



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE – UFCG**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA – CCT**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE**  
**PROCESSOS**

**DESLINTADOR MECÂNICO-QUÍMICO DE SEMENTES DE ALGODÃO:**  
Desenvolvimento, avaliação e estudo do efeito latente do deslintamento das sementes durante o armazenamento.

**HERETIANO GURJÃO FILHO**

**Campina Grande, PB**

**2009**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE – UFCG**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA – CCT**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE**  
**PROCESSOS**

**DESLINTADOR MECÂNICO-QUÍMICO DE SEMENTES DE ALGODÃO:**  
Desenvolvimento, avaliação e estudo do efeito latente do deslintamento das sementes durante o armazenamento.

Tese apresentada a Universidade Federal de Campina Grande como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos, para obtenção do título de Doutor

**ORIENTADORES**

**Prof.º Dr. Mário Eduardo Rangel Moreira Cavalcanti Mata**

**Pesquisador. Dr. Odilon Reny Ribeiro Ferreira da Silva**

**Campina Grande, PB**

**2009**

Ficha Catológica

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

G979d Gurjão Filho, Heretiano.  
Deslintador mecânico-químico de sementes de algodão: desenvolvimento, avaliação e estudo do efeito latente do deslintamento das sementes durante o armazenamento/ Heretiano Gurjão Filho . – 2009.

100 f.

Tese (Doutorado em Engenharia de Processos) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia.

"Orientação: Prof. Dr. Mário Eduardo Rangel Moreira, Prof. Dr. Odilon Reny Ribeiro Ferreira da Silva".

Referências.

1. Equipamentos. 2. Semente de Algodão. 3. Acido Sulfúrico. 4. Criopreservação. I. Moreira, Mário Eduardo Rangel Moreira. II. Silva, Odilon Reny Ribeiro Ferreira. III. Título.

CDU 631.3(043)

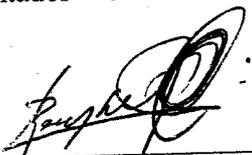
DESLINTADOR MECÂNICO-QUÍMICO DE SEMENTES DE  
ALGODÃO: Desenvolvimento, avaliação e estudo do efeito latente do  
deslintamento das sementes durante o armazenamento

Tese aprovada em 29 de Setembro de 2009



---

Prof. Dr. Mário Eduardo Rangel Moreira Cavalcanti Mata  
Orientador – UFCG – UAEAg



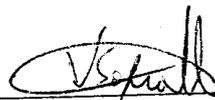
---

Dr. Odilon Reny Ribeiro Ferreira da Silva  
Orientador – EMBRAPA – CNPA



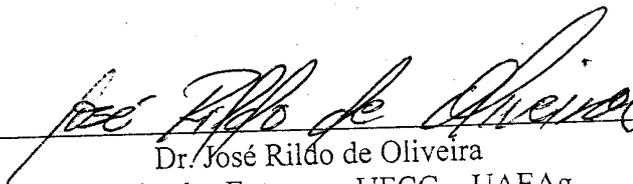
---

Prof. Dr. Francisco de Assis Cardoso Almeida  
Examinador Interno – UFCG – UAEAg



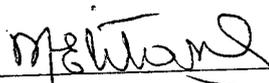
---

Dr. Valdeinei Soffiati  
Examinador Externo – EMBRAPA – CNPA



---

Dr. José Rildo de Oliveira  
Examinador Externo – UFCG – UAEAg



---

Prof. Dr. Maria Elita Martins Duare  
Examinadora Interna – UFCG – UAEAg

Este exemplar corresponde a versão final da tese de Doutorado em Engenharia de Processos defendida por Heretiano Gurjão Filho e aprovada pela Banca Examinadora em 29 de setembro de 2009.

*Mário ERUc Mata*

---

Prof. Dr. Mário Eduardo Rangel Moreira Cavalcanti Mata  
UFPG/\CCT/ UAEAg

## **DEDICATÓRIA**

**Com carinho**

Aos meus queridos e saudosos entes meu pai Heretiano de Farias Gurjão e irmãos Eraldo Candeia Gurjão e Edgley Candeia Gurjão (In Memoriam). Que em vida incentivaram e acreditaram no meu potencial, como também a uma guerreira que sempre me apoiou em todos os sentidos na minha vida, minha querida mãe, Ivanilda Candeia Gurjão (**Dona Nega**).

Dedico

**AGRADECIMENTOS**

A **Deus**, causa de tudo.

A minha família, com imensa gratidão aos meus queridos pais e irmãos, que sempre estiveram presentes, que não mediram esforços para que chegasse onde hoje estou.

À minha companheira **Karina Pereira Gurjão**, pelo incentivo, compreensão e dedicação. Que Deus continue abençoando-a

Aos meus filhos, **Marjorie, Helder e Heretiano Neto**, pela ausência em alguns momentos e pela compreensão dos mesmos.

Aos professores que ministraram disciplinas no decorrer do curso.

De modo especial aos meus orientadores: Prof. Dr. Mário Eduardo Moreira Cavalcanti Mata e ao Dr. Odilon Reny Ribeiro Ferreira da Silva, pelas orientações, conselhos, incentivos, compreensão, confiança, paciência e, sobretudo, pela amizade, sou muito grato por tudo.

Ao Programa de Pós - Graduação em Engenharia de Processos, na pessoa da Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Odelsia Leonor Sanchez de Alsina, pelo apoio, ajuda compreensão e amizade.

A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisa do Algodão (Embrapa - Algodão), pelo fornecimento de sementes e por disponibilizar suas instalações e equipamentos necessários durante execução do trabalho. A todos os seus funcionários, em especial ao amigo Dorgival da Silva Araújo (BEREU), pelo auxílio e amizade.

Aos amigos Dr. Valdinei Soffiati e Prof<sup>o</sup> Dr. Francisco de Assis Cardoso Almeida, pelas contribuições no decorrer deste trabalho e, sobretudo, pelos grandes profissionais que são.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para realização desse trabalho.

## SUMÁRIO

	<b>Pg.</b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	iii
<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	iv
<b>RESUMO</b> .....	vii
<b>ABSTRACT</b> .....	viii

## CAPÍTULO I

### DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÃO DE UM DESLINTADOR MECÂNICO-QUÍMICO PARA SEMENTES DE ALGODÃO

<b>INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	1
<b>I.1– INTRODUÇÃO</b> .....	6
<b>I.2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	8
I.2.1 -Importância econômica .....	8
I.2.2 - Mercado Brasileiro .....	9
I.2.3 - Produção de algodão na Paraíba .....	11
I.2.4 - Consumo industrial do algodão no Estado da Paraíba .....	12
I.2.5 - Máquinas para o deslintamento de sementes de algodão .....	13
<b>I.3 – MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	16
I.3.1 - Desenvolvimento e montagem da máquina .....	17
I.3.2 - Dimensionamento da máquina deslinteradora de sementes de algodão .....	23
<b>I.4 – RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	30
I.4.1 - Ajuste da máquina .....	30
<b>I.5 – CONCLUSÕES</b> .....	38
<b>I.6 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	39

<b>CAPÍTULO II</b>		<b>Pg.</b>
<b>VIABILIDADE DE SEMENTES DE ALGODÃO DESLINTADAS QUIMICAMENTE E ARMAZENADAS A TEMPERATURAS: CRIOGÊNICA, SEMICRIOGÊNICA E EM CÂMARA SECA</b>		
<b>II.1 – INTRODUÇÃO</b>	.....	42
<b>II.2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	.....	46
II.2.1 - Germinação	.....	47
II.2.2 - Vigor	.....	48
II.2.3 - Crioconservação de germoplasma vegetal	.....	49
II.2.3.1 - Banco de germoplasma	.....	49
II.2.3.2 - Congelamento das sementes	.....	51
II.2.3.3 - Descongelamento das sementes	.....	54
<b>II.3 – MATERIAL E MÉTODOS</b>	.....	56
II.3.1. Determinação do teor de água limite para crioconservação	.....	56
II.3.2 Armazenagem a baixas temperaturas	.....	57
II.3.3 Armazenagem em câmara seca	.....	59
II.3.4 Determinação da qualidade fisiológica	.....	59
<b>II.4 – RESULTADOS E DISCUSSÕES</b>	.....	60
II.4.1 -Teor de água limite para crioconservação	.....	60
II.4.2 - Armazenamento das sementes em balcão semicriogênico	.....	62
II.4.3 - Armazenamento das sementes em vapor de nitrogênio	.....	68
II.4.4 - Armazenamento das sementes em câmara seca	.....	76
<b>II.5 – CONCLUSÕES</b>	.....	85
<b>II.6 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	.....	87
<b>ANEXOS</b>	.....	94

## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO 1

FIGURA I.1 – Vista posterior da máquina deslindadora de sementes de algodão .....	16
FIGURA I.2 – Vista frontal da máquina deslindadora de sementes de algodão .....	17
FIGURA I.3 – Estrutura de ferro para sustentação dos componentes da máquina .....	17
FIGURA I.4 – Calha com fusos alimentadores de sementes .....	18
FIGURA I.5 – Moega reguladora com cilindros para uniformizar a vazão das sementes ..	18
FIGURA I.6 – Calhas transportadoras de sementes .....	19
FIGURA I.7 – Redutor de velocidade .....	19
FIGURA I.8 – Motor elétrico para acionamento dos fusos .....	20
FIGURA I.9 – Engrenagens para o funcionamento dos fusos transportadores das sementes a serem deslindadas .....	20
FIGURA I.10 – Mancais de rolamento .....	21
FIGURA I.11 – Polias motoras com correias trapezoidais .....	22
FIGURA I.12 – Depósito de plástico para alimentação de ácido sulfúrico e da barrilha .....	22
FIGURA I.13 – Curva de vazão do bico dosador de ácido sulfúrico, em função do número de orifícios de 2,5 mm de diâmetro do bico .....	31
FIGURA I.14 – Curva de vazão do bico dosador da solução neutralizante, em função do número de orifícios de 2,5 mm de diâmetro do bico .....	31
FIGURA I.15 – Botijão criogênico com canisters acondicionados .....	58

