com aproximadamente 3 a 12 mm de comprimento, que são denominadas línter (BRUNETTA, E.; BRUNETTA, P.; FREIRE, 2015).

O deslincamento da semente de algodão consiste na retirada das fibras curtas e densas que estão presas ao tegumento das sementes. O deslincamento pode ser realizado por diferentes processos: mecânico, por meio de flambagem ou químico. Essas fibras são responsáveis pela diminuição de absorção de água prejudicando assim a germinação das sementes de algodão (QUEIROGA; CAVALCANTI-MATA, 2016).

O método mais utilizado pelas empresas produtoras de sementes é o químico, que consiste na utilização de ácido sulfúrico, concentrado ou diluído, para a retirada do línter das sementes. Esse método é o mais usual por ser capaz de ser reproduzido com mais facilidade em escala industrial, o que permite à indústria sementeira atender com maior facilidade a demanda dos produtores de algodão (GABRIEL et. al., 2015).

Dentre vários fatores responsáveis pelo sucesso da cotonicultura brasileira, destaca-se a utilização de sementes de alta qualidade. Na cotonicultura a semente possui um papel de destaque no processo produtivo, pois detém toda a informação genética que será expressa pela planta durante todo o seu ciclo (ABRAPA, 2016).

Portanto, o trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar a qualidade das sementes de algodão após o processo de deslincamento e neutralização, com o intuito de gerar dados

concisos referentes a dosagens de ácido sulfúrico e tempos de revolvimento e neutralização utilizados no deslincamento que não interfiram negativamente na qualidade das sementes.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Os ensaios foram conduzidos no laboratório Central de Pesquisa em Sementes (LCPS), do Departamento de Agricultura, da Universidade Federal de Lavras (UFLA) – MG. Foram utilizadas sementes de algodão com línter da cultivar DP 1536 B2RF, produzidas na safra 2018/2019, fornecidas pela Cooperativa de Produtores Rurais de Catuti, localizada na cidade de Catuti, região norte do estado de Minas Gerais.

Para o deslntamento foi utilizado ácido sulfúrico 98% P.A. em 500 gramas de sementes com línter. Os tratamentos foram: (doses de ácido sulfúrico e tempo de revolvimento): 60 mL/28 minutos, 70 mL/7 minutos, 70 mL/14 minutos, 70 mL/21 minutos e 70 mL/28 minutos. Para paralisar a reação ácida do processo foram utilizados 3 tratamentos: lavagem com 1 litro de água (A), neutralização com 1 litro de solução de hidróxido de cálcio $[Ca(OH)_2]$ a 7,2 % (B) e neutralização com 1 litro de solução de hidróxido de cálcio $[Ca(OH)_2]$ a 7,2 % + lavagem com 1 litro de água (B+A). Sementes sem a retirada do línter foram utilizadas como tratamento controle.

Para o processo de deslntamento foi utilizado um protótipo mecânico deslntador de sementes de algodão. As sementes foram pesadas e colocadas dentro do deslntador e, em seguida, foi adicionado o ácido sulfúrico. A mistura do ácido com as sementes foi revolvida por diferentes tempos, em sistema rotativo automatizado. Após o revolvimento, foram adicionados os diferentes tratamentos (A, B e B+A), para interromper a reação ácida no deslntamento, com revolvimento durante 2 minutos. Ao final, as sementes foram retiradas do deslntador e dispostas sobre peneira durante 20 minutos para retirada do excesso de água, e, em seguida, foram colocadas em secador estacionário com temperatura controlada de 36° C, com fluxo de ar de 36 m³/min/ton, por 18 horas.

O teor de água das sementes foi determinado conforme metodologia descrita pela RAS - Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009), pelo método de estufa a 105°C. Para o peso de mil sementes, foram utilizadas oito repetições de 100 sementes. As sementes foram contadas aleatoriamente e pesadas em balança com sensibilidade de 0,001g, segundo a RAS (BRASIL, 2009). Os resultados expressos em gramas.

Para o teste de germinação, foram utilizadas 8 repetições contendo 25 sementes, de um total de 10 repetições, semeadas em rolo de papel germitest, umedecidos com 2,5 vezes o peso do papel com água destilada, e mantidas em germinador a 25°C (BRASIL, 2009). A primeira contagem de germinação foi realizada no quarto dia e a última aos sete dias após a semeadura. Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais.

Ressalta-se ainda que foram confeccionados dois rolos a mais, um para a determinação de massa seca de plântulas e um para a análise de imagens; cada rolo com 25 sementes.

A massa seca foi determinada para cada um dos tratamentos. Para isso, plântulas foram retiradas aleatoriamente de um rolo de papel, no quarto dia após a semeadura do teste de germinação. As plântulas de cada rolo foram subdivididas em quatro repetições com cinco plântulas cada uma. Essas foram pesadas, obtendo-se assim, o valor da massa fresca. Em seguida, essas amostras foram colocadas na estufa de circulação de ar a uma temperatura de 60°C durante 72 horas. Ao final desse período as amostras foram novamente pesadas, obtendo-se o valor de massa seca. Os resultados foram expressos em porcentagem de massa seca.

