



JULIANA DE XISTO SILVA

**DESENVOLVIMENTO DE METODOLOGIA PARA
NEUTRALIZAÇÃO DE SEMENTES DE ALGODÃO APÓS O
PROCESSO DE DESLINTAMENTO QUÍMICO**

LAVRAS - MG

2019

JULIANA DE XISTO SILVA

**DESENVOLVIMENTO DE METODOLOGIA PARA NEUTRALIZAÇÃO DE
SEMENTES DE ALGODÃO APÓS O PROCESSO DE DESLINTAMENTO QUÍMICO**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Química, para a obtenção do título de Licenciada.

Profa. Dra. Jéssica de Oliveira Notório Ribeiro

Orientadora

Me. Geovani Marques Laurindo

Coorientador

LAVRAS - MG

2019

JULIANA DE XISTO SILVA

**DESENVOLVIMENTO DE METODOLOGIA PARA NEUTRALIZAÇÃO DE
SEMENTES DE ALGODÃO APÓS O PROCESSO DE DESLINTAMENTO QUÍMICO**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Química, para a obtenção do título de Licenciada.

APROVADA em 5 de dezembro de 2019.

Me. Geovani Marques Laurindo	UFLA
Me. Douglas Pelegrini Vaz-Tostes	UFLA
Dr. Pedro Castro Neto	UFLA
Dr. Antônio Carlos Fraga	UFLA

Profa. Dra. Jéssica de Oliveira Notório Ribeiro
Orientadora
Me. Geovani Marques Laurindo
Coorientador

LAVRAS-MG

2019

*À minha família que sempre proporcionou
grande apoio e foi fundamental em todas as
minhas conquistas.*

*Ao meu namorado Geovani, pelo amor,
apoio e grande incentivo.*

Dedico

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras, ao Laboratório de Pesquisa em Plantas Oleaginosas, Óleos, Gorduras e Biodiesel e ao Laboratório de Análise de Sementes pela possibilidade de execução deste trabalho.

À CAPES, CNPq, FINEP, FAPEMIG, RBTB e OLEA, pelo apoio a pesquisa.

À minha orientadora, Profa. Jéssica de Oliveira Notório Ribeiro, e ao meu coorientador, Geovani Marques Laurindo, pela confiança, orientação, conhecimentos e profissionalismo.

Aos professores Pedro Castro Neto (UFLA) e Antônio Carlos Fraga (UFLA), pelo apoio, dedicação, amizade, conhecimentos e profissionalismo durante todos os anos de trabalho.

Ao pós-graduando Douglas Pelegrini Vaz-Tostes, pela ajuda na realização deste trabalho.

Aos amigos e membros do Núcleo de Pesquisas em Plantas Oleaginosas, Óleos, Gorduras e Biodiesel (G-óleo).

À Cooperativa dos Produtores Rurais de Catuti (COOPERCAT), em nome do Sr. José Tibúrcio Soares, pela disponibilização das sementes utilizadas na pesquisa, e a Associação Mineira dos Produtores de Algodão (AMIPA).

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

RESUMO

A cultura do algodão é uma atividade agrícola de extrema importância no Brasil e no mundo. O principal produto do algodão é a fibra, mas também há geração de subprodutos com importantes finalidades. No processo de descaroçamento do algodão, em que é realizada a separação das fibras das sementes, não é possível remover toda a fibra, de modo que uma porção desta permanece aderida às sementes, denominada línter. O línter pode prejudicar a qualidade fisiológica das sementes, impedindo sua classificação e seu beneficiamento e também podendo dificultar a logística e mecanização no plantio. No processo de deslinteramento químico, faz-se o uso de ácidos para degradar o línter, sendo o ácido sulfúrico o mais utilizado. Entretanto, após esse processo, as sementes de algodão permanecem excessivamente ácidas, sendo necessário um procedimento para retirada do ácido. Neste trabalho, objetivou-se desenvolver e avaliar eficientes metodologias para a neutralização das sementes de algodão (*Gossypium hirsutum* L.) após o processo de deslinteramento químico com ácido sulfúrico, através de ensaios realizados em um protótipo de máquina específica para o deslinteramento de sementes de algodão seguido de neutralização com hidróxido de sódio, carbonato de sódio e cal virgem. Para a avaliação dos resultados, foi feita a análise de pH do líquido residual gerado nos diferentes testes e também das sementes de algodão. A cal virgem apresentou os melhores resultados considerando o comportamento físico frente aos outros compostos. Ainda assim, não houve neutralização completa das sementes, porém a amenização da acidez já é o suficiente para que não haja deterioração do tegumento da semente. Assim sendo, determinou-se que o procedimento de neutralização deve ser realizado com a adição de cal em solução aquosa às sementes deslinteradas, havendo posterior escoamento do líquido residual e neutralização deste para descarte.

Palavras-chave: *Gossypium hirsutum* L., caroço de algodão, línter, acidez de sementes, tratamento de resíduos.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	6
2 REFERENCIAL TEÓRICO	8
2.1 A cadeia produtiva do algodão	8
2.2 Processamento e qualidade de sementes de algodão	8
2.3 Deslintamento de sementes de algodão	9
2.3.1 Impactos do deslintamento químico	12
2.3.2 Neutralização das sementes após o deslintamento	13
3 MATERIAL E MÉTODOS	15
3.1 Deslintamento das sementes de algodão	15
3.2 Análise do líquido residual proveniente da lavagem das sementes deslintadas.....	17
3.3 Testes de neutralização do líquido residual	17
3.4 Neutralização das sementes após o deslintamento	18
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	21
4.1 Análise do líquido residual proveniente da lavagem das sementes deslintadas.....	21
4.2 Neutralização das sementes após o deslintamento	23
5 CONCLUSÕES.....	27
6 REFERÊNCIAS	28

1 INTRODUÇÃO

A cultura do algodão é uma atividade agrícola de extrema importância para o Brasil, representando uma das dez maiores fontes de riqueza no setor agropecuário brasileiro. O principal produto do algodão é a fibra utilizada como matéria-prima para a indústria têxtil, mas também há geração de diversos subprodutos com importantes finalidades, cujo uso se intensifica cada vez mais.

O algodão é cultivado em mais de 60 países, mas aproximadamente 80% da produção mundial provém dos seguintes países: China, Índia, Estados Unidos, Paquistão, Brasil, Uzbequistão e Turquia. Como principal produto do algodão, a fibra tem várias aplicações industriais, sendo elas: fabricação de fios para tecelagem de vários tipos de tecidos, preparação de algodão hidrófilo para enfermarias, fabricação de feltro, cobertores, embalagem, obtenção de celulose, entre tantas outras finalidades. Atualmente, nas usinas brasileiras, o algodão atinge cerca de 80% das fibras utilizadas. Na tecelagem, 65% dos tecidos são feitos de fios de algodão, enquanto na Europa é de cerca de 50%.