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO I

- TABELA I.1 – Tempo gasto para deslintamento, rendimento, vazão do ácido sulfúrico e neutralizante razão entre e semente e ácido sulfúrico, semente e neutralizante obtidos nos diferentes tratamentos de deslintamentos ..... 32
- TABELA I.2 – Massa das sementes após o deslintamento e beneficiamento em mesa gravidade, rendimento dos processos de deslintamento, beneficiamento e rendimento total de sementes nos diferentes tratamentos de deslintamento. 33
- TABELA I.3 – Resumo da análise de variância para as variáveis: teste de germinação (TG), primeira contagem e germinação (PCG), envelhecimento acelerado (EA), emergência em campo (EC), índice de velocidade de emergência (IVE), e massa de mil sementes (MS) de acordo com os tratamentos de deslintamento e o período de deslintamento das sementes ..... 34
- TABELA I.4 – Qualidade fisiológica de sementes de algodoeiro da cultivar Araripe avaliada pelos testes de germinação (TG), primeira contagem de germinação (PCG), envelhecimento acelerado (EA), emergência em campo (EC), índice de velocidade de emergência (IVE) e massa seca de mil sementes (MSMS) de acordo com os tratamentos deslintamento ..... 34

### CAPÍTULO II

- TABELA II.1 – Resumo da análise de variância germinação e vigor de sementes de algodão variedade BRS Araripe para a determinação dos teores de água limite para a crioconservação (TALC) ..... 60
- TABELA II.2 – Valores médios de germinação e vigor das sementes de algodão BRS Araripe em diferentes teores de água, submetidas a crioconservação - 170°C pelo período de cinco dias ..... 60
- TABELA II.3 – Valores médios da germinação das sementes de algodão deslintadas quimicamente e crioconservadas em balcão semicriogênico (-40C) pelo período de 300 dias, sendo as variáveis: etapas do processo de deslintamento, período de armazenamento e métodos de descongelamento.. 60
- TABELA II.4 – Resumo da análise de variância para a viabilidade da semente de algodão armazenada ao longo de 300 dias em balcão semicriogênico (-40°C) ..... 63

TABELA II.5 – Valores médios da germinação das sementes de algodão BRS Araripe para os fatores individuais do período de armazenamento, etapa do processo de deslincamento e métodos de descongelamento .....	64
TABELA II.6 – Valores médios da germinação das sementes da cultivar BRS Araripe para a interação entre os fatores métodos de descongelamento versus etapas do processo de deslincamento .....	66
TABELA II.7 – Valores médios da primeira contagem de germinação dos fatores armazenamento etapas do processo e método de descongelamento, das sementes crioconservadas em balcão semicriogênico (-40° C) no período de 300 dias .....	66
TABELA II.8 – Valores médios (PCG) fonte de variação e grau de liberdade da viabilidade das sementes de algodão armazenadas ao longo de 300 dias em balcão semicriogênico (40°C) .....	67
TABELA II.9 – Valores médios da primeira contagem de germinação (PCG) das sementes de algodão, cultivar BRS Araripe armazenadas em balcão semicriogênico (-40°C) para os fatores armazenamento, e método de descongelamento aos 300 dias de armazenamento .....	68
TABELA II.10 –Valores médios da germinação da sementes de algodão deslincadas dias, sendo as variáveis: etapas do processo de deslincamento, período de armazenamento e métodos de descongelamento .....	69
TABELA II.11 –Valores médios, fonte de variação e grau de liberdade da viabilidade das sementes de algodão armazenadas ao longo de 300 dias em vapor de nitrogênio .....	69
TABELA II.12 .Valores médios da germinação das sementes de algodão BRS Araripe Armazenadas em vapor de nitrogênio(-170C) para os fatores armazenamento e etapas do processo de deslincamento, de 300 dias (TG) ..	70
TABELA II.13 –Valores médios do desdobramento da interação método versus etapas do Processo para a variável germinação das sementes da cultivar BRS Araripe, Armazenadas no vapor de nitrogênio (-170 °C) no período de 300 dias (TG)	72
TABELA II.14 –Valores médios do teste primeira contagem de germinação para as variáveis armazenamento, etapas do processo e método de descongelamento das crioconservadas em nitrogênio(-170 °C) no período de 300 dias .....	73
TABELA II.15 –Valores médios, fonte de variação, grau de liberdade do vigor da semente de algodão armazenadas ao longo de 300 dias vapor de nitrogênio (-170°C).	73

TABELA II.16 -Valores médios do teste de primeira contagem de germinação das sementes de algodão BRS Araripe armazenadas em balcão criogênico (-170°C) para os fatores armazenamento, etapas do processo e métodos no período de 300 dias .....	74
TABELA II.17 -Valores médios do desdobramento da interação método versus etapas do processo para a variável primeira contagem de germinação das sementes armazenadas no vapor de nitrogênio (-170°C) no período de 300 dias .....	76
TABELA II.18 -Resumo da análise de variância da germinação e vigor da semente de algodão BRS Araripe, armazenada ao longo de 300 dias em câmara seca ....	77
TABELA II.19 - Valores médios da germinação e de emergência em campo das sementes de algodão da cultivar BRS Araripe armazenadas em câmara seca (10°C e 40% UR) para o fator armazenamento no período de 300 dias .....	78
TABELA II.20 -Valores médios da germinação da semente de algodão cultivar BRS Araripe feitos pelos teste padrão de germinação (TPG) e emergência e campo (EC) para o fator etapas do processo de deslincamento	79
TABELA II.21 -Valores médios do desdobramento da interação armazenamento versus etapa do processo de deslincamento para a germinação das sementes .....	80
TABELA II.22 -Valores médios de vigor do teste de primeira contagem de germinação e índice de velocidade de emergência em campo das sementes de algodão armazenadas ao longo de 300 dias em câmara seca (10°C e 40% UR) .....	81
TABELA II.23 -Valores médios do vigor das sementes de algodão determinado pela primeira contagem do teste padrão de germinação e índice de velocidade, Emergência em campo, para as etapas do processo de deslincamentos .....	82
TABELA II.24 -Valores médios do desdobramento da interação armazenamento versus etapas do processo para a variável primeira contagem de germinação da sementes da cultivar BRS Araripe .....	83

## RESUMO

Após o processo de beneficiamento do algodão, as sementes conservam uma cobertura de fibras curtas, denominada línter, que dificulta seu manejo por ocasião do plantio e da realização do tratamento fitossanitário, visto que as sementes se aderem umas às outras, originando um aglomerado que torna complexa a distribuição na linha de plantio e a eficácia do tratamento fitossanitário, além de possibilitar o transporte de pragas e doenças. Visando melhorar a qualidade das sementes para o plantio, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) instituiu Portaria proibindo a comercialização da semente de algodão com línter. O deslinteramento consiste na remoção do línter da semente de algodão, através de vários processos sendo o método químico, aquele em que se utiliza o ácido sulfúrico, o mais usual, o qual se fundamenta em colocar a semente em contato com o ácido, durante certo tempo. Porém, na região Nordeste, é notória a carência de equipamentos de deslinteramento, sendo necessário o deslocamento das sementes para a realização desse processo em outras regiões, o que onera o custo final do deslinteramento. Com o objetivo de oferecer um equipamento com alta capacidade de deslinteramento e a custo baixo, para atender aos pequenos e médios produtores de algodão do Nordeste, desenvolveu-se uma máquina deslinteradora de sementes de algodão, mecânica-química e semiautomática, com capacidade média de  $750 \text{ kg.h}^{-1}$ . Nesta, foram testadas sementes de algodão com línter em tempos de exposição (2, 3 e 4 minutos) cujos resultados demonstraram que o tempo de exposição ao ácido sulfúrico durante três minutos foi suficiente para a completa remoção do línter, fazendo com que as sementes mantivessem elevada sua qualidade fisiológica. Após o deslinteramento, estudou-se o efeito latente do deslinteramento das sementes de algodão com ácido sulfúrico sobre a qualidade fisiológica, através de três métodos de armazenamento: balcão semicriogênico, vapor de nitrogênio e câmara seca. A qualidade fisiológica das sementes submetidas ao congelamento de  $-40^{\circ}\text{C}$  e  $-170^{\circ}\text{C}$  e em câmara seca, por um período de armazenamento de 300 dias, foi avaliada por duas técnicas de descongelamento das sementes (temperatura ambiente e banho termostizado), verificando-se que, para o armazenamento de 300 dias após o deslinteramento e independentemente do método de armazenamento e de descongelamento, a qualidade fisiológica das sementes não foi afetada. Conclui-se, assim, que não existe efeito latente de perda de qualidade fisiológica das sementes de algodão cultivar BRS Araripe, devido ao deslinteramento químico.

Palavras-chave: equipamentos, sementes de algodão, ácido sulfúrico, criopreservação, descongelamento, germinação e vigor.

## ABSTRACT

After the cotton beneficiation process, seeds retain a covering of short fibers, so-called lint, which hampers their management at planting and also in performing the phytosanitary treatment, since the seeds adhere to each other, by generating an agglomerate which complicates the distribution within the row and effectiveness of the phytosanitary treatment, in addition to allowing the transport of pests and diseases. Aiming to improve the quality of seeds for planting, the Ministry of Agriculture, Livestock and Supply (MALS) established Ordinance prohibiting the trade of cotton seed with linter. The delinting consists in removing the linter from the cotton seed, through various processes but the chemical method, the one which uses sulfuric acid, is the most used, which is based on putting the seed into contact with the acid during for a time. But in the Northeast region, there is a notorious lack of delinting equipment, by needing the seeds displacement to conduct this process in other regions, which burdens the final cost of delinting. Aiming to offer an equipment with high capacity of delinting and at low cost, to meet small and medium producers of cotton from Northeast region, it has developed a delinting machine of cotton seed, chemical-mechanical and semi-automatic one with medium capacity of 750 kg hr<sup>-1</sup>. In this machine, it were tested cotton seeds with linter into exposure times (2, 3 and 4 minutes) whose results demonstrated that the exposure time to sulfuric acid for three minutes was sufficient for complete removal of lint, causing the seeds remain their high physiological quality. After delinting, we studied the effect of latent delinting of cotton seeds with sulfuric acid on the physiology quality through three storage methods: semi-cryogenic counter, nitrogen vapor and dry chamber. The physiological quality of seeds under freeze of - 40 ° C and - 170 ° C and in a dry chamber for a storage period of 300 days was evaluated by two seeds defrosting techniques (room temperature and thermostatic bath), by considering that storage for 300 days after delinting and resgadless of the storage method and defrosting, the seeds physiological quality was not affected. We conclude, therefore, that there is no loss latent effect of the cotton seeds physiological quality BRS Araripe cultivar, due to chemical delinting.