Para o teste de envelhecimento acelerado, foi utilizada a metodologia proposta pela Association of Official Seed Analysis – AOSA (1983), na qual 200 sementes por tratamento foram dispostas sobre tela de alumínio em gerbox adaptado, contendo 40 mL de água destilada e mantidas em BOD a 42°C por 72 horas. Após esse período, foram separadas 4 repetições de 25 sementes de cada tratamento, que foram submetidas ao teste de germinação conforme a RAS (BRASIL, 2009). Os resultados foram expressos em porcentagem, referindo-se à contagem de plântulas normais após o quarto dia de semeadura.

O teste de condutividade elétrica foi conduzido com quatro repetições de 25 sementes. As sementes foram pesadas e colocadas para embeber em copos plásticos de 200 mL contendo 50 mL de água deionizada. Em seguida, foram mantidas em BOD, à temperatura constante de 25°C, onde permaneceram por 24 horas (BRANDÃO JÚNIOR et al., 1997). Após o período de condicionamento, a condutividade elétrica da solução foi medida por meio de leitura em aparelho condutivímetro da marca Gehaka[®], modelo CG 1800, com os resultados expressos em $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$. Após a leitura da condutividade elétrica, o pH da solução foi medido por meio de leitura em um aparelho pHmetro da marca Nova Instruments[®], modelo NI PHM.

Para a determinação da emergência de plântulas e do índice de velocidade de emergência, as sementes foram semeadas em substrato com areia:terra na proporção de 2:1, umedecido até 60% da capacidade de campo, em caixas plásticas dispostas em câmara de crescimento a 25°C com fotoperíodo de 12 horas. Foram utilizadas 4 repetições de 25 sementes por tratamento. Os resultados de emergência foram expressos em porcentagem de plântulas normais emergidas e computados aos 5 (emergência inicial) e 14 dias de semeadura (emergência final). O cálculo do índice de velocidade de emergência foi realizado computando-se, diariamente, no mesmo horário, o número de plântulas emergidas, utilizando a fórmula proposta por Maguire (1962).

Para cada um dos tratamentos foi retirado aleatoriamente um rolo de papel, dentre as 10 repetições existentes, no quarto dia após a semeadura do teste de germinação. A análise de imagem de plântulas de todos os tratamentos foi realizada a no equipamento GroundEye S800[®]. Foram utilizadas 10 plântulas normais de cada tratamento, que foram inseridas na bandeja de captação para obtenção de imagens de alta resolução. Na configuração da análise, para a calibração da cor de fundo, foi utilizado o modelo de cor CIELab, com índice de luminosidade de 0 a 100, dimensão “a” -120,0 a 120,0 e dimensão “b” de -120,0 a -19,2. Na análise das imagens foram extraídos valores médios das características das plântulas, como, o tamanho da raiz primária (cm) e tamanho do hipocótilo (cm).

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial $(5 \times 3) + 1$, correspondente a 5 tratamentos de ácido sulfúrico/tempo de revolvimento, 3 tratamentos para neutralização e 1 tratamento controle com sementes com línter. Os resultados foram submetidos à análise de variância e, quando significativos, aplicou-se os testes de médias. Para a comparação das médias aplicou-se o teste de Scott-knott a 5% de probabilidade (FERREIRA, 2019). Para a comparação dos resultados observados no tratamento controle e daqueles resultantes do fatorial foi realizado o teste de Dunnett a 5% de probabilidade (SILVA, 2014).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para o teor de água observa-se que não houve diferença significativa entre as dosagens/tempo de revolvimento dentro de cada tratamento de neutralização (TABELA 1). Se comparados os tratamentos de neutralização, não houve diferença do teor de água entre as sementes que foram lavadas com água (A) e as neutralizadas com Ca(OH)_2 (B). Houve diferença nas sementes que foram neutralizadas com Ca(OH)_2 + lavadas com água (B+A).

Tabela 1 – Valores médios de umidade, peso de mil sementes e massa seca de plântulas de algodão oriundos de sementes submetidas ao deslincamento químico com ácido sulfúrico em diferentes dosagens, tempos de revolvimento e neutralização.

Teor de água (%)			
Tratamentos	Neutralização		
	A	B	B + A
60mL/28 min	9,47* Aa	9,67* Aa	8,31* Ab
70mL/7 min	9,65* Aa	10,12* Aa	8,46* Ab
70mL/14 min	9,83* Aa	9,62* Aa	8,54* Ab
70mL/21 min	10,09* Aa	9,60* Aa	8,61* Ab
70mL/28 min	10,07* Aa	10,31* Aa	8,21* Ab
Controle	11,76*		
CV (%)	3,50		
Peso de mil sementes (g)			
Tratamentos	Neutralização		
	A	B	B + A
60mL/28 min	61,21* Aa	63,16* Aa	57,79* Ab
70mL/7 min	60,77* Aa	62,61* Aa	58,07* Ab
70mL/14 min	61,25* Aa	62,52* Aa	58,57* Ab
70mL/21 min	61,14* Aa	62,62* Aa	59,04* Ab
70mL/28 min	60,88* Aa	63,10* Aa	58,59* Ab
Controle	68,27*		
CV (%)	2,74		
Massa seca de plântulas (%)			
Tratamentos	Neutralização		
	A	B	B + A
60mL/28 min	14,60 Ba	14,54 Ba	15,42 Ba
70mL/7 min	17,27 Ba	15,37 Ba	16,61 Ba
70mL/14 min	15,68 Ba	16,46 Ba	16,70 Ba
70mL/21 min	20,88 Aa	21,60 Aa	20,82 Aa
70mL/28 min	16,84 Ba	15,31 Ba	15,63 Ba
Controle	18,63*		
CV (%)	11,25		

As médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas nas colunas e pelas mesmas letras minúsculas nas linhas não diferem entre si pelo teste de Scott Knott, a 5% de probabilidade. *Diferem do controle pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade de erro. CV = coeficiente de variação. Legenda: A (lavadas com água), B (neutralizadas com Ca(OH)_2) e B + A (neutralizadas com Ca(OH)_2 + lavagem com água).

Fonte: Do autor (2021).

Houve redução do teor de água nas sementes quando estas foram neutralizadas com Ca(OH)_2 + lavadas com água (B+A), com valor médio de 8,42%, se comparado com 9,82% para o tratamento (A) e 9,86% para o tratamento (B). Todos os tratamentos se diferenciaram do tratamento controle, em que as sementes não passaram pelo processo de deslincamento e neutralização.

É possível observar que as dosagens de ácido sulfúrico e os tempos de revolvimento não foram determinantes para variação no teor de água, e sim os tratamentos de neutralização após o deslincamento das sementes de algodão. Possivelmente, os tratamentos A e B não foram suficientes para a retirada do ácido sulfúrico utilizado no deslincamento, e após o processo de secagem, resultou em maiores valores de umidade se comparados ao tratamento de neutralização B+A.

Para o peso de mil sementes, não houve diferença significativa entre as dosagens de ácido sulfúrico/tempo de revolvimento (TABELA 1). A diferença foi observada somente na comparação dos tratamentos de neutralização, em que a neutralização com Ca(OH)_2 + lavagem com água (B+A) resultou em valores inferiores se comparado com os observados nos demais tratamentos.

A redução do peso de mil sementes do tratamento B+A, se comparado com os demais, pode ser explicado uma vez que esse tratamento foi o que apresentou sementes com menor teor de água (TABELA 1). Todos os tratamentos se diferenciaram do tratamento controle, cujas sementes não foram deslincadas, que como consequência obteve o maior valor de peso de mil sementes (68,27 g), provavelmente devido à presença do líter nas sementes.

Para a massa seca de plântulas, a dosagem de 70 mL de ácido sulfúrico e tempo de revolvimento de 21 minutos, independente do tratamento utilizado na neutralização, se destacou positivamente das demais. Segundo Oliveira et. al. (2009), um lote com potencial fisiológico de sementes apresenta como características: maior velocidade de emergência, maior altura e também um maior acúmulo de massa seca das plântulas.

Em relação à condutividade elétrica e pH do exsudato das sementes (TABELA 2), todos os tratamentos se diferenciaram do tratamento controle. Esse resultado era esperado, pois após o deslincamento e neutralização das sementes, podem restar resíduos das substâncias ácidas e básicas utilizadas no processo, ocasionando assim, alterações no valor de condutividade elétrica e pH do exsudato das sementes, se comparado com o tratamento controle cujas as sementes não passaram pelo processo de deslincamento.

Nas sementes que após o deslincamento foram lavadas com água (A) e neutralizadas com Ca(OH)_2 (B), observa-se o aumento da condutividade elétrica de acordo com o aumento

da dosagem de ácido sulfúrico, de 60 para 70 mL, e de acordo com o aumento do tempo de revolvimento (TABELA 2). Porém, nas sementes que foram neutralizadas com Ca(OH)_2 + lavadas com água (B+A) não houve diferença significativa entre as dosagens/tempos de revolvimento. Contudo, os valores de condutividade elétrica foram menores e diferentes estatisticamente se comparado com os tratamentos A e B.

Tabela 2 – Valores médios de condutividade elétrica e pH do exsudato das sementes de algodão submetidas ao deslincamento químico com ácido sulfúrico em diferentes doses, tempos de revolvimento e neutralização.

Condutividade elétrica ($\mu\text{S.cm}^{-1}.\text{g}^{-1}$)			
Tratamentos	Neutralização		
	A	B	B + A
60mL/28 min	452,01* Ab	554,48* Ab	280,12* Aa
70mL/7 min	678,48* Bb	842,97* Bc	353,29* Aa
70mL/14 min	608,90* Bb	838,53* Bc	377,58* Aa
70mL/21 min	687,45* Bb	543,57* Ac	333,91* Aa
70mL/28 min	913,47* Cb	1286,97* Cc	318,92* Aa
Controle	40,51*		
CV (%)	14,78		
pH do exsudato (unidade)			
Tratamentos	Neutralização		
	A	B	B + A
60mL/28 min	3,80* Ac	4,40* Ab	5,28* Aa
70mL/7 min	3,07* Cc	3,41* Db	5,30* Aa
70mL/14 min	3,35* Bc	3,89* Cb	5,07* Aa
70mL/21 min	3,45* Bc	3,99* Bb	5,35* Aa
70mL/28 min	2,66* Dc	3,00* Eb	5,26* Aa
Controle	7,38*		
CV (%)	5,56		

As médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas nas colunas e pelas mesmas letras minúsculas nas linhas não diferem entre si pelo teste de Scott Knott, a 5% de probabilidade. *Diferem do controle pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade de erro. CV = coeficiente de variação. Legenda: A (lavadas com água), B (neutralizadas com Ca(OH)_2) e B + A (neutralizadas com Ca(OH)_2 + lavagem com água).

Fonte: Do autor (2021).

Segundo Queiroga et al. (2009), sementes de algodão com menores valores no teste de condutividade elétrica apresentam maior vigor. Portanto, no tratamento de neutralização B+A, as sementes apresentaram menor valor de condutividade elétrica se comparado aos demais, caracterizando um maior vigor. Cabe ressaltar que o desempenho inicial e reprodutivo de plantas de algodão no campo é dependente do nível de vigor das sementes, em que plantas com maior vigor apresentam maior rendimento de fibras e caroço, e, conseqüente, maior produtividade (MATTIONI et. al., 2012).

Os valores do pH do exsudato das sementes que foram lavadas com água (A) e neutralizadas com Ca(OH)_2 (B) foram superiores no tratamento 60 mL e 28 minutos, se comparado com os demais, com destaque para os menores valores de pH para o tratamento 70 mL e 28 minutos (TABELA 2). Em sementes que foram neutralizadas com Ca(OH)_2 + lavadas com água (B+A) não houve diferença significativa entre as dosagens/tempos de revolvimento. Porém, o tratamento de neutralização B+A resultou em um pH do exsudato maior se comparado com os demais.

Sementes com um maior nível de deterioração apresentam maior taxa de lixiviação de íons H^+ , que contribuem para a acidificação do meio e causam diminuição do pH do exsudato da semente. (CABRERA; PESKE, 2002). Portanto, as sementes que foram neutralizadas com Ca(OH)_2 + lavadas com água (B+A) sofreram menos com uma possível deterioração causada pelo processo de deslincamento, pois apresentaram valores de pH do exsudato superiores aos demais tratamentos.

Para Ramos et. al. (2012), o teste de pH do exsudato possui as características de um teste de vigor ideal: prático e de baixo custo, pois são utilizados materiais e equipamentos comuns em laboratórios de sementes. Por meio de dados obtidos por dispositivos de medição de pH ou indicador ácido-base é possível avaliar a condição fisiológica de cada semente e, conseqüentemente, o potencial fisiológico dos lotes (ARALDI; COELHO, 2015; ALVES et. al., 2016).

Após o deslincamento, as sementes que foram neutralizadas com Ca(OH)_2 + lavadas com água (B+A), independentemente da dosagem de ácido sulfúrico e do tempo de revolvimento (TABELA 2), resultaram em sementes, possivelmente, com menos resquícios de ácido ou base utilizados no processo. Isso explica a redução dos valores de condutividade elétrica e o aumento do pH do exsudato das sementes se comparado com os demais tratamentos de neutralização.

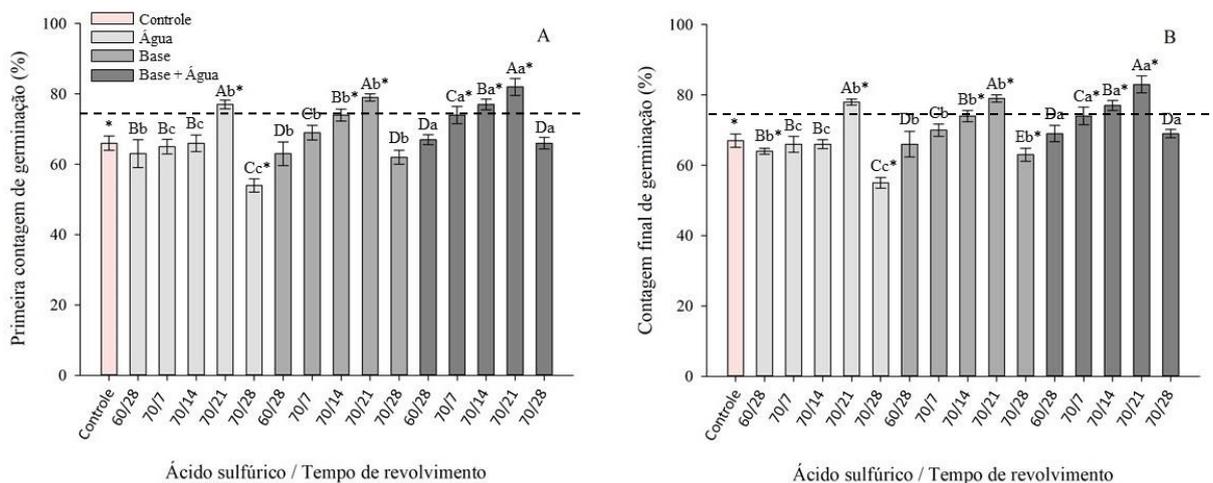
Cabe ressaltar que vários estudos comprovam a eficiência do teste de pH do exsudato para avaliar o vigor das sementes, como observado em ervilhas (MURCIA; CROVO; CROMENTE, 2018) e soja (THEODORO et. al., 2018).