No Brasil, o sistema de produção do algodão é principalmente pelo sistema do agronegócio, caracterizado por produtores com grandes áreas de cultivo, que são responsáveis pela maior parte da produção nacional do algodão e utilizam as principais tecnologias disponíveis atualmente, priorizando o uso de sementes deslintadas e tratadas. Em menor escala, há o sistema de produção baseado na agricultura familiar, em que não há acesso às mais avançadas tecnologias, havendo o uso ainda de sementes com línter, fator que influencia negativamente a qualidade fisiológica das sementes, fazendo com que o pequeno produtor tenha níveis de produtividade insatisfatórios.

O desenvolvimento de novas tecnologias tem auxiliado a produção de sementes com padrões mínimos de qualidade, conseqüentemente levando a um aumento da produtividade da cultura do algodão. Diversos fatores podem influenciar a qualidade das sementes de algodão, que podem ocorrer no campo, antes e durante a colheita, e por outros fatores que podem ocorrer no período de pós-colheita, podendo assim, se estender pelas etapas de beneficiamento, deslintamento e armazenamento.

No processo de descaroçamento do algodão, em que há a separação das fibras das sementes, não é possível remover toda a fibra, de modo que uma porção da fibra fica aderida às

sementes, denominada línter. O línter pode prejudicar a qualidade fisiológica das sementes, e também pode dificultar a logística e mecanização no plantio.

Os métodos mais conhecidos para remoção do línter das sementes de algodão são: o mecânico, a flambagem com fogo direto e o químico, sendo este o mais utilizado na atualidade por possuir maior eficiência perante os outros métodos e por ser capaz de ser reproduzido em escala comercial.

No processo de deslntamento químico, faz-se o uso de ácidos para degradar o línter, sendo o ácido sulfúrico o mais utilizado. Entretanto, após esse processo, as sementes de algodão permanecem excessivamente ácidas, sendo necessário um procedimento para retirada do ácido. Alguns autores, como Vaz-Tostes (2017), apresentam metodologias para o deslntamento químico com utilização de ácido. No entanto, ainda é precário o conhecimento de metodologias eficientes para neutralização das sementes deslntadas.

Na intenção de contribuir para o desenvolvimento de tecnologias que melhorem a produção de algodão, se propôs este trabalho com o objetivo de desenvolver e avaliar metodologias para a neutralização das sementes de algodão (*Gossypium hirsutum* L.) após o processo de deslntamento químico com ácido sulfúrico, através de ensaios realizados em um protótipo de uma máquina específica para o deslntamento de sementes de algodão seguido de neutralização com diferentes agentes neutralizantes.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A cadeia produtiva do algodão

O algodoeiro (*Gossypium* sp.), em especial o *G. hirsutum* L., é uma das principais espécies domesticadas pelo ser humano, dentre as mais de 230 mil espécies de plantas superiores denominadas de espermatófitas. Dentre as espécies domesticadas é a única tida como trina em termos econômicos, sendo capaz de produzir fibra, que nos dias de hoje ainda veste quase metade da humanidade; óleo, que se destina à alimentação humana e à produção de energia; e a torta, que pode ser aproveitada na nutrição animal (ABRAPA, 2019).

A cotonicultura é uma das principais atividades agrícolas no Brasil e também no mundo, destacando-se tanto na geração de renda, na ocupação de mão de obra e na geração de empregos em todo o mundo. Atualmente, o agronegócio do algodão movimenta um valor global de cerca de 12 bilhões de dólares por ano. Anualmente são plantados em média 35 milhões de hectares de algodão em todo o mundo (ABRAPA, 2019).

No cenário atual brasileiro, na safra 2018/19 foram plantados mais de 1,5 milhão de hectares de algodão, sendo produzidos mais de 6,6 milhões de toneladas de algodão em caroço, gerando uma produção de aproximadamente 2,6 milhões de toneladas de pluma e 4 milhões de toneladas de caroço de algodão (CONAB, 2019).

Atualmente, a cotonicultura brasileira é amplamente dominada por grandes plantações no cerrado da região centro-oeste, sendo o estado do Mato Grosso responsável por aproximadamente 1,1 milhão de hectares de área plantada na safra 2018/19, mas também há destaque para a produção localizada na região denominada Matopiba, que é a junção fronteira dos estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia (CONAB, 2019).

2.2 Processamento e qualidade de sementes de algodão

A qualidade de sementes de algodão consiste basicamente no somatório dos atributos físicos, fisiológicos, genéticos e sanitários, que afetam diretamente a capacidade de se obter

plantas de alta produtividade. Estes atributos podem influenciar a qualidade durante o processo de produção no campo, antes e durante a colheita, secagem, beneficiamento e armazenamento (FRANÇA NETO e KRZYZANOWSKI, 2004).

Um dos principais fatores para o sucesso da cultura do algodoeiro é a obtenção de sementes com qualidade física, fisiológica e sanitária, capazes de proporcionar o estabelecimento de campos produtivos, com população ideal e plântulas uniformes e vigorosas (KIKUTI et al., 2002).

Como resultado da colheita da cultura do algodão, tem-se o algodão em caroço, que é composto por sementes que estão ligadas às fibras, estas que são comercializadas principalmente para a indústria têxtil (FREIRE, 2015). Dentro da indústria há a necessidade da separação da fibra, que é realizada por máquinas dotadas de serras e rolos, e este processo denomina-se descaroçamento, após o qual obtém-se a pluma e o caroço de algodão. Entretanto, as sementes resultantes do processo de separação ainda possuem certa quantidade de fibras curtas que ficam aderidas ao caroço, com aproximadamente 3 a 12 mm de comprimento, que é denominado línter, o qual não é possível de ser separado efetivamente pelo processo mecânico de descaroçamento (CHITARRA, 1996).

O caroço do algodão pode ser utilizado para extração de óleo, gerando uma torta de alta qualidade para alimentação animal, mas também pode ser utilizado como semente, desde que tenham sido feitos todos os procedimentos legais para produção de sementes. A fim de ser retirado o línter da semente, o caroço de algodão passa pelo processo de deslntamento. Esse processo é de extrema importância para a obtenção de sementes com alto padrão de qualidade e vigor. Como benefícios do deslntamento estão: aumento da absorção de água pela semente, facilitação do manuseio da semente nas semeadoras, contribuição para um armazenamento eficiente, facilitação de seu beneficiamento e, logo, sua emergência no campo (MEDEIROS FILHO, 1995).

2.3 Deslntamento de sementes de algodão

Segundo Vieira e Beltrão (1999), o deslntamento pode ser realizado por diferentes processos: mecânico, flambagem e químico. Atualmente o método de deslntamento químico é o mais usual, por ser mais eficaz e permitir ser reproduzido em larga escala de produção.