Keywords: equipment, cotton seeds, sulfuric acid, cryopreservation, defrosting, germination and vigor.

## INTRODUÇÃO GERAL

Após o descaroçamento a semente de algodão conserva uma cobertura, constituída de certa quantidade de fibras curtas, denominadas línter. Esta fração que envolve a semente pode trazer vários problemas aos cotonicultores, pois impede o beneficiamento das sementes em mesa de gravidade, serve de abrigo para pragas e agentes fitopatogênicos e retarda a emergência em função de diminuir a absorção de água pela semente. Adicionalmente, as sementes com línter tornam difícil a semeadura com semeadoras mecânicas, devido a tendência das mesmas se agregarem ocasionando má distribuição na linha de plantio e, conseqüentemente, falhas na densidade de plantas na lavoura (MEDEIROS FILHO, 1995).

Assim, a semeadura de sementes com línter aumenta o consumo de sementes por utilizar maior quantidade de sementes por metro linear, o que obriga o produtor a realizar o desbaste, que é uma operação dispendiosa. Desta forma, a operação de retirada do línter de sementes de algodão é fundamental para a obtenção de lotes de sementes com altos padrões de qualidade física, fisiológica e fitossanitária (MEDEIROS FILHO, 1995). Atualmente, para a comercialização das sementes de algodão a remoção do línter é uma prática obrigatória (BRASIL, 2005).

O deslintamento é a operação de remoção do línter das sementes de algodão podendo ser realizada através dos processos mecânico, químico e flambagem (VIEIRA & BELTRÃO, 1999). Quando se utiliza o deslintamento químico, o processo pode ser de dois tipos: por via úmida, realizado pela imersão das sementes em ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) concentrado ou diluído, e por via gasosa ou seca, quando se utiliza o ácido clorídrico (HCl) (FELIPE *et al.*, 1999).

O deslintamento das sementes pelo processo químico via úmida, utilizando-se ácido sulfúrico, é o mais eficiente e consiste em se colocar as sementes em contato com o ácido concentrado até a completa degradação do línter sendo que, após este período, as sementes passam por um processo de lavagem para remoção dos resíduos de línter e do ácido sulfúrico remanescente.

Apesar de, no Brasil, existirem diversas pesquisas com deslintamento químico de sementes de algodão, estas foram realizadas basicamente de forma manual e em

condições de laboratório. No Brasil, a maioria dos equipamentos utilizados no deslindamento de sementes de algodão é importado. Assim, é importante o desenvolvimento de um equipamento automatizado e de fluxo contínuo para deslindamento das sementes.

Esse deslindamento deve ser eficiente o suficiente para que a qualidade fisiológica do material seja preservada, pois várias são as finalidades da semente de algodão. Elas podem ser destinadas ao armazenamento por curtos períodos de tempo (produção imediata), armazenagem por períodos de tempo intermediários (entre safra) e por longos períodos de tempo (banco genético, desenvolvimento de novas variedades). Desta forma, o equipamento a ser desenvolvido deve ter a característica de não deixar sequelas nas sementes, ou seja, deve manter a qualidade fisiológica desse material.

Portanto, quando as sementes são deslindadas, principalmente por substâncias agressivas, como o ácido sulfúrico, elas podem sofrer uma alteração na sua qualidade fisiológica, incorrendo em alterações da sua germinação e vigor ou ainda o surgimento de anormalidades nos cotilédones que podem refletir na produtividade, caracterizando uma erosão genética no germoplasma. Essa diminuição de qualidade fisiológica podem ser identificadas imediatamente ou ao longo do tempo.

Décadas atrás o algodão de fibra longa era o mais desejado no mercado, tendo perdido espaço para o algodão herbáceo, em virtude de sua produtividade e lucratividade. Pesquisas para a manutenção do germoplasma atual, cuja meta é o desenvolvimento de novas sementes melhoradas, não podem deixar de ser um objetivo constante dos pesquisadores e, neste sentido, os bancos genéticos são imprescindíveis para os pesquisadores e para o País, uma vez que, hoje, o banco de germoplasma é considerado o quarto recurso natural, depois do solo, água e ar (FITZGERALD & COOKE, 1989).

Com finalidade de evitar a erosão genética das espécies e de conservar as sementes por períodos considerados indefinidos, tem-se empregado, a tecnologia criogênica, que consiste em submeter as sementes a temperaturas muito baixas, ou seja, ao nitrogênio líquido a  $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$  ou no vapor do nitrogênio a  $-170\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Contudo, antes de se criopreservar uma semente, é necessária conhecer o teor de água ideal que as sementes devem ser armazenadas a temperatura criogênica, pois se este teor de água

ideal não for determinado, as sementes podem perder sua viabilidade, durante o armazenamento criogênico, inviabilizando o uso dessa técnica.

É possível manter ou prolongar a viabilidade das sementes quando armazenadas em condições controladas de temperatura e suprimento de oxigênio. Ocorrendo redução ou interrupção dos mecanismos deletérios à semente, com perdas de metabólitos essenciais, decomposição de macromoléculas e acúmulo de metabólitos tóxicos (STANWOOD, 1985). ROBERTS (1973) atenta que os baixos teores de água há visível redução na formação de cristais de gelo nas estruturas intracelulares da semente, quando expostas às temperaturas subzero, com possíveis danos decorrentes do congelamento.

O armazenamento em vapor de nitrogênio (- 170°C) proporcionam o potencial para uma preservação sem limites de tempo, com a redução do metabolismo a níveis baixíssimo que os processos bioquímicos são significativamente reduzidos e a deterioração é virtualmente paralisada.

O armazenamento de sementes em vapor de nitrogênio pressupõe que as mesmas sobrevivem à exposição sem sofrer danos maiores à sua viabilidade, e para isso, o teor de água da semente é, provavelmente, o mais crítico fator para o sucesso da crioconservação, porque se o quantitativo de água for muito alto, tem-se a morte instatânea durante o processo de congelamento e/ou descongelamento (OSPINA *et al.*; CUNHA, 1996).

Daí, convencionou-se adotar um limite máximo de água para o congelamento ou teor de água para a crioconservação, limite crítico este, que normalmente uma faixa relativamente estreita de teor de água dentro da espécie, podendo variar entre espécies.

Assim, para o melhor desempenho e compreensão deste trabalho ele foi dividido em dois capítulos. No primeiro Capítulo o objetivo principal foi o desenvolvimento (construção), ajuste e avaliação de um deslinter mecânico-químico semiautomático para sementes de algodão, utilizando-se ácido sulfúrico para remoção do linter. No segundo capítulo estudou-se os potenciais efeitos sobre as características fisiológicas das sementes, decorrente do deslinteramento, para tanto as sementes deslinteradas foram submetidas a diferentes técnicas de armazenagem (criopreservadas em vapor de

nitrogênio a - 170°C, balcão semicriogênico a - 40°C e em câmara seca a 10°C e 40% UR) por um período de 10 meses.

# **CAPÍTULO I**

## **DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÃO DE UM DESLINTADOR MECÂNICO-QUÍMICO PARA SEMENTES DE ALGODÃO**

## I.1. INTRODUÇÃO

A região Nordeste, em particular os estados da Paraíba, Ceará, Rio Grande do Norte e Bahia, pretende estimular a cotonicultura, incorporando também, sistemas de produção e tecnologia, voltados para o pequeno e médio produtor, tornando-o um competitivo cotonicultor de fibras, como é o caso da Paraíba, que já trabalha com a agricultura familiar. Nesta região, o algodão produzido pelas pequenas propriedades é colhido manualmente o que oferece, quando esta operação é bem feita, a obtenção não só de um produto de elevada qualidade de algodão em caroço como, também, qualidade extrínseca da fibra, sobretudo a reflectância, a finura, a resistência e a fiabilidade.

Os pequenos e médios cotonicultores integrantes da agricultura familiar, com exceção daqueles organizados nas estruturas dos complexos agroindustriais e/ou no sistema de cooperativas, têm poucas possibilidades de comercializar a produção diretamente com os mercados consumidores, ou de retê-la, aguardando melhores preços.

Vendem o produto aos atravessadores que percorrem as unidades produtivas, desqualificando e pagando o preço que melhor lhes convém. Deste modo, o lucro da pequena atividade do produtor é transferido para o atravessador, que o exporta ou vende diretamente o produto para a agroindústria.

Na atualidade, o conceito de pequena produção, se tem desassociado dos conceitos de agricultura familiar, baixa produtividade, baixa produção, baixa capitalização, baixa modernização e, em alguns casos, baixa qualidade. Já existe, no Brasil, um número crescente de proprietários de pequenas áreas que se dedicam principalmente à produção de algodão e outros produtos de alto valor comercial, os quais se diferem dos pequenos produtores tradicionais por adotarem tecnologia moderna, possuírem níveis de instrução mais elevada e estarem ligados a grandes grupos e/ou cooperativas que contem usinas de beneficiamento (FREIRE *et al.*, 2000).

No Brasil, o processo de deslintamento das sementes de algodão é realizado por usinas que, na sua grande maioria, utilizam máquinas de grande porte, e requerem elevados custos de implementação e grande volume de algodão, restringindo o uso desta tecnologia a pequenos produtores, em especial, os que integram a agricultura familiar.

Através da Portaria nº 607, do MAPA, publicada em 14/12/2001 no Diário oficial da União, é proibida a comercialização de sementes de algodão com linter, em todas as regiões produtoras.

Desta forma, faz-se necessário o desenvolvimento de um deslinterador de sementes de algodão para atender aos pequenos e médios cotonicultores, especialmente os inseridos nos programas de agricultura familiar como forma de sustentar e promover a retomada desta cultura no Nordeste do Brasil.