Na presente pesquisa, com o intuito de verificar possíveis alterações no vigor e viabilidade das sementes de algodão após o deslincamento e neutralização, foram realizados alguns testes, por exemplo, o teste de primeira contagem de germinação e a contagem final do teste de germinação (FIGURA 1).

Na primeira contagem e contagem final do teste de germinação (FIGURA 1A e FIGURA 1B) é possível observar um aumento dos valores com o aumento da dosagem de ácido

sulfúrico e do tempo de revolvimento, independente do tratamento de neutralização utilizado. Porém, o aumento é observado até a dosagem de 70 mL e 21 minutos de revolvimento, quando se atinge os maiores valores. Na dosagem de 70 mL e 28 minutos de revolvimento há queda no percentual de ambas as variáveis em todos os tratamentos de neutralização.

Figura 1 – Primeira contagem de germinação (A) e Contagem final de germinação (B) de plântulas de algodão oriundas de sementes submetidas ao deslindamento químico com ácido sulfúrico em diferentes dosagens (60 e 70 mL), tempos de revolvimento (7, 14, 21 e 28 minutos) e neutralização (água, base e base+água). Tratamento controle não passou pelo processo de deslindamento.



As médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas entre os tempos e concentrações, e pelas mesmas letras maiúsculas dentro de cada neutralizante, não diferem entre si pelo teste de Scott Knott, a 5% de probabilidade. *Diferem do controle pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade de erro. (- - -) Padrão mínimo de germinação de 75% (MAPA, 2013).

Fonte: Do autor (2021).

Vale destacar que as sementes deslindadas, independente da dosagem e tempo de revolvimento, quando neutralizadas com base + água, se diferenciaram positivamente dos tratamentos que foram neutralizados somente com água ou base. Nos tratamentos que foram neutralizados com base + água, o destaque é a dosagem de 70 mL de ácido sulfúrico com 21 minutos de revolvimento, com maiores percentuais quando da primeira contagem e contagem final no teste de germinação (FIGURA 1A e FIGURA 1B).

É válido ressaltar ainda que, para atender a IN 45 do MAPA (BRASIL, 2013), que determina os padrões para a produção e comercialização de sementes de algodão, o valor mínimo exigido de germinação é de 75%, valor este atingido nos tratamentos com 70 mL de ácido sulfúrico com 21 minutos de revolvimento, independente da neutralização; e 70 mL de ácido sulfúrico com 14 minutos de revolvimento neutralizado e com lavagem posterior; com

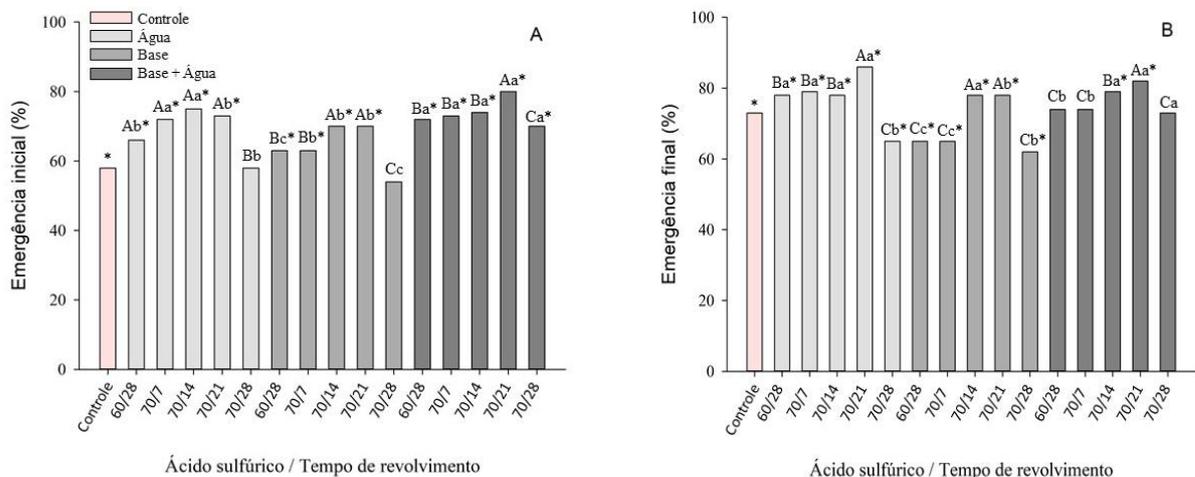
destaque para o tratamento 70 mL de ácido sulfúrico com 21 minutos de revolvimento neutralizado e com lavagem posterior, com valores de germinação superiores a 85% de germinação.