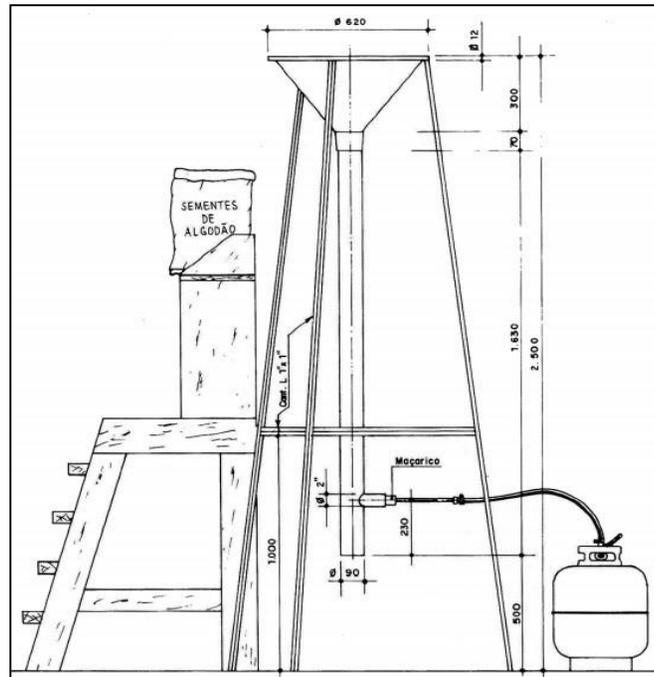
O deslintamento mecânico é realizado logo após o descaroçamento do algodão em pluma. Nesse processo são utilizadas as deslintadoras mecânicas, constituídas de diversas serras situadas bastante próximas umas das outras, as quais realizam um movimento rotativo a fim de retirar parte do línter. Segundo Chitarra (1996), esse processo deve ser repetido por algumas vezes para que a remoção do línter seja efetiva. Contudo, após o processo mecânico de deslintamento ainda há uma porção residual de línter aderida às sementes de algodão, fator que ocasiona a aglomeração das sementes, o que pode dificultar posteriormente os processos de classificação densimétrica das sementes e de semeadura no campo, por não ocorrer o escoamento adequado das sementes nos dutos das máquinas semeadoras, impedindo a regulagem adequada da semeadora e, portanto, ocasionando uma operação de semeadura indesejada (BALTIERI, 1993).

Além desses problemas ocasionados pela remoção incompleta do línter das sementes de algodão, o método mecânico de deslintamento pode causar danos mecânicos nas sementes, como cortes profundos e fissuras, que atuam como sítios de entrada de microrganismos. Para Delouche (1981), o teor de água presente nas sementes de algodão influencia diretamente a probabilidade de ocorrência de danos mecânicos durante o processo de deslintamento, de modo que quanto maior a umidade das sementes, maior é a probabilidade de ocorrência desses danos citados. Isso ocasiona, ainda, uma diminuição do percentual de germinação e do tempo de conservação das sementes no armazenamento. Considerando que o deslintamento mecânico não promove a retirada completa do línter das sementes e ainda pode causar danos a elas, novas metodologias de deslintamento foram desenvolvidas, como as técnicas de deslintamento por flambagem e o químico.

O deslintamento por flambagem é um método que atua como complemento ao método mecânico, pois este não retira o línter das sementes de algodão completamente. Esse processo consiste na passagem das sementes por um tubo vertical, em que na base desse tubo há um bico queimador de gás, havendo a queima do línter sem causar danos às sementes (FIGURA 1). Pode ser necessária a repetição da passada das sementes no tubo flambador a fim de que seja feita uma maior remoção do línter (QUEIROGA; BEZERRA; CORREIA, 1993). Segundo Patrício (1991), esse método de deslintamento ainda conta com o benefício de aumentar a qualidade fitossanitária das sementes, pois proporciona a eliminação de microrganismos presentes no línter das sementes. Entretanto, a esse método estão relacionadas algumas complicações, como a dificuldade de

reprodução na indústria, risco de incêndio na unidade de beneficiamento de sementes, e também a ocorrência de danos na qualidade fisiológica das sementes de algodão.

Figura 1 - Mecanismo de deslintamento por flambagem.



Fonte: Queiroga, Bezerra e Correia (1993).

No processo de deslintamento pelo método químico é utilizado um ácido para degradar o línter remanescente na semente de algodão após o descaroçamento, sendo este línter composto em mais de 90% por celulose, um polímero de glicose. Esse processo pode ser conduzido por via úmida, em que o agente deslintador utilizado é o ácido sulfúrico (H_2SO_4), ou também por via seca, com a utilização de ácido clorídrico (HCl), sendo ambos eficazes na remoção do línter das sementes (FREIRE, 2015).

O deslintamento químico por via úmida é o mais eficiente aplicado atualmente, e nesse processo as sementes de algodão, após o descaroçamento, são colocadas em um recipiente, sendo um tanque ou reator, em que há a adição do ácido sulfúrico seguida de agitação, ocorrendo a degradação do línter. Tem-se como produto final desse processo as sementes sem línter, o línter degenerado, ácido e glicose. Após esse processo, o meio ainda permanece excessivamente ácido e, por isso, deve-se retirar o ácido remanescente das sementes a fim de se evitar a degradação

destas. Alguns autores apontam procedimentos como a lavagem das sementes com água corrente em abundância, seguida da neutralização por solução de hidróxido de cálcio e secagem natural à sombra para posterior tratamento químico com fungicidas (BELTRÃO; AZEVEDO, 2008).

Queiroga et al. (2013) verificaram que o deslintamento químico das sementes de algodão com ácido sulfúrico tem poder desinfetante, visto que em seus ensaios as sementes deslintadas dessa forma foram menos infectadas por microrganismos.

No método por via seca, as sementes são inseridas em um tambor rotativo e hermeticamente fechado. O agente deslintador é o ácido clorídrico no estado gasoso, sendo importante ressaltar que a eficiência do processo aumenta de acordo com a temperatura. A ação do gás sobre o línter, à temperatura de 48°C, provoca sua cristalização e eliminação na forma de pó. Após esse processo as sementes permanecem com pH muito baixo, fazendo-se posterior neutralização com amônia anidra (FREIRE, 2015).