O desempenho de uma máquina deslinteradora de sementes de algodão depende de sua operação correta, das características do equipamento e do próprio produto, não se deixando de considerar ainda os efeitos cumulativos do próprio deslinteramento.

Na avaliação dos impactos do deslinteramento das sementes de algodão, é oportuno estudar prováveis perdas de qualidade fisiológica, níveis de danos mecânicos e efeitos imediatos e latentes na sua qualidade.

JERONIMO (2005) argumenta que as sementes de algodão severamente danificadas sofrem reduções em sua qualidade fisiológica passíveis, portanto, de serem detectadas pelos testes de germinação e vigor.

Portanto, os objetivos principais deste Capítulo I é desenvolvimento de uma deslinteradora mecânica-química para sementes de algodão utilizando ácido sulfúrico.

Como objetivos específicos este trabalho realizará:

- A construção e teste de um deslinterador mecânico-químico semiautomático para remoção de linter em sementes de algodão;
- estudar o desempenho do deslinterador, ajustando a rotação dos fusos das calhas e da alimentação das sementes; ajustar a vazão do ácido sulfúrico, neutralizante e da água para lavagem das sementes;
- avaliar a qualidade fisiológica das sementes após o deslinteramento

## **I.2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **I.2.1 Importância econômica**

A cultura do algodoeiro herbáceo é de relevante importância econômica e social no Brasil e no mundo, e está entre as dez maiores fontes de riqueza no setor agropecuário brasileiro. Segundo dados do CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento (2008), esta cultura está presente em dezesseis estados brasileiros sob as mais variadas condições de ambiente e ocupa cerca de 1096,8 milhões de hectares dela se tem uma produção anual de 2441,8 mil toneladas de algodão em caroço, ou cerca de 1,6 milhões de toneladas de pluma. Em termos gerais, a oferta nacional do algodão em caroço poderá totalizar 4,0 milhões de toneladas, 2,1% (83,8 mil toneladas) superior à temporada passada, de cujo total 61,0% (2,4 milhões de toneladas) são de caroço e 39,0% de pluma (1,56 milhões de toneladas).

Além da fibra, seu principal produto, o algodoeiro produz diversos subprodutos de grande importância econômica, destacando-se o linter, que corresponde a cerca de 10% da semente do algodão; o óleo bruto em média 15,5% da semente; a torta, que é quase a metade da semente, além da casca e do resíduo (4,9% do total). Como cultura industrial o algodão tem, na sua cadeia produtiva, diversos setores que empregam e/ou fornecem ocupação, desde o campo até a indústria de confecção e, em nível de produção primária na região Nordeste, cerca de 70% do custo de produção total da cultura desta malvacea, representam mão-de-obra, o oposto das demais regiões do Brasil e dos países produtores, que empregam elevado nível tecnológico, também com grande agressão ambiental, devido ao uso significativo de pesticidas (EMBRAPA, 2003).

A cultura do algodão herbáceo representa um dos sustentáculos do semiárido nordestino, sendo muito importante para a geração de ocupação no meio rural e para a distribuição de renda, em termos de qualidade intrínseca, é um dos melhores do mundo, com grau de reflectância dos mais elevado.

Cumprir também destacar a relevância dos empregos gerados pelo cultivo do algodão herbáceo no âmbito da agricultura familiar. Com base em coeficientes técnicos dos sistemas de produção de algodão herbáceo praticados no semiárido nordestino,

estimou-se que a cada três hectares plantados é ofertado um emprego direto. O Estado da Paraíba produziu, na safra 2007/2008, 4,1 mil toneladas de algodão em caroço, em uma área de 6,8 mil hectares, apresentando 113,3% de incremento da produção em relação à safra anterior, Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2008).

### **I.2.2 Mercado brasileiro**

O Brasil é o quinto maior produtor e um dos maiores exportadores mundiais de algodão em pluma. Desde a safra 2007/08 vem ocupando a quarta colocação no *ranking* mundial de exportação, com mais de 50% das vendas concentradas em três destinos: Paquistão, Indonésia e Coréia do Sul. Apesar das várias ações governamentais para reduzir custos (via diminuição da carga tributária incidente nos insumos) e melhorar fluxo de caixa do produtor e, assim, contribuir para o incremento da produção e do patamar exportado, é quase consenso, entre as entidades ligadas ao setor, a previsão de que a cotonicultura brasileira deverá recuar nas safras 2008/09 e 2009/10.

As dificuldades que a crise econômica atual impõe, apenas intensificam o quadro de problemas enfrentados pela produção de algodão no Brasil. Além de se tratar de um cultivo mais dispendioso que outras grandes culturas, a cotonicultura brasileira enfrenta a concorrência de produtos acabados (fios e tecidos) provenientes da Ásia e, como resultado deste quadro de problemas, a área plantada com algodão vem diminuindo nas últimas safras e, conseqüentemente a produção. A área plantada para a safra de 2008/09 é 20,6% menor que a área da safra anterior e a projeção de produção para esta safra é 22% inferior que o volume produzido em 2007/08; na safra 2007/08, 1,08 milhão de hectares foram plantados com algodão; em 2008/09, a área plantada está em 0,86 milhões de hectares. Em termos de produção, foram colhidos 4,1 milhões de toneladas de algodão em caroço na safra 2007/08, devendo ser colhidos apenas 3,2 milhões de toneladas na safra 2008/09. Ressalta-se que o levantamento mais atual da Companhia Nacional de Abastecimento CONAB (de março de 2009) indica números menores, tanto para a área quanto para a produção de algodão em caroço, que o levantamento anterior (de fevereiro de 2009).

Grandes retrações estão sendo observadas nos cultivos estaduais de algodão. No Mato Grosso, o recuo da produção deverá ser de 30% fazendo com que a produção caia de 2,1 milhões de toneladas de algodão em caroço na safra anterior para 1,5 milhão de toneladas nesta safra (2008/09).

Esta queda fará com que a participação relativa do estado se desloque de 51,8% para 46,7% da produção nacional. Na Bahia, a retração é menos contundente, mas bastante relevante: de 1,3 milhão de toneladas no ano passado para 1,1 milhão de toneladas de algodão em caroço no corrente ano. Como se trata de uma queda relativamente menor que a média brasileira, a participação relativa da produção baiana no conjunto nacional se eleva de 30,5% para 35,5%.

De modo geral, essas quedas estão sendo acompanhadas de reduções na produtividade média dos cultivos. No Brasil, a produtividade média caiu 2,2%, enquanto nos estados do Norte e Nordeste a redução média foi de 4,7%. Na Bahia, a retração deverá chegar a 4,9%. As razões para tal situação dizem respeito aos já comentados problemas pelos quais passam a cotonicultura brasileira, aliados a um dispêndio menor com insumos (fertilizantes, pesticidas etc.) por parte dos produtores preocupados com a baixa rentabilidade do negócio.

Uma vez que o plantio desta cultura está encerrado e atravessa os estágios de desenvolvimento vegetativo e floração em boas condições, não se especulam variações significativas nas projeções até então elaboradas para a safra 2008/09. Para as próximas safras, no entanto, os preços mais baixos que ora vigoram nos mercados internacional e nacional, certamente colaborarão para que o cultivo permaneça em movimento de retração (esta posição contrária a projeção do Comitê Consultivo Internacional do algodão-ICAC, que prevê estabilidade).

Diante das pequenas margens de rentabilidade da cotonicultura ou mesmo das margens negativas, a política de subvenção do governo se tem constituído em um mecanismo importante para garantir algum retorno ao produtor. Em 2008 o governo investiu cerca de R\$ 550 milhões no apoio à comercialização de um milhão de toneladas de algodão em pluma (pouco mais de 60% da produção brasileira da *commodity*). Os produtores baianos receberam R\$ 172 milhões desse montante (equivalente a 31,3% de toda a subvenção). Para 2009 o preço mínimo vigente pela Companhia Nacional de Abastecimento CONAB é de R\$ 44,60/arroba, o que tem permitido assegurar uma margem de rentabilidade melhor para os produtores, já que o preço do algodão na *BOVESPA S.A.* – Bolsa de Valores, Mercadorias e Futuros, fechou o mês de fevereiro na casa dos R\$ 37,00/arroba.

### **I.2.3 Produção do algodão na Paraíba**

Com seu cultivo tradicional, a Paraíba não resistiu aos constrangimentos das políticas protecionistas nem ao choque da abertura comercial de 1990. As pequenas e médias propriedades descapitalizadas com um quadro de organização do mercado, dificuldade de crédito e baixo nível de associação dos produtores, não tiveram meios para reagir a esta nova realidade. Até então, nota-se a ausência de alternativas agrícolas capazes de compensar a renda e os empregos perdidos pela evasão dos campos de algodão (BARRETO, 2000).

TOLLINI (2003) atribui a queda na produção do algodão a dois fatores: o primeiro, relacionado com a elevação de custos no controle da praga conhecida como “bicudo” e o segundo, em função da redução drástica nas tarifas de importação de 55%, até o ano de 1987, para 10% em 1988 e 1989 e a zero (0%), entre 1990 e 1994; nos anos seguintes subiram para 1%, 3%, 6% e 8% enquanto em 2001 as alíquotas passaram de 8,5% para 10%, cuja taxa continua em vigor. Como consequência dos fatores mencionados, a participação da produção estadual no contexto regional e nacional apresentam variações.

Verifica-se que no estado da Paraíba a produção de algodão em pluma, em termos de participação em nível regional, apresentou melhores indicadores nos anos de 1990 e 1999 com percentuais de 11,14% e 10,62%, respectivamente; em 1994/ 95/ 96, observam-se participações superiores a 8% e inferiores a 10% enquanto nos demais períodos as participações oscilaram de 6,43% a 1,29% (CONAB, 2005).

Exibi-se, em relação ao quadro nacional, uma participação modesta que, nos anos 1990/91/93/94/95/96/99 oscilou, com percentuais entre 1,17% a 1,93%; nos demais períodos os percentuais variaram entre 0,11% e 0,56%. Apesar da pequena participação no cenário regional e nacional, verifica-se tendência de aumento da produção nos anos de 2002 a 2004, em relação aos anos de 2000 e 2001.