Queiroga et. al. (2009) avaliaram o vigor de sementes de algodão e concluíram que as sementes deslindadas foram superiores às não deslindadas em relação a qualidade fisiológica; e que o teste de primeira contagem de germinação representou melhor o vigor das sementes em estudo, se comparado aos testes de germinação e condutividade elétrica.

Por meio desses resultados é possível inferir que a dosagem de 70 mL de ácido sulfúrico é mais indicada do que a dosagem de 60 mL. No entanto, o tempo de revolvimento de 28 minutos, em que as sementes ficaram mais expostas ao ácido sulfúrico, resultou em diminuição da qualidade fisiológica das sementes de algodão.

Nos testes de emergência de plântulas, tanto para emergência inicial e emergência final (FIGURA 2), é possível observar que nos tratamentos de neutralização houve aumento dos valores de acordo com o aumento da dosagem de ácido sulfúrico e do tempo de revolvimento. Esse aumento é observado até a dosagem de 70 mL e 21 minutos de revolvimento, pois na dosagem de 70 mL e 28 minutos de revolvimento há redução dos valores.

Figura 2 – Valores médios de emergência inicial (A) e emergência final (B) de plântulas de algodão, obtidos de sementes submetidas ao deslindamento químico com ácido sulfúrico em diferentes dosagens, tempos de revolvimento e neutralização.



As médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas entre os tempos e concentrações, e pelas mesmas letras maiúsculas dentro de cada neutralizante, não diferem entre si pelo teste de Scott Knott, a 5% de probabilidade. *Diferem do controle pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade de erro.

Fonte: Do autor (2021).

Resultados semelhantes aos testes de emergência de plântulas (FIGURA 2) foram verificados no índice de velocidade de emergência (TABELA 3).

Entre os tratamentos de neutralização (TABELA 3), o Ca(OH)_2 + lavadas com água (B+A) se destacou. Nesse tratamento de neutralização, nas sementes deslindadas com 70 mL de ácido e tempo de 21 minutos, observou-se os melhores resultados para emergência inicial, final e para o índice de velocidade de emergência.

Tabela 3 - Valores médios do índice de velocidade de emergência de plântulas de algodão obtidos de sementes submetidas ao deslindamento químico com ácido sulfúrico em diferentes dosagens, tempos de revolvimento e neutralização.

Tratamentos	Índice de velocidade de emergência		
	Neutralização		
	A	B	B + A
60mL/28 min	26,61* Aa	21,21 Cc	24,75* Cb
70mL/7 min	26,47* Aa	22,08* Bc	25,13* Cb
70mL/14 min	25,77* Ab	25,04* Ab	26,62* Ba
70mL/21 min	27,09* Aa	26,00* Ab	27,67* Aa
70mL/28 min	21,24 Bb	20,40 Cb	24,55* Ca
Controle		20,56*	
CV (%)		2,84	

As médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas nas colunas e pelas mesmas letras minúsculas nas linhas não diferem entre si pelo teste de Scott Knott, a 5% de probabilidade. * Diferem do controle pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade de erro. CV = coeficiente de variação. Legenda: A (lavadas com água), B (neutralizadas com Ca(OH)_2) e B + A (neutralizadas com Ca(OH)_2 + lavagem com água).

Fonte: Do autor (2021).

Esses testes de vigor (FIGURA 2 e TABELA 3) são importantes para garantir a qualidade fisiológica das sementes e, conseqüentemente, do produto a ser fornecido ao agricultor. Dessa forma, os métodos de determinação da qualidade fisiológica dos lotes de sementes devem possibilitar resultados confiáveis e rápidos, diminuindo os riscos e prejuízos tanto para empresas produtoras de sementes quanto para os agricultores e consumidores finais dessas sementes (MARCOS FILHO, 2015).

Outro teste de vigor que apresentou resultados semelhantes ao de emergência de plântulas foi o teste de envelhecimento acelerado (TABELA 4).

Tabela 4 – Valores de porcentagem médios de germinação de sementes de algodão no teste de envelhecimento acelerado, submetidas ao deslincamento químico com ácido sulfúrico em diferentes doses, tempos de revolvimento e neutralização.

Tratamentos	Neutralização		
	A	B	B + A
60mL/28 min	67* Ca	53* Db	66* Ca
70mL/7 min	68* Cb	60* Cc	70* Ca
70mL/14 min	75* Ba	65* Bb	77* Ba
70mL/21 min	86* Aa	84* Ab	87* Aa
70mL/28 min	49* Db	40* Ec	51* Da
Controle		44*	
CV (%)		2,19	

As médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas nas colunas e pelas mesmas letras minúsculas nas linhas não diferem entre si pelo teste de Scott Knott, a 5% de probabilidade. * Diferem do controle pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade de erro. CV = coeficiente de variação. Legenda: A (lavadas com água), B (neutralizadas com $\text{Ca}(\text{OH})_2$) e B + A (neutralizadas com $\text{Ca}(\text{OH})_2$ + lavagem com água).