2.3.1 Impactos do deslintamento químico

O deslintamento químico com a utilização de ácido sulfúrico é o processo mais utilizado por ser o mais eficiente tanto na remoção do línter do caroço de algodão quanto ao manter alta qualidade das sementes. Entretanto, uma desvantagem desse processo é o resíduo gerado após o deslintamento. Atualmente, um dos métodos utilizados para retirada do ácido remanescente nas sementes envolve a lavagem destas com grandes quantidades de água. Segundo alguns autores, como Baltiere (1993) e Felipe et al. (1999), para o plantio de 1 hectare de algodão com sementes deslintadas quimicamente são gerados, aproximadamente, 100 litros de resíduo composto principalmente por água e ácido sulfúrico, apresentando acidez excessivamente elevada.

A disposição direta desses resíduos, sem nenhum tratamento anterior, é um ato que causa sérios problemas ambientais, visto que a lixiviação causada pelas chuvas ocasiona a contaminação e consequente redução do pH das águas (GOMES, 1994).

O pH é uma representação em escala que especifica a acidez ou basicidade de uma solução aquosa, sendo relacionado à concentração de íons hidrônio (H_3O^+) presentes em solução. Nessa escala, uma solução neutra apresenta valores de pH próximos a 7,0, sendo que esse valor decresce quanto maior a acidez e aumenta proporcionalmente à alcalinidade da solução. Assim sendo, uma

solução com o pH muito baixo e, conseqüentemente, muito ácido apresenta grande concentração de íons hidrônio em sua composição.

De acordo com o Ministério da Saúde, o pH ideal da água para consumo deve estar entre 6,0 e 9,5 (BRASIL, 2011). Já o Conselho Nacional do Meio Ambiente estabelece que os efluentes devem ter valor de pH entre 5,0 e 9,0 para que possam ser descartados em corpos de água (BRASIL, 2011). Segundo Silva et al. (2008) a água para irrigação deve ter valores de pH entre 6,5 e 8,4.

Segundo Silva et al. (2008), o descarte direto de resíduos que causam poluição ao meio ambiente e às águas, principalmente, é impraticável tendo visto que problemas relacionados à escassez de água doce vêm aumentando cada vez mais. Assim sendo, é de extrema importância o estudo e desenvolvimento de métodos que contribuam para reduzir os problemas causados ao meio ambiente pelos resíduos do deslincamento químico, podendo visar tanto o tratamento para descarte adequado ou possível reutilização desses resíduos.

O aproveitamento dessa água residual na agricultura é uma opção para o destino dos resíduos do deslincamento. Como esse setor possui grande demanda de água, apresentando consumo de cerca de 68% de água doce no Brasil (ANA, 2018), a reutilização da água proveniente do deslincamento na agricultura gera vários benefícios, principalmente considerando regiões com baixa disponibilidade de água como a África e o nordeste brasileiro, por exemplo.

2.3.2 Neutralização das sementes após o deslincamento

Segundo Piva (2013), uma consequência da utilização do ácido sulfúrico no deslincamento é a degradação acentuada de tecidos vegetais das sementes de algodão, particularmente da celulose e hemicelulose. Por isso se faz necessária a neutralização desse ácido remanescente nas sementes após o deslincamento, visando a diminuição de complicações no armazenamento e qualidade em geral das sementes de algodão.

Alguns autores descrevem processos de deslincamento químico citando a neutralização das sementes de algodão de diferentes formas. A utilização de amônia nesse processo é proposta por Freire (2015), já Queiroga e Cavalcanti-Mata (2016) citam que a neutralização das sementes deslincadas pode ser feita com carbonato de cálcio (CaCO_3) ou hidróxido de sódio (NaOH),

composto também utilizado por Piva (2013). Já Sallum (2009), testou a neutralização de sementes de capim *Brachiaria* após escarificação com ácido sulfúrico utilizando apenas água e, também, testando a imersão em água seguida da adição de hidróxido de cálcio ($\text{Ca}(\text{OH})_2$).

Percebe-se, no entanto, uma escassez de informações quanto ao processo de neutralização das sementes de algodão após o deslindamento com ácido sulfúrico, 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 deslindamento seguido de neutralização das sementes de algodão, a fim de resolver questões ainda pendentes quanto à padronização dos procedimentos envolvidos nesse processo.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Os ensaios foram conduzidos no Laboratório de Plantas Oleaginosas, Óleos, Gorduras e Biodiesel, no Laboratório de Análise de Sementes e na Oficina de Projetos de Engenharia de Materiais 1 da Universidade Federal de Lavras – MG. Foram utilizadas sementes de algodão com línter da variedade 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.

3.1 Deslntamento das sementes de algodão

Todos os procedimentos de deslntamento das sementes de algodão foram padronizados segundo a metodologia proposta por Vaz-Tostes (2017), sendo fixados os valores de tempo e proporção de ácido sulfúrico que garantiram melhor eficiência ao processo. O deslntamento das sementes foi feito em um protótipo de uma máquina específica para o deslntamento de sementes de algodão, utilizando-se em cada tratamento 500 g de sementes de algodão com línter e 70 mL de ácido sulfúrico 98%. Após a adição do ácido às sementes, foi feito o revolvimento da mistura por 7 minutos, sendo a direção de rotação do equipamento invertida a cada 1 minuto. As sementes antes e após o deslntamento podem ser observadas nas Figura 2 e 3, respectivamente.

Figura 2 - Sementes de algodão com línter.



Fonte: da autora (2019).

Figura 3 - Sementes de algodão deslintadas.



Fonte: da autora (2019).

Para a determinação da quantidade adequada de base a ser utilizada na etapa de neutralização, foram feitos quatro processos de deslincamento e, ao fim de cada um, foi feita a etapa de lavagem adicionando-se 250, 500, 750 e 1000 mL de água destilada às sementes deslincadas. A mistura foi revolvida por 2 minutos, invertendo-se a direção de rotação do equipamento 1 minuto após o início do procedimento. Ao fim do processo, as sementes foram depositadas em uma bandeja com tela e o líquido residual coletado para posterior análise.