No estado da Paraíba o algodão é produzido em quatro regiões: Sertão, Borborema, Agreste e Mata, dentre as quais o Sertão se destaca como o maior produtor, seguido do Agreste e da Borborema (IBGE, 2005). A cotonicultura praticada no estado da Paraíba é caracterizada pela grande variação da produtividade que, provavelmente, é influenciada pela utilização de baixa tecnologia e, sobremaneira, por ser um cultivo dependente de precipitação pluvial.

O crescimento da safra de grãos 2007/2008 da Paraíba foi a segunda maior do País perdendo apenas para o Ceará; mesmo assim, a produção do Estado continua sendo uma das menores do Brasil. No período 2007/2008 os agricultores paraibanos colheram 229 mil toneladas em grãos e ficaram apenas na 19ª colocação nacional, cujos dados são da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), que divulgou o balanço final da última safra; o crescimento foi de 79,3% em comparação ao período 2006/2007.

A produção de algodão em 2009 deverá ser maior que a de 2008 devido ao bom inverno. Em 2008 a safra atingiu 2.550 toneladas em 3,5 mil hectares. Os agricultores paraibanos colheram 2.550 toneladas de algodão de sequeiro (cor branca, variedades 7H e 8H), em 2008 distribuídos em 3.605 hectares. Neste ano de 2009 a previsão é de que a produção pode apresentar aumento em virtude do bom inverno e a área plantada poderá atingir até seis mil hectares resultando em uma colheita em torno de 5.400 toneladas (SECRETARIA de Agropecuária e Pesca da Paraíba, 2009).

Dados referentes à área plantada e à produtividade são de suma importância ao planejamento estadual para o ano agrícola seguinte. As informações sobre o estoque regulador, o consumo, a oferta e os preços obtidos, são essenciais para o estabelecimento de políticas agrícolas que visam propiciar aos pequenos produtores rurais, as condições necessárias para produzir *commodities* em um mercado exigente e competitivo.

#### **I.2.4 Consumo industrial do algodão no Estado da Paraíba**

Segundo BARRETO (2000), estatísticas da Secretaria de Indústria e Comércio da Paraíba, relativas à produção industrial de 1970, revelam que os derivados do algodão (pluma, fios, tecidos, sacos, caroço, óleo, torta) eram responsáveis por 45% de todo o valor da produção industrial do estado da Paraíba. O mesmo autor confirma, ainda, que as grandes empresas que compõem o parque têxtil do estado, na linha de algodão, estão localizadas nos distritos industriais dos aglomerados urbanos de João Pessoa e Campina Grande. Em João Pessoa está localizada a NORFIL, com capacidade anual de fiação de 14,4 mil toneladas. As empresas FIMASA e FICAMP (Alhandra - PB), COTTON e FIAÇÃO PATAMUTÉ (Cajazeiras, PB), e ainda em João Pessoa, a BRATESTX, CITE X, CATE X e SOARES DE OLIVEIRA, possuem capacidade de produção de fios superior a 4 mil toneladas anuais.

Segundo a CONAB, o consumo industrial de algodão da Paraíba passou de 12,5 mil toneladas de plumas, em 1992, para 48,1 mil toneladas em 1998, representando um acréscimo de 384,8% no período mencionado.

para atender à demanda do parque têxtil. Enquanto a demanda aumentou 284,8% no período de 1992/1998, em 1992 a produção estadual de 7,8 mil toneladas foi reduzida para 800 toneladas e em 1998 representou uma retração na oferta da ordem de 89,74% para o período referido.

Em 2000 o grupo COTEMINAS inaugurou a EMBRATEX, em Campina Grande, PB, situando-se no rol das maiores indústrias têxteis do Brasil, com um consumo de 108 mil toneladas de pluma por ano (ANUÁRIOS BRASILEIROS DO ALGODÃO, 2001). Em termos de consumo industrial em relação ao ano de 1998, representa um incremento de 225% no consumo do estado da Paraíba; atualmente, representa 27% do consumo da região nordeste e cerca de 12,0% do consumo nacional.

De acordo com BARRETO (2000), a Paraíba vive um paradoxo; por um lado, apresenta um crescimento extraordinário do parque têxtil e, por outro, oferece ainda uma produção de algodão incapaz de suprir a demanda industrial. O mesmo autor enfatiza, ainda, que a importância do algodão para a economia agrícola estadual se deve ao fato do setor fornecer a matéria-prima necessária para o parque têxtil, visando à redução da dependência de importações e promovendo a produção agrícola, que é uma significativa fonte geradora de empregos diretos e indiretos.

Pelos dados da FIEP (2005), o estado da Paraíba importou, em 2003, o montante de US 54,1 milhões. As principais empresas importadoras são as têxteis: Embratex e a Norfil, com cerca de US 19,2 milhões, representando 35,49% do total das importações do estado.

### **I.2.5 Máquinas para o deslintamento de sementes de algodão**

Para o desenvolvimento de uma máquina deslintadora de sementes de algodão, faz-se necessário o conhecimento de outras máquinas desenvolvidas por pesquisadores no Brasil e no mundo, passando pelos mecanismos mais rústicos a outros mais elaborados, a avaliação dos componentes utilizados na sua confecção, a capacidade operacional, a eficiência do deslintamento, a percentagem de danos nas sementes e as dimensões dos equipamentos, além do estudo dos métodos de deslintamento existentes.

O beneficiamento de sementes de algodão é uma das fases mais essenciais no processo produtivo do algodão uma vez que melhora a aparência do produto, conferindo-lhe maior valor de mercado. Para tanto, tem-se pesquisas dos diversos tipos de máquina beneficiadora de sementes, seja por acionamento manual ou a motor.

O primeiro beneficiamento de sementes ocorreu pela separação manual da fibra e da semente de algodão, sendo que as primeiras máquinas separadoras surgiram na Índia, denominadas “Churka”, compostas de dois rolos pequenos, postos em paralelo, que se moviam em direções opostas e eram acionados manualmente ou por pedais, sendo consideradas precursoras dos descarçadores de rolo.

A invenção da descarçadora de algodão, por Eli Whitney (1765-1825), revolucionou a indústria do algodão. A descarçadora de Whitney é uma máquina que automatiza a separação da semente e da fibra de algodão. O órgão principal desta máquina é um cilindro de madeira no qual estão inseridos ganchos de ferro para extrair a fibra das sementes, auxiliado por outro cilindro de escovas para completar a operação. Até a invenção de Whitney a separação das sementes era manual, requerendo o uso intensivo de mão-de-obra.

O desempenho do cultivo do algodoeiro está relacionado com a qualidade fisiológica das sementes. Os descarçadores de sementes de serra e as máquinas de rolo, não realizam a retirada do línter das sementes necessitando-se, portanto, de máquinas que tenham maior desempenho na retirada do línter, para sua melhor qualidade fisiológica.

A *Worldwide Inc* desenvolveu uma deslinteradeira *Cantrell* de 200 serras com completo ajuste manual do acionamento do eixo de serras, com: cilindros amortecedores duplos de movimentação do costelado (promovem equilíbrio na abertura e fechamento fora do corredor de operação, prevenindo danos), dispositivo de limpeza do costelado (que evita o embuchamento do mesmo), motores em locais de fácil acesso (permitindo ventilação e evitando superaquecimento dos motores), polia das serras de alumínio robusto (que permite fácil remoção - 28 lbs), câmara de carga aumentada (produzindo elevação de peso no flutuador, que promove um corte mais uniforme do línter) e baixo perfil e protetores de acionamento em chapa.

No Brasil, as máquinas que promovem o deslintamento de sementes de algodão via úmida, são equipamentos de grande porte, com alta capacidade operacional e de elevado custo aquisitivo. Considerando-se que a área de cultivo de algodão no Nordeste se compõe, basicamente, de pequenos produtores, com recursos econômicos escassos, a disponibilidade de equipamentos de baixo custo é inexistente.

A Embrapa Algodão utiliza o processo de deslintamento manual, em que as sementes com linter são adicionadas a uma betoneira com capacidade de 100 kg/h de sementes deslintadas. O processo de deslintamento é feito com a betoneira em movimento. As sementes são expostas ao ácido (na proporção de um litro para cada sete quilos de sementes), no tempo de aproximadamente três a cinco minutos e em seguida, lavados e secados ao sol. O abastecimento do ácido sulfúrico é realizado manualmente misturando-se o ácido à semente; entretanto, a manipulação de ácido sulfúrico é extremamente perigosa, pois, em contato com a pele, causa irritações e lesões. Os vapores por ele produzidos também são tóxicos e o operador necessita parar a betoneira para retirada e lavagem da semente deslintada, ocorrendo queda na capacidade operacional.

### I.3. MATERIAIS E MÉTODOS

O desenvolvimento e a confecção do deslizador mecânico-químico de sementes de algodão foi realizado na empresa de máquinas Ariús, indústria de Campina Grande PB, com tradição no desenvolvimento de equipamentos para o beneficiamento de algodão, dispondo de toda a infraestrutura de máquinas industriais e de pessoal necessário ao desenvolvimento do projeto. Utilizaram-se, para determinação das propriedades físicas das sementes, os Laboratórios de Fibra e de Sementes, da Embrapa Algodão, em Campina Grande, PB.

A máquina constitui-se dos seguintes componentes: alimentador de sementes de algodão, chassi para suporte da máquina, elevador de canecas, reservatório regulador da quantidade de sementes, polias lisas, engrenagens e correntes para acionamento dos fusos, reservatório alimentador de ácido sulfúrico, bombas alimentadoras do ácido sulfúrico e neutralizante, motores de acionamento dos fusos e elevador, calhas transportadoras dos fusos, fusos transportadores das sementes, reservatório para o neutralizante, correntes para acionamento das engrenagens (Figuras I.1 e I.2).