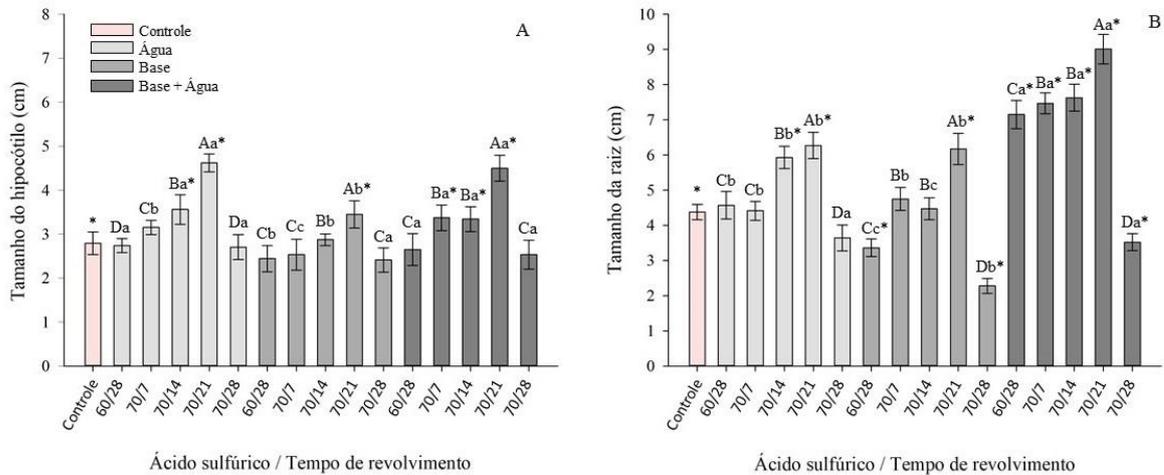
Fonte: Do autor (2021).

Nota-se que há um aumento no percentual de germinação de acordo com o aumento da dosagem de ácido sulfúrico e do tempo de revolvimento, independente do tratamento de neutralização utilizado (TABELA 4). Novamente, como observado na Figura 1A, esse aumento está condicionado ao tempo de revolvimento, em que atinge os maiores valores no tempo de 21 minutos, e após, no tempo de 28 minutos, há uma redução constante nos valores percentuais, devido ao tempo maior de exposição das sementes ao ácido sulfúrico.

Outro fator de destaque, de acordo com os resultados na Tabela 3, é a importância do deslincamento na manutenção da qualidade das sementes de algodão, em que todos os tratamentos, exceto o 70 mL/28 minutos com neutralização somente com $\text{Ca}(\text{OH})_2$, se diferenciaram positivamente do tratamento controle.

Na análise de imagem referente ao tamanho do hipocótilo das plântulas de algodão (FIGURA 3A) pode-se observar que o tratamento com 70 mL de ácido de sulfúrico e tempo de revolvimento de 21 minutos se destaca positivamente dentre os outros tratamentos, independentemente do tipo de neutralização utilizado. Entre os tratamentos de neutralização, destaca-se o que as sementes foram neutralizadas com água e com base + água, com resultados superiores quando as sementes foram neutralizadas somente com a solução básica.

Figura 3 – Tamanho do hipocótilo (A) e Tamanho da raiz (B) de plântulas de algodão oriundas de sementes submetidas ao deslincamento químico com ácido sulfúrico em diferentes dosagens (60 e 70 mL), tempos de revolvimento (7, 14, 21 e 28 minutos) e neutralização (água, base e base+água). Tratamento controle não passou pelo processo de deslincamento.



As médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas entre os tempos e concentrações, e pelas mesmas letras maiúsculas dentro de cada neutralizante, não diferem entre si pelo teste de Scott Knott, a 5% de probabilidade. *Diferem do controle pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade de erro.

Fonte: Do autor (2021).

Resultados semelhantes foram encontrados para o tamanho da raiz (FIGURA 3B), em que o tratamento com 70 mL de ácido sulfúrico e tempo de revolvimento de 21 minutos se destacou positivamente dos demais, em todos os tratamentos de neutralização. Ao comparar os tratamentos de neutralização, o melhor resultado foi verificado quando as sementes foram neutralizadas com base + água, com destaque novamente para o tratamento 70/21 que resultou em plântulas com maior tamanho de raiz.

Segundo Vanzolini e Carvalho (2002), em estudo com a cultura da soja, sementes mais vigorosas apresentam maior comprimento de raiz primária e parte aérea. Esses resultados demonstram que a dose de 70 mL de ácido sulfúrico e tempo de revolvimento de 21 minutos, e a neutralização com água e ou com base + água, após o processo de deslincamento, resultou em plântulas mais vigorosas, com maior desenvolvimento do hipocótilo e raiz. Isso propicia menor perda de população de plantas em uma área de plantio, pois plântulas mais vigorosas, com um sistema radicular mais desenvolvido, podem superar melhor as intempéries no campo.

4 CONCLUSÕES

A qualidade das sementes de algodão é influenciada positivamente pelo processo de deslintamento químico, com a utilização de ácido sulfúrico concentrado, associado à neutralização.