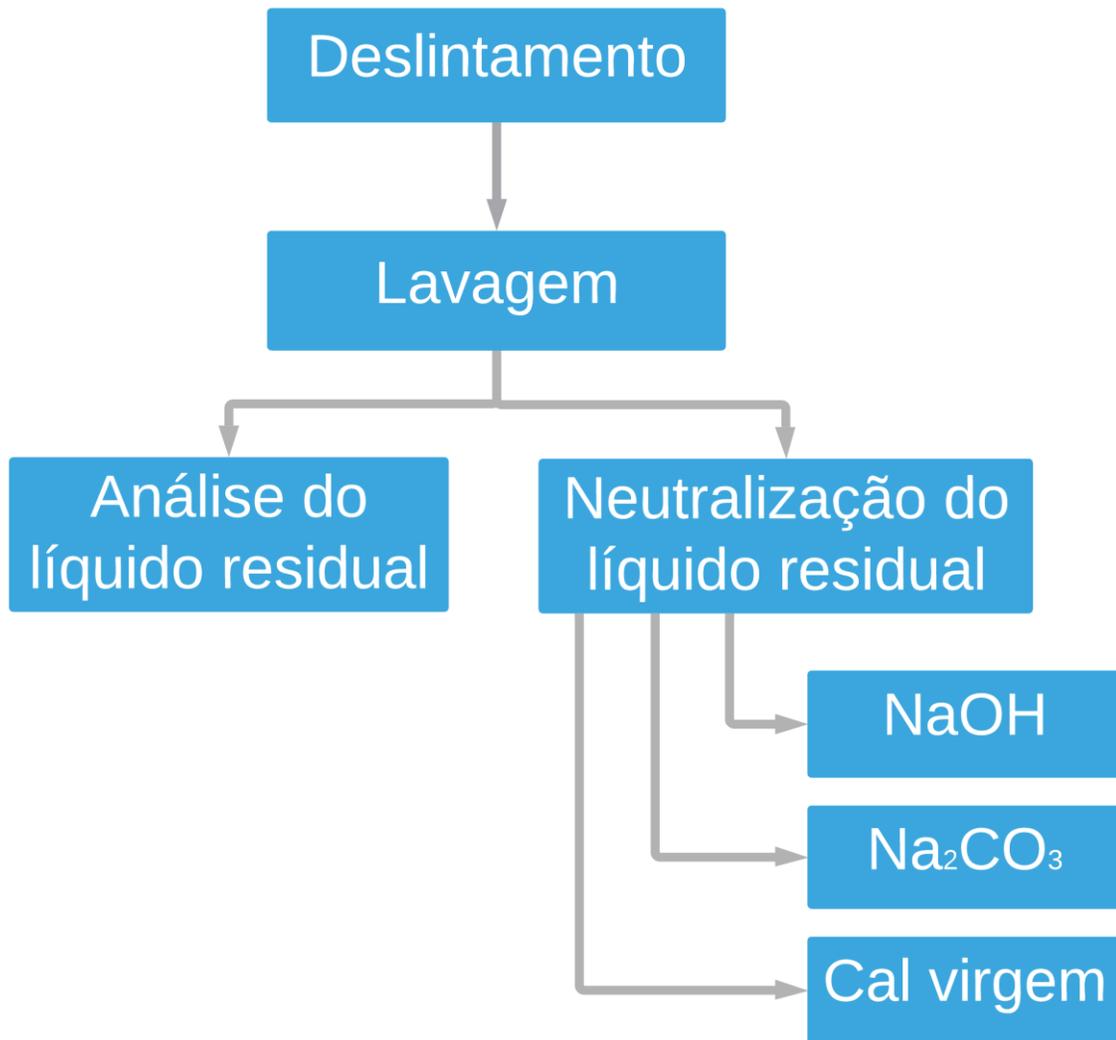
3.2 Análise do líquido residual proveniente da lavagem das sementes deslincadas

Os líquidos residuais coletados após a etapa de lavagem das sementes deslincadas foram analisados quanto ao pH. As análises foram feitas com um pHmetro de bancada da marca Nova Instruments, modelo NI PHM. Entretanto, as amostras referentes às lavagens com 250, 500 e 700 mL de água apresentaram alta viscosidade e também valores negativos de pH, excedendo o limite de leitura do equipamento. Devido a isso, optou-se por fazer a neutralização apenas do líquido proveniente da lavagem com 1000 mL de água.

3.3 Testes de neutralização do líquido residual

Do líquido residual obtido após a lavagem das sementes, foram coletadas alíquotas de 50 mL, posteriormente transferidas para diferentes béqueres. A neutralização desse líquido foi realizada em triplicata para cada agente neutralizante, com as soluções adicionadas com constante agitação e monitoramento do pH. As amostras foram neutralizadas separadamente com três soluções 10% (m/V) de hidróxido de sódio (NaOH), carbonato de sódio (Na₂CO₃) e cal virgem (CaO). Todas as etapas do procedimento até então estão expressas de acordo com o fluxograma (FIGURA 4).

Figura 4 - Fluxograma relativo às etapas de deslincamento à neutralização do líquido residual.



Fonte: da autora (2019).

3.4 Neutralização das sementes após o deslincamento

A partir dos volumes e concentrações das soluções utilizadas para neutralização do líquido residual, foram feitos cálculos considerando o volume total (1000 mL) da água utilizada para lavagem das sementes após o deslincamento, determinando-se a massa de cada base a ser utilizada.

A etapa do deslincamento das sementes foi executada da mesma maneira descrita anteriormente. Ao fim desse processo, foram adicionadas as quantidades pré-determinadas de