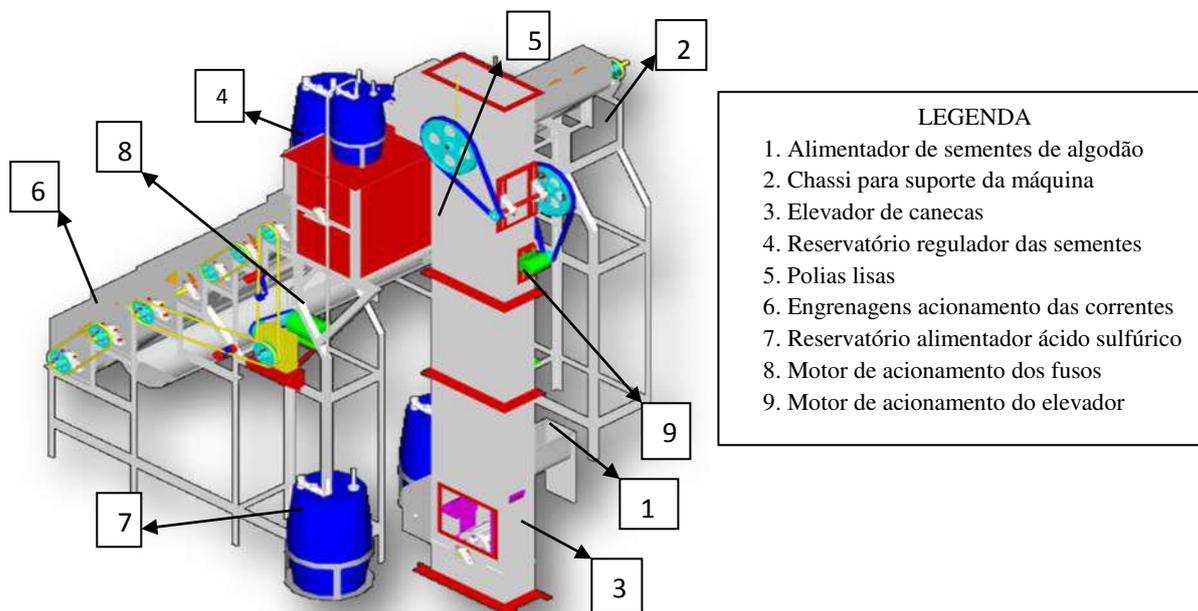


FIGURA I.1: Vista posterior da máquina deslizador de sementes de algodão

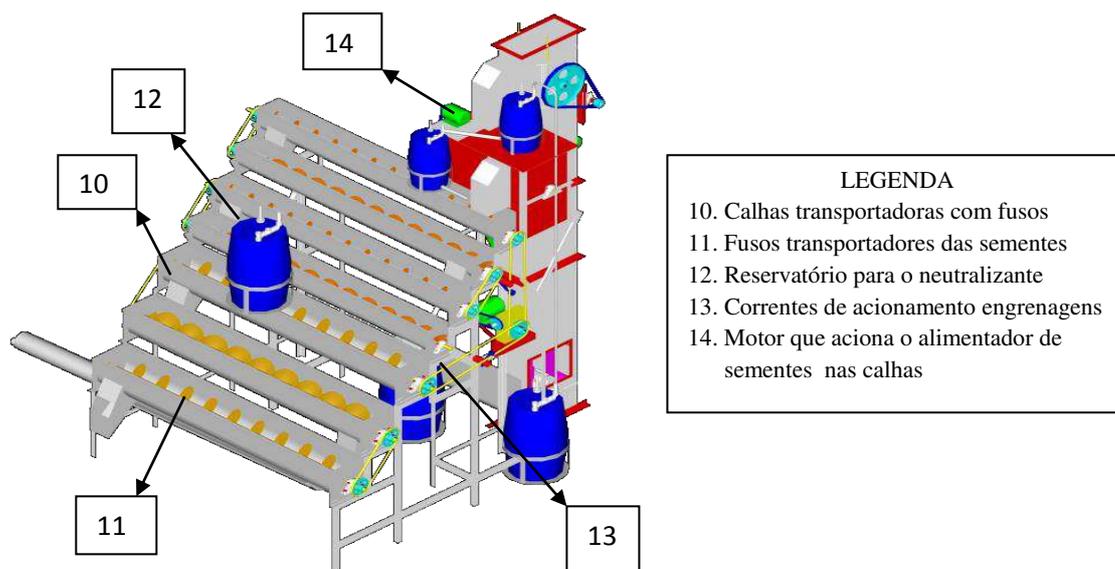


FIGURA I.2: Vista frontal da máquina deslindadora de sementes de algodão

### I.3.1 Desenvolvimento e montagem da máquina

O desenvolvimento e a montagem da máquina deslindadora foram realizadas de acordo como projeto exposto nas Figuras I.1 e I.2. Inicialmente foi confeccionado um chassi (Figura I.3) construído em cantoneira de aço tipo L de 50,8 x 6,3 mm e chapa de aço de 32 mm. Os desenhos de cada componente e seu funcionamento são apresentados e descritos na continuação (todos os desenhos estão em escala de 1:20 mm).

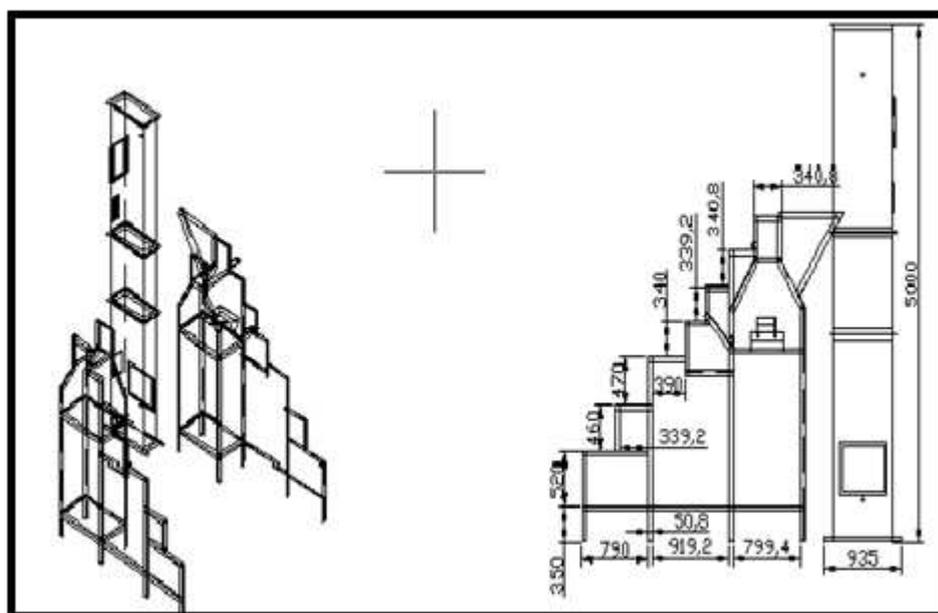


FIGURA I.3: Estrutura de ferro para sustentação dos componentes da máquina

O sistema de alimentação é composto de uma calha alimentadora com fuso (Figura I.4) constituída de chapa de aço de 2 mm, que é o reservatório para recepção das sementes a serem introduzidas no elevador de aço de 3,2 mm, dotado de canecas de 1,6 mm, para transporte das sementes até o reservatório de recepção e duas polias de 10 cm para acionamento do fuso e das canecas

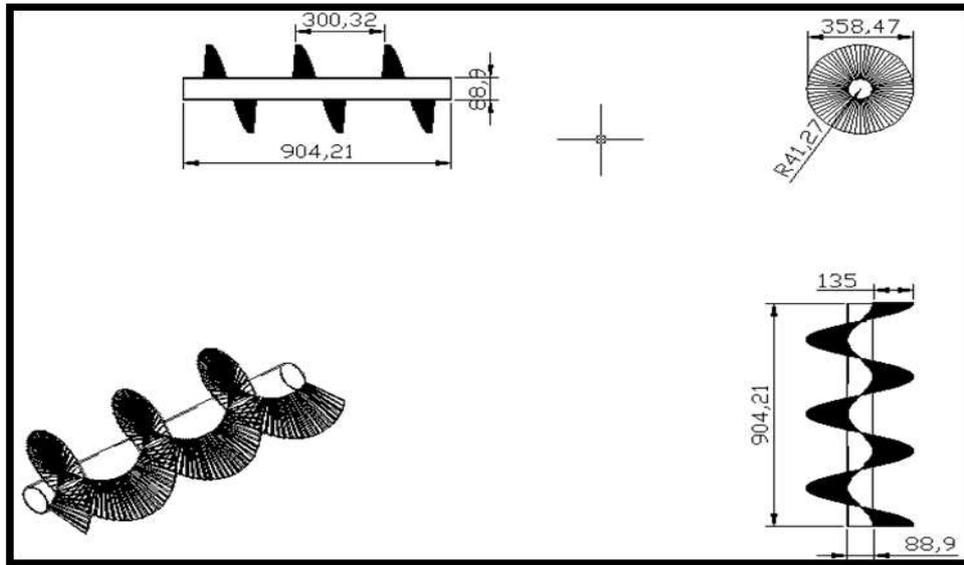


FIGURA I.4: Calha com fusos alimentadores de sementes

Moega reguladora composta de cilindros reguladores de vazão das sementes a ser introduzidas na primeira calha de deslincamento (Figura I.5), proporcionando distribuição contínua e uniforme das sementes de algodão, construída com chapas de aço de 1,6 mm. Localiza-se na parte superior da máquina.