O deslintamento com a dosagem de 70 mL de ácido sulfúrico e tempo de revolvimento de 21 minutos, e neutralização após o deslintamento com solução de hidróxido de cálcio $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$ a 7,2 % + lavagem com água, resulta em sementes com maior qualidade fisiológica.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS PRODUTORES DE ALGODÃO - ABRAPA. **Relatório de Gestão** – Biênio 2015-2016. 1. ed. Brasília: ABRAPA, 2016. 381 p.
- ALVES, C. Z. et al. pH of exudate test in the physiological quality of crambe seeds. **Ciência Rural**, v. 46, n. 6, p. 1014-1018, 2016.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSTS – AOSA. **Seed vigour testing handbook**. East Lansing: AOSA, 1983. 93 p.
- ARALDI, C. G.; COELHO, C. O. M. pH do Exsudato na avaliação da viabilidade de sementes de *Araucaria angustifolia*. **Floresta e Ambiente**, v. 22, n. 3, p. 426-433, 2015.
- BRANDÃO JUNIOR, D. S. et al. Adequação do teste de condutividade elétrica para determinar a qualidade fisiológica de sementes. **Informativo ABRATES**, v. 7, n. 1/2, p. 184, 1997.
- BRASIL. Instrução Normativa nº 45, de 17 de setembro de 2013. Estabelece os padrões de identidade e qualidade para a produção e a comercialização de sementes. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 2013. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/sementes-e-mudas/publicacoes-sementes-e-mudas/copy_of_INN45de17desetembrede2013.pdf>. Acesso em: 02 mar. 2020.
- _____. Lei Federal nº 10.711, de 5 de agosto de 2003. Dispõe sobre o Sistema Nacional de Sementes e Mudas e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 2003. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/2003/L10.711.htm>. Acesso em: 02 mar. 2020.
- _____. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para Análise de Sementes**. Brasília: MAPA, p. 399, 2009.
- BRUNETTA, E.; BRUNETTA, P. S. F. Produção de sementes de algodão. In: FREIRE, E. C. **Algodão no Cerrado do Brasil**. Brasília: ABRAPA, 2015.
- CABRERA, A. C.; PESKE, S. T. Testes do pH do exsudato para sementes de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 24, n. 1, p. 134-140, 2002.
- CORRÊA, P. D.; CICERO, S. M.; ABUD, H. F. Evaluation cottonseed vigor through computer image analysis of the seedlings. **Journal of Seed Science**, v. 41, n. 1, p. 54-59, 2019.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Revista Brasileira de Biometria**, v. 37, n. 4, p. 529-535, 2019.
- FREIRE, E. C. **Algodão no cerrado do Brasil**. 3. ed. Brasília, 2015.
- GABRIEL, D. et al. Deslincamento de sementes de algodão. **Revista Conexão Eletrônica**, v. 12, n. 1, 2015.

- LOPES, J. M. B. **Computação gráfica: cor e luz**. Lisboa: Universidade Técnica de Lisboa, 2003. 45 p.
- MAGUIRE, J. D. Speed of germination and in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, v. 2, n. 2, p. 176-177, 1962.
- MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. 2. ed. Londrina, PR: ABRATES, 2015. 660 p.
- MATTIONI, F. et al. Vigor de sementes e desempenho agrônômico de plantas de algodão. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 34, n. 1, p. 108-116, 2012.
- MEDEIROS FILHO, S. et al. Metodologia do teste de germinação em sementes de algodão, com línter e deslntada. **Revista Caatinga**, v. 19, n. 1, p. 56-60, 2006.
- MURCIA, M. L.; CROVO, V. E.; CLEMENTE, N. L. Prueba colorimétrica de pH de exudados para la evaluación de la calidad de semillas de arveja (*Pisum sativum*) de la zona hortícola de Mar del Plata. **Revista de la Facultad de Agronomía**, v. 117, n. 1, p. 171-174, 2018.
- OLIVEIRA, A. C. S. *et al.* Testes de vigor em sementes baseados no desempenho de plântulas. **Revista Científica Internacional**, v. 2, n. 4, p. 1-21, 2009.
- QUEIROGA, V. P. et al. Qualidade fisiológica de sementes de algodão armazenadas em função de diferentes tratamentos e cultivares. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 11, n. 1, p. 43-54, 2009.
- QUEIROGA, V. P.; MATA, M. E. R. M. C. Sistema integrado de produção, beneficiamento, e deslntamento químico para sementes de algodão. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 18, n. 2, p. 207-225, 2016.
- RAMOS, K. M. O. et al. Electrical conductivity testing as applied to the assessment of freshly collected *Kielmeyera coriacea* Mart. seeds. **ISRN Agronomy**, v. 2012, p. 1-5, 2012.
- SILVA, F. A. S. **Assistat**. Versão 7.7 beta. Universidade Federal de Campina Grande, 2014.
- THEODORO, J. V. C. et al. Exudate pH and flooding tests to evaluate the physiological quality of soybean seeds. **Revista Caatinga**, v. 31, n. 3, p. 667-673, 2018.
- VANZOLINI, S.; CARVALHO, N.M. Efeito do vigor de sementes de soja sobre o seu desempenho em campo. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 24, n. 1, p. 33-41, 2002.