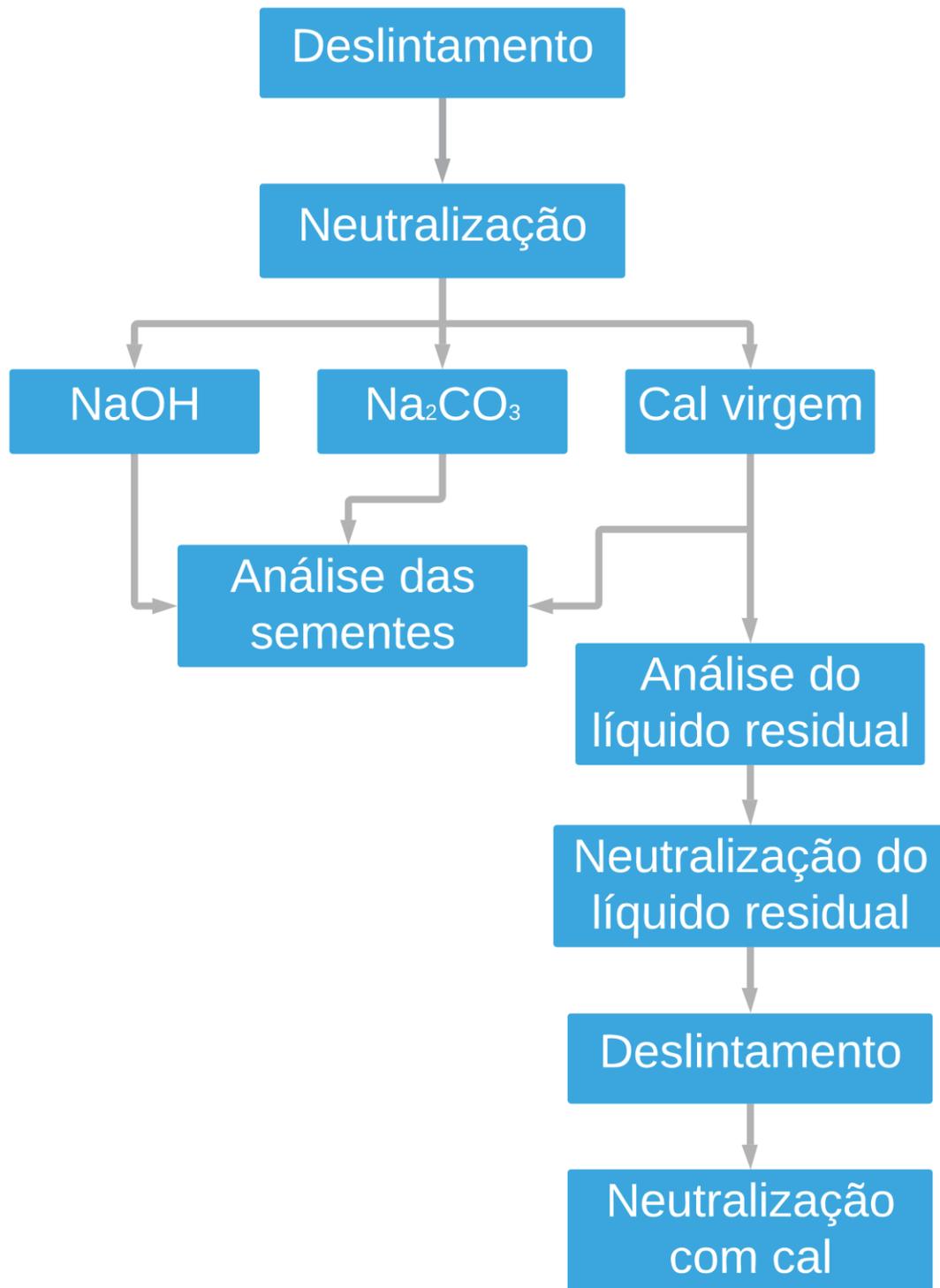
NaOH, Na₂CO₃ e cal virgem, previamente dissolvidas em 1 L de água destilada. Foram feitos dois procedimentos de deslincamento seguido de neutralização para cada agente neutralizante, sendo o primeiro tratamento com 1 minuto e o segundo com 2 minutos de reação na etapa de neutralização. Ao fim do deslincamento, a solução com cada composto foi adicionada e manteve-se o revolvimento, invertendo-se a direção de rotação após 1 minuto no teste com 2 minutos.

Após a neutralização, as sementes foram depositadas em uma bandeja com tela e o líquido residual foi coletado. Realizou-se a lavagem das sementes após a neutralização com 1 L de água destilada apenas para o segundo tratamento com cada agente neutralizante e as sementes de todos os tratamentos foram deixadas secando em peneiras por 17 horas e posteriormente em um secador de fluxo contínuo a 35°C por 22 horas. Para as análises de pH, foram feitas 4 repetições com 25 sementes, que foram coletadas e transferidas para copos plásticos com 50 mL de água destilada e deionizada. Os copos com as sementes foram colocados em estufa BOD a 25°C e as medições de pH das sementes foram realizadas após 15 e 60 minutos.

Devido ao comportamento físico apresentado pelo hidróxido de sódio e pelo carbonato de sódio nos ensaios, que será comentado detalhadamente mais adiante neste trabalho, determinou-se que os próximos testes fossem realizados utilizando-se apenas a cal virgem. Foram feitas análises de pH do líquido residual gerado no processo e também a neutralização de uma alíquota de 50 mL deste com a cal virgem, que foi moída em liquidificador industrial e adicionada aos poucos com a constante verificação do pH até a neutralização, medindo-se a massa consumida no processo.

Novamente foram feitos testes de neutralização das sementes após o deslincamento com a cal virgem da mesma maneira citada anteriormente, utilizando-se quantidades de cal determinadas a partir das análises do líquido residual gerado após o processo de deslincamento seguido de neutralização. As etapas descritas neste item estão representadas no fluxograma seguinte (FIGURA 5).

Figura 5 - Fluxograma relativo aos testes de neutralização após o deslincamento.



Fonte: da autora (2019).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Análise do líquido residual proveniente da lavagem das sementes deslindadas

As análises de pH do líquido residual gerado após a lavagem das sementes deslindadas com diferentes quantidades de água destilada (250, 500, 750 e 1000 mL), da água utilizada para a lavagem, das soluções dos agentes neutralizantes (NaOH, Na₂CO₃ e cal virgem) e da água utilizada para o preparo dessas soluções estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - pH médio do líquido residual de lavagem e das soluções dos agentes neutralizantes.

Amostra	pH
Líquido residual de lavagem com 250 mL	-
Líquido residual de lavagem com 500 mL	-
Líquido residual de lavagem com 750 mL	-
Líquido residual de lavagem com 1000 mL	0,60
Água utilizada para lavagem	6,37
Água utilizada no preparo das soluções	6,81
Solução de NaOH (10% m/V)	13,35
Solução de Na ₂ CO ₃ (10% m/V)	11,22
Solução de cal virgem (10% m/V)	11,91

Fonte: da autora (2019).

As amostras do líquido residual gerado após a lavagem das sementes deslindadas apresentaram valores muito elevados de acidez, com as três primeiras amostras gerando valores de pH negativos, portanto excedendo o limite de leitura do equipamento utilizado. O líquido residual proveniente das lavagens com 250, 500 e 750 mL de água também apresentaram aspecto de viscosidade elevada e, por isso, foram considerados inviáveis para a continuação dos testes de neutralização previstos anteriormente.

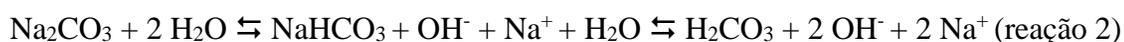
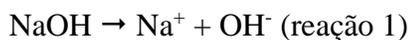
Portanto, os testes de neutralização com os diferentes agentes neutralizantes foram realizados com 50 mL do líquido residual proveniente da lavagem das sementes com 1000 mL de água destilada, com as quantidades consumidas de cada solução expressas na Tabela 2.

Tabela 2 - Volume médio consumido de solução para neutralização de 50 mL do resíduo.

Solução do agente neutralizante (10% m/V)	Volume consumido (mL)
NaOH	38
Na ₂ CO ₃	51
Cal virgem	36

Fonte: da autora (2019).

Considerando as reações de dissociação em água dos compostos NaOH e Na₂CO₃, representadas pelas reações 1 e 2, respectivamente, o primeiro composto libera um íon hidróxido em solução, já o segundo libera dois íons hidróxido que, por sua vez, reagem com o ácido presente em solução.