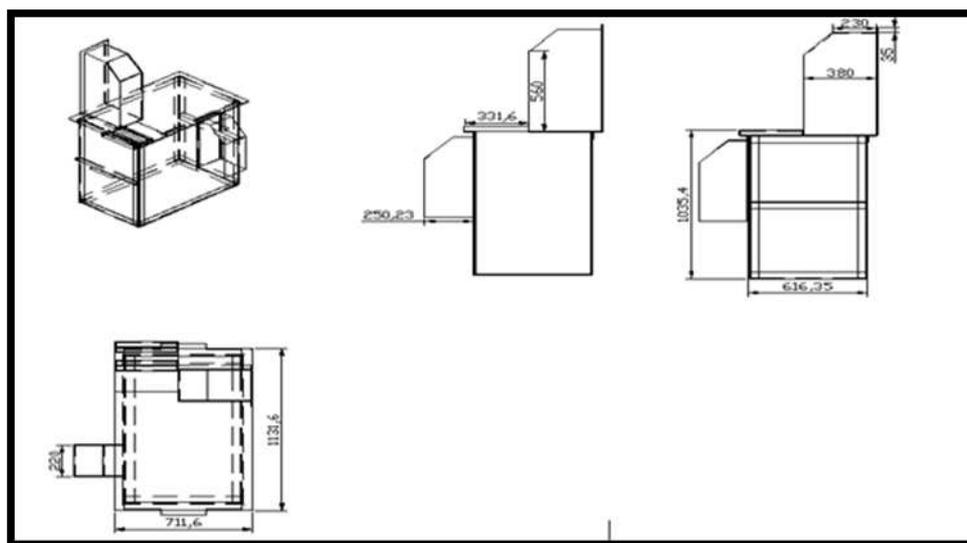


FIGURA I.5: Moega reguladora com cilindros para uniformizar a vazão de sementes

Calhas transportadoras das sementes de 3 m de comprimento (Figura I.6), construídas com chapa de aço de 3,17 mm, dotadas de **fusos mecânicos** que, ao girar, misturam e homogeneízam o ácido na semente (calhas 1, 2 e 3), além de agitar a mistura no transcurso das sete calhas. Duas são calhas dotadas de fusos e pequenos orifícios na parte inferior para dar vazão à água de lavagem das sementes.

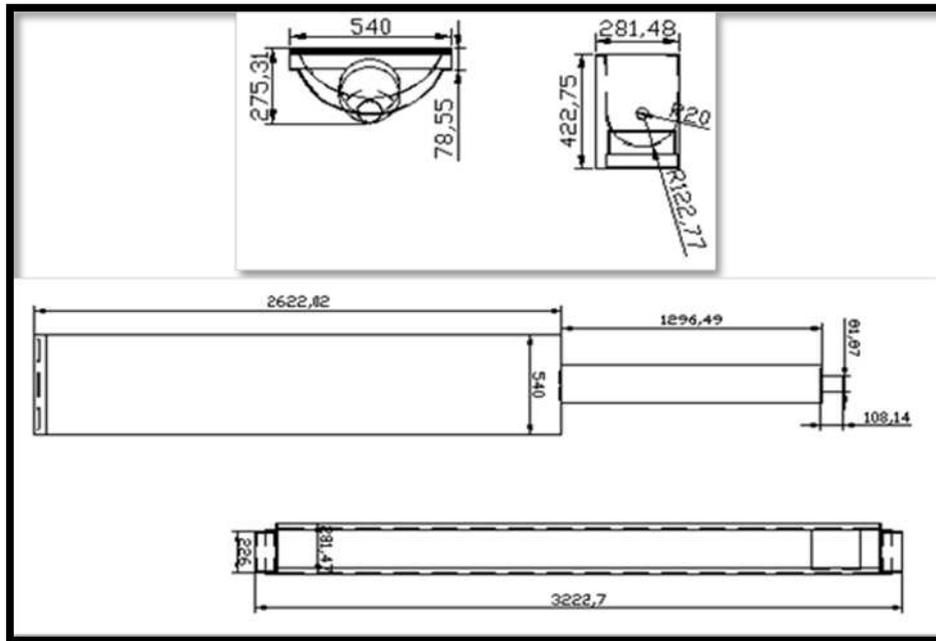


FIGURA I.6 – Calhas transportadoras de sementes

Redutor de velocidade tem como finalidade reduzir a rotação proveniente do motor de acionamento para movimentar os eixos dos fusos das calhas (Figura I.7)

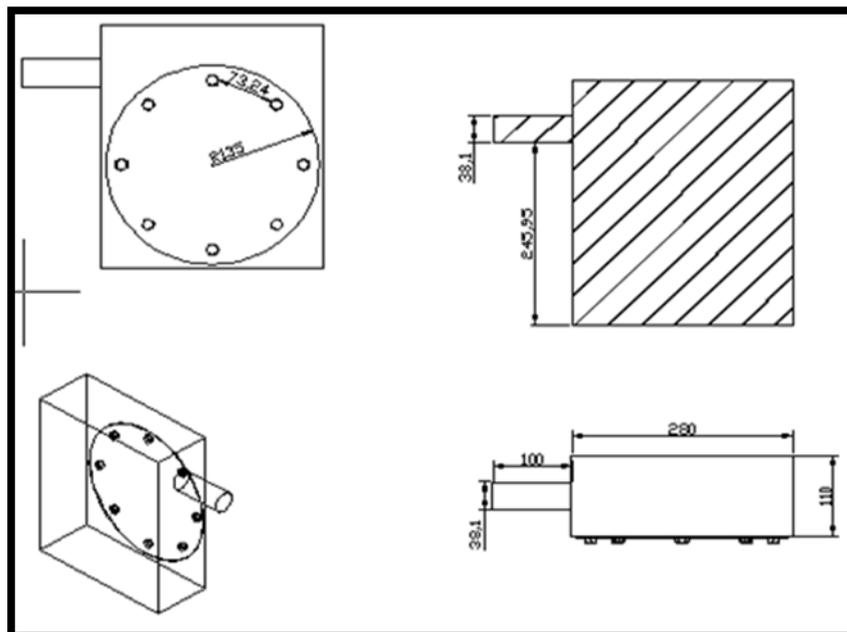


FIGURA I.7: Redutor de velocidade

No sistema de acionamento, que fica na parte posterior da máquina, se encontram o motor elétrico (Figura I.8) de 3 cv, montado em uma base através de parafusos ao chassi da máquina, para acionamento dos fusos das calhas, dois motores de 2 cv, montados em cima da moega alimentadora, para acionamento do sistema de alimentação e das canecas do elevador.

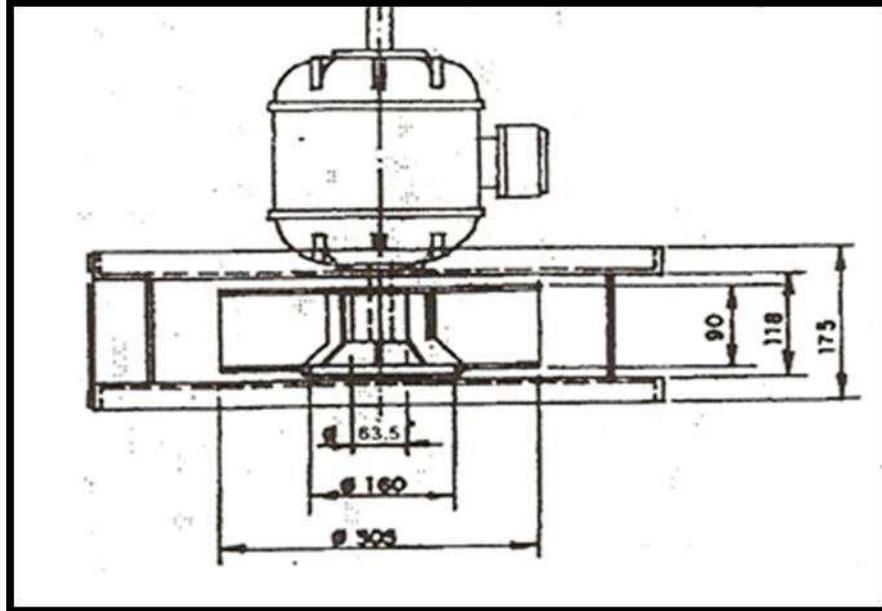


FIGURA I.8: Motor elétrico para acionamento dos fusos.

Engrenagens de aço, de passo de 1/2 e de 5/8 polegadas, com 30, 41, 43,48 e 58 dentes para o acionamento dos fusos (Figura I.9).

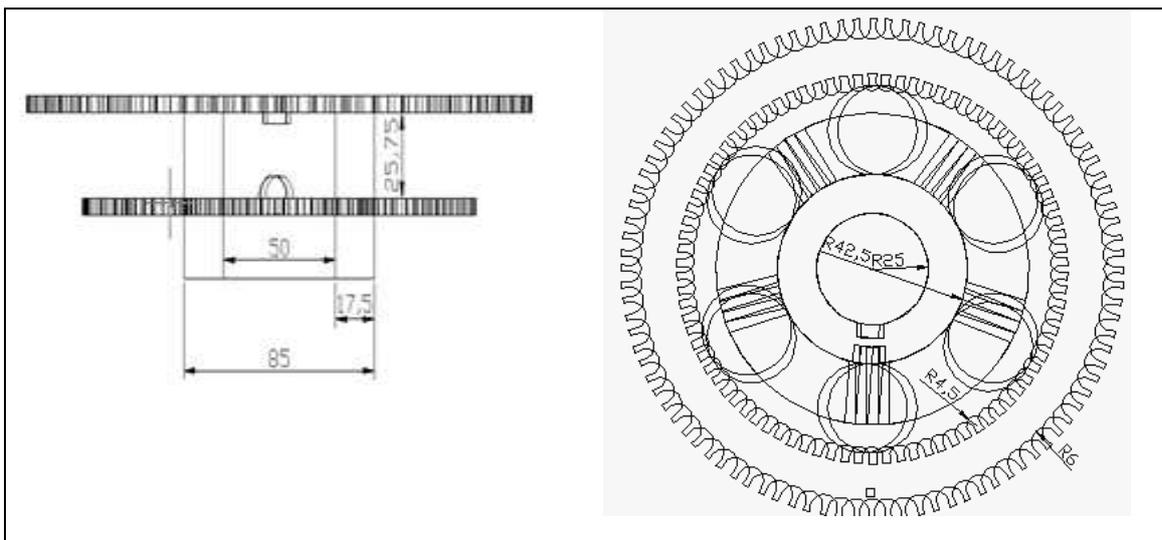
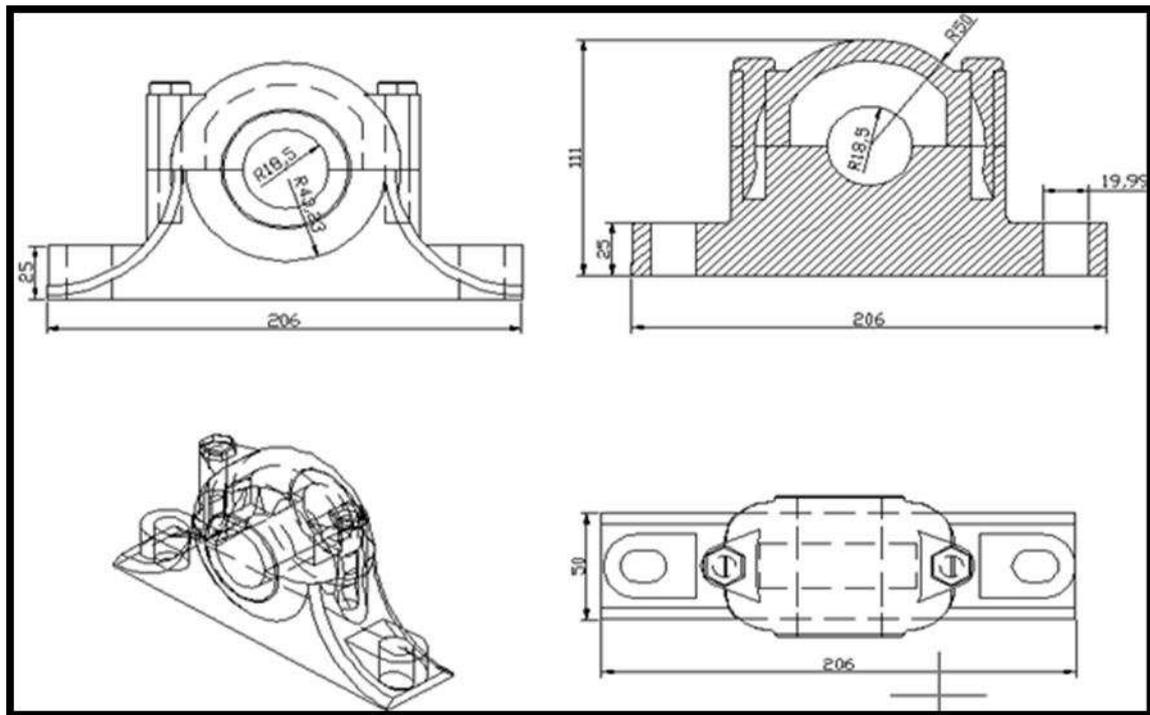