Sendo assim, a quantidade necessária de carbonato de sódio, em mols, é aproximadamente a metade da quantidade necessária de hidróxido de sódio para neutralizar uma mesma quantidade de ácido. Entretanto, a massa molar do Na₂CO₃ (MM = 105,9888 g mol⁻¹) é maior se comparada à massa molar do NaOH (MM = 39,997 g mol⁻¹). Devido a isso, e considerando também que foi utilizada a mesma massa dos dois compostos para o preparo das soluções, é esperado que o volume da solução de carbonato de sódio seja maior em relação ao volume da solução de hidróxido de sódio necessário para neutralizar a mesma quantidade de ácido.

4.2 Neutralização das sementes após o deslincamento

A partir do volume de cada solução que foi consumido na neutralização de 50 mL do líquido residual, foram calculadas as quantidades dos agentes neutralizantes que seriam necessárias para neutralizar 1000 mL de solução e, portanto, 500 g de sementes de algodão, valores expressos na Tabela 3.

Tabela 3 - Quantidade de cada agente neutralizante para 500 g de sementes.

Agente neutralizante	Massa (g)
NaOH	75,99
Na ₂ CO ₃	101,96
Cal virgem	72,00

Fonte: da autora (2019).

Foram realizados dois tratamentos com cada um dos agentes neutralizantes. Estes foram dissolvidos em 1 L de água destilada pois, na etapa no deslincamento, é gerada uma pasta com as sementes e, portanto, a adição desses agentes em pó iria dificultar ainda mais o revolvimento da mistura pela máquina, prejudicando a difusão dos agentes neutralizantes e a reação destes com o ácido, inviabilizando a neutralização.

Nesses testes, foi observado que o hidróxido de sódio reagiu com o ácido de forma excessivamente exotérmica, elevando bastante a temperatura do meio e, possivelmente, prejudicando a qualidade das sementes. Já o carbonato de sódio provocou efervescência ao ser adicionado às sementes deslincadas, produzindo um grande volume de espuma no decorrer da reação e provocando o transbordamento da mistura que excedeu o volume da máquina, havendo perda de parte do composto que foi inicialmente adicionado. Assim sendo, optou-se pelo uso apenas da cal virgem nos próximos ensaios.

Após a neutralização, o líquido residual gerado em cada tratamento foi recolhido e analisado quanto ao pH, com esses valores expressos na Tabela 4. Como pode ser observado, mesmo após a neutralização das sementes deslincadas, o líquido residual gerado no processo ainda

apresentou valores baixos de pH. Isso pode ter ocorrido devido ao ácido remanescente nas sementes e no equipamento, por exemplo, que não foi considerado quando foram realizados os primeiros testes de neutralização do líquido residual obtido após a lavagem das sementes deslindadas, já que esse procedimento pode não ter sido eficiente para remover o ácido do meio após o deslindamento.

Tabela 4 - pH médio do líquido residual da neutralização.

Amostra de líquido residual	pH
Neutralização com NaOH – 1 minuto	1,70
Neutralização com NaOH – 2 minutos	1,54
Neutralização com Na ₂ CO ₃ – 1 minuto	1,18
Neutralização com Na ₂ CO ₃ – 2 minutos	1,01
Neutralização com cal virgem – 1 minuto	1,15
Neutralização com cal virgem – 2 minutos	1,01

Fonte: da autora (2019).

Comparando os valores de pH dos testes com o mesmo agente neutralizante, porém com os diferentes tempos de reação, é notável que houve uma diminuição do pH com o aumento do tempo de reação em 1 minuto. Isso pode ter ocorrido pois o maior tempo de revolvimento da mistura fez com que houvesse a liberação de mais ácido em solução, que no menor tempo de reação ainda teria ficado aderido às sementes.

Analisando o efeito dos diferentes agentes neutralizantes, observa-se que o hidróxido de sódio apresentou melhores resultados quanto ao poder neutralizante, enquanto os outros dois compostos tiveram resultados semelhantes. Isso pode ter sido ocasionado pelo comportamento desses compostos em solução aquosa. O NaOH é uma base forte, de modo que sofre dissociação completa em solução aquosa, permitindo que a disponibilidade de íons hidróxido em solução seja maior em relação aos outros compostos, ocasionando uma neutralização mais eficiente. Já a dissociação do Na₂CO₃ e da cal virgem em solução aquosa é um processo que ocorre em equilíbrio químico, não havendo a disponibilidade de tantos íons hidróxido em solução como ocorre com o NaOH. Ainda é importante considerar que houve perda de parte do carbonato adicionado devido

à efervescência gerada na reação e que a cal não apresenta grande solubilidade em água, sendo estes fatores que também influenciam na ação desses compostos na neutralização do ácido.

Com as sementes desses tratamentos foram realizadas análises de pH (TABELA 5), sendo que foi testado o efeito da lavagem com 1 L de água destilada após a neutralização no pH das sementes, comparando os tratamentos em que houve lavagem após a neutralização e os tratamentos em que as sementes deslindadas foram apenas neutralizadas.

Tabela 5 – pH médio das sementes de algodão após os diferentes tratamentos.

Tratamento	pH 15 min	pH 60 min
Neutralização com NaOH	2,8	2,6
Neutralização com NaOH e lavagem	4,3	4,2
Neutralização com Na ₂ CO ₃	2,3	2,3
Neutralização com Na ₂ CO ₃ e lavagem	3,2	3,1
Neutralização com cal virgem	2,6	2,6
Neutralização com cal virgem e lavagem	3,4	3,4

Fonte: da autora (2019).

Os valores observados na Tabela 5 estão em concordância com o que foi anteriormente observado quanto ao líquido residual desses tratamentos, com a neutralização realizada com NaOH apresentando resultados melhores. Além disso, é notável que a lavagem após a neutralização é de grande importância para o aumento do pH das sementes, já que promove a remoção de resíduos remanescentes das etapas anteriores do processo, em que resíduos ácidos podem ter ficado aderidos às sementes devido às dificuldades mecânicas envolvidas no processo, tais como o revolvimento ineficiente da mistura, que também é dificultado devido a particularidades físicas desta, em que as sementes deslindadas e os reagentes envolvidos nos procedimentos formam um produto bastante denso e pastoso.

Considerando a preferência pela cal virgem na continuação dos ensaios, foram coletadas amostras do líquido residual proveniente da neutralização com esse composto para uma nova tentativa de neutralização apenas do resíduo e, posteriormente, para novos testes de neutralização das sementes. As quantidades de cal virgem consumidas na neutralização de 50 mL do líquido

residual estão expressas na Tabela 6. A partir desses valores, calculou-se, por meio de relações de proporção, que deveria ser adicionada uma maior quantidade de cal virgem no processo de neutralização, totalizando 122 g do composto, correspondendo a 24,4% (m/m) em relação à quantidade de sementes inicialmente deslintadas, enquanto a massa de 72g corresponde a 14,4% da massa das sementes de algodão. Entretanto, os testes com essa quantidade elevada foram considerados inviáveis, já que a adição da cal levou à formação de uma pasta com as sementes deslintadas, prejudicando o revolvimento da mistura na máquina, a neutralização das sementes e também sua qualidade e, por isso, o processo todo foi dificultado pela necessidade de posterior lavagem das sementes para retirada do resíduo.

Tabela 6 - Quantidade média consumida de cal na neutralização do líquido residual.

Amostra de líquido residual	Quantidade de cal consumida (g)
Neutralização com cal virgem – 1 minuto	2,2
Neutralização com cal virgem – 2 minutos	3,4

Fonte: da autora (2019).

O aumento da quantidade de cal virgem para a neutralização se mostrou inviável operacionalmente. Entretanto, com base nas análises de pH das sementes, pode-se inferir que não há necessidade de aumento da quantidade de cal pois, como visto em Vaz-Tostes (2017), mesmo sementes com valores ácidos de pH ainda apresentam boa qualidade fisiológica, sendo necessário apenas atenuar a acidez de modo que não haja deterioração do tegumento das sementes.

Com isso, uma sequência alternativa dos processos pode ser considerada, sendo feita a amenização da acidez das sementes até um nível mais elevado de pH e uma posterior neutralização do líquido residual gerado no processo, com o intuito de tratar esse material, possibilitando o descarte adequado ou até mesmo a reutilização deste, sem que sejam ocasionados problemas ambientais.

5 CONCLUSÕES

Os melhores resultados foram obtidos com o processo de neutralização das sementes de algodão com 14,4% (m/m) de cal virgem.

O melhor método para a neutralização foi a adição de cal virgem em solução aquosa às sementes após o deslincamento com revolvimento de 1 minuto, com posterior escoamento do líquido residual e neutralização deste para descarte ou para o reaproveitamento na agricultura.

6 REFERÊNCIAS

ABRAPA. Associação Brasileira dos Produtores de Algodão. **Relatório de Gestão – Biênio 2018-2019**. 1. ed. Brasília: ABRAPA, 2019.

ANA. Agência Nacional de Águas (Brasil). **Relatório de Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2018**: Informe anual. 1. ed. Brasília: ANA, 2018. 72p.

BALTIERE, E. M. **Encapsulação de Sementes de Algodão (*Gossypium hirsutum* L. raça *latifolium* Hutch)**. 1993. 106f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1993.

BELTRÃO, N. E. de M.; AZEVEDO, D. M. P. **O Agronegócio do Algodão no Brasil**. 2. ed. Brasília: Embrapa, 2008. 309 p.

BRASIL, Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB. **Série Histórica de Estoques Públicos – Algodão**. CONAB, 2019. Disponível em:
<<https://www.conab.gov.br/estoques/estoques-por-produto/item/1138-serie-historica-de-estoques-publicos-algodao>>

BRASIL, Ministério da Saúde. **Portaria Nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011**. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Seção V, cap. V, art. 39.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA Nº 430/2011, de 13 de maio de 2011**. Dispõe sobre condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução Nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. Seção II, art. 16.

CHITARRA, L. G. **Aspectos bioquímicos, fisiológicos e sanitários de sementes de algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.) deslindadas quimicamente**. 1996. 113 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 1996.

DELOUCHE, J. C. **Harvest and post-harvest factors affecting the quality of cotton planting seed and seed quality evaluation**. In: BELWIDE COTTON PRODUCTION RESEARCH CONFERENCE. Anais... New Orleans. 1981. p. 289-305.

FELIPE, P. S.; FRAGA, A. C.; OLIVEIRA, J. A. **Efeitos do deslindamento químico (via úmida e via seca) sobre a qualidade fisiológica e sanitária das sementes de algodão (*Gossypium hirsutum*)**. Anais do Congresso Brasileiro de Algodão, 2, 1999, Ribeirão Preto. Campina Grande: EMBRAPA-CNPA. 1999, p. 657-659

FRANÇA NETO, J. B.; KRZYZANOWSKI, F. C. **O controle de qualidade inserido no sistema de produção de sementes**. Brasília: ABRASEM, 2004. p. 34-38.

FREIRE, E.C. **Algodão no cerrado do Brasil**. 3. ed. Brasília, 2015. 956 p.

GOMES, D. C. **Poluição de aquífero costeiro de Arembepe-BA por ácido sulfúrico e compostos inorgânicos oriundos da produção de dióxido de titânio**. 1994. Dissertação (Mestrado em Geologia). Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.

KIKUTI, A.L.P.; OLIVEIRA, J.A.; MEDEIROS FILHO, S.; FRAGA, A.C. **Armazenamento e qualidade fisiológica de sementes de algodão submetidas ao condicionamento osmótico**. Revista Ciência e Agrotecnologia, v. 26, n. 2, p. 439-443, 2002.

MEDEIROS FILHO, S. **Avaliação da qualidade de sementes de algodão submetidas ao deslincamento químico, beneficiamento e armazenamento**. 1995. 115 p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 1995.

PATRÍCIO, F. R. A. **Efeito do deslincamento a flama sobre a qualidade fisiológica e sanidade de sementes de algodão**. 1991. 112 p. Dissertação (Mestrado) – ESALQ, Piracicaba, SP, 1991.

PIVA, Diana Lourdes Pizzi Dal. **Hidróxido de sódio na neutralização do ácido sulfúrico no deslincamento de sementes de algodão**. 2013. 25 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2013.

QUEIROGA, V. P.; BEZERRA, J. E. S.; CORREIA, L. J. **Deslincamento à flama da semente de algodão (*Gossypium hirsutum* L.)**. Revista Brasileira de Sementes, v. 15, n. 1, p. 7-12, 1993.

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

QUEIROGA, V. P.; SANTOS, J. W.; GOUVEIA, J. P. G.; CASTRO, L. B. QUEIROZ. **Análise sanitária em sementes de algodoeiro branco e colorido submetidas a diferentes tratamentos durante o armazenamento**. Tecnologia & Ciência Agropecuária, João Pessoa, v. 7, n. 3, p. 19-23, 2013.

SALLUM, M. S. S. **Neutralização de sementes de capim *Brachiaria* escarificadas com ácido sulfúrico**. 2009. 42 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade do Oeste Paulista. Presidente Prudente, São Paulo, 2009.

SILVA, L. V. B. D.; LIMA, V. L. A.; DANTAS NETO, J.; SOFIATTI, V. **Adequação ao reuso e descarte do resíduo proveniente do deslincamento químico das sementes de algodoeiro**. Engenharia Ambiental: Pesquisa e Tecnologia, Espírito Santo do Pinhal, v. 5, n. 2, p. 056-062, mai/ago, 2008.

VAZ-TOSTES, D. P. **Avaliação do deslincamento químico na qualidade de sementes de algodão**. 2017. 54 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2017.

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