FIGURA I.9: Engrenagens para funcionamento dos fusos transportadores das sementes a serem deslintadas

Mancais de rolamento, sendo seis da marca SN – 511 e quatorze SN 509, com bucha cônica (Figura I.10).



FIGURA

I.10: Mancais de rolamento

O sistema de transmissão se compõe de 3 polias motoras de 10 cm e duas que ligam o fuso e o elevador canecas (Figura I.11) e de três polias lisas de 60, 50 e 40 cm de ferro fundido, com a finalidade de transmitir a potência do motor para o sistema de deslincamento, correias do tipo trapezoidal em número de seis, para acionamento, apresentando as seguintes referências: B - 58 (correia da polia movida) e B - 87 e B - 94 (correia da polia motora) e B - 43, com três volantes e duas polias.

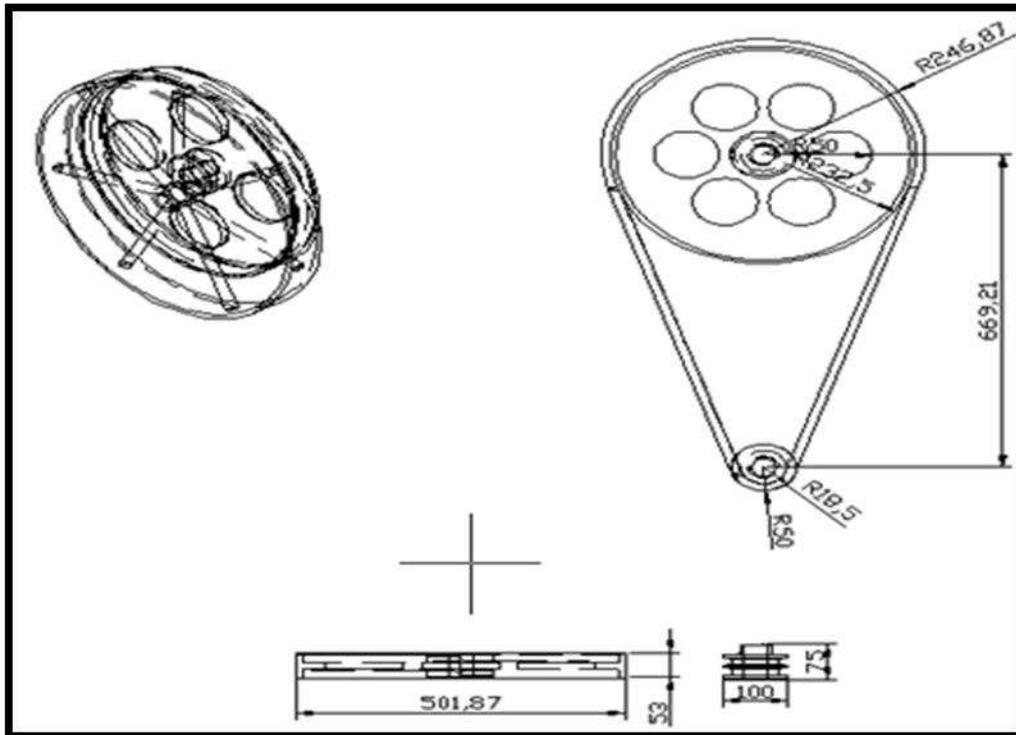


FIGURA I.11: Polias motoras com correias trapezoidais

O sistema de alimentação do ácido sulfúrico e da barrilha fica na parte traseira da máquina, onde também se encontram uma bomba centrífuga, série BC-30, outra de motor monofásico de 1/4 cv, CAM-W4CP. TERM. e dois depósitos de PVC (Figura I.12), com capacidade para 200 litros cada um.

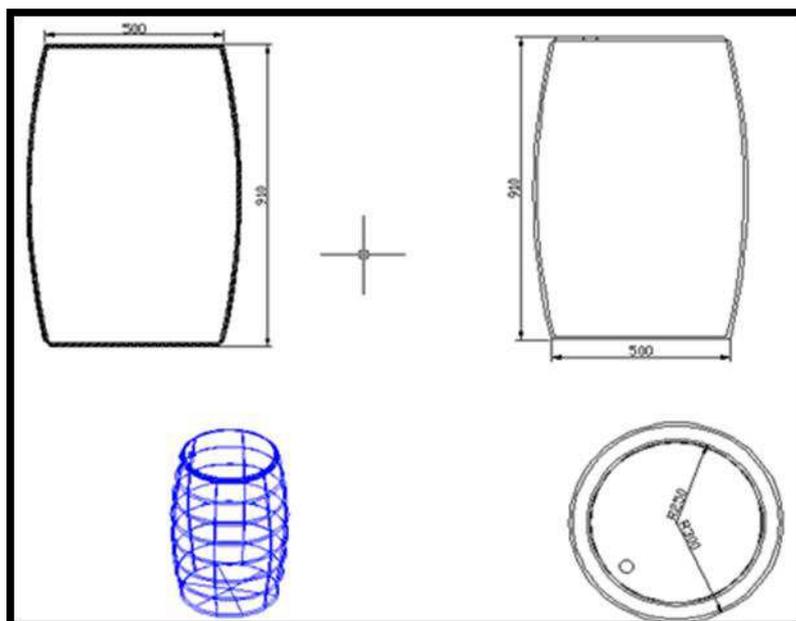


FIGURA I.12: Depósitos de plástico para alimentação do ácido sulfúrico e da barrilha

### I.3.2 Dimensionamento da máquina deslindadora de sementes de algodão

Os motores elétricos foram dimensionados levando-se em consideração as condições de funcionamento do equipamento com e também sem carga. Inicialmente, mediu-se a tensão entre as fases, através de um voltímetro multitester, Yufong YF – 370 encontrando-se, como valor máximo, 370 volts; depois, com um alicate amperímetro, marca ENGRO, modelo AOV – 300 foi medida a corrente de alimentação da máquina com e sem carga.

Trabalhando-se com valores máximos de corrente e de tensão entre fases, calculou-se a potência dos motores de acionamento, pela equação:

$$\text{Potência} = \frac{3.I.V.R.F_p}{746} \quad (1)$$

em que:

I = Corrente em ampères

V = Voltagem em volts

F<sub>p</sub> = Fator de potência

R = Rendimento em percentagem

Os valores trabalhados para corrente elétrica foram de 3,0 e 5,0 ampères para a máquina com e sem carga, respectivamente, e a potência do motor calculada para os valores máximos de correntes (I = 5,0 A) e da tensão entre fases de V = 370 volts, adotando-se um fator de potência de 80%, calculado por:

Potência = 2,86 HP = 3 cv

Potência = 1,61 HP = 2 cv

As bombas centrífugas para a alimentação do ácido sulfúrico e barrilha, foram dimensionadas levando-se em consideração as condições de funcionamento da máquina com e sem carga. Inicialmente, mediu-se a tensão entre as fases, através de um voltímetro multitester, marca Yufong YF – 370 encontrando-se, como valor máximo, 370 volts; depois, com um alicate amperímetro, marca ENGRO, modelo AOV – 300, foi medida a corrente de alimentação da máquina com e sem carga.

Trabalhando-se com valores máximos de corrente e da tensão entre fases e se adotando um fator de potência de 80% e o rendimento de mesmo valor, calculou-se a potência de cada bomba centrífuga.

Potência = 0,24 HP = 0,25 cv

Potência = 0,48 HP = 0,5 cv

A velocidade dos fusos que transportam as sementes através das calhas foi medida com um tacômetro digital da marca MIVIPA AMOT 2244, nos eixos dos fusos, com a máquina operando com carga e também sem carga e feito, experimentalmente, com um varimot de 5 cv, determinando-se as velocidades dos fusos para cada tempo de deslntamento das sementes de algodão.

Para o deslntamento ser realizado com eficiência, sem reduzir a qualidade fisiológica das sementes, o protótipo foi testado experimentalmente e se realizaram os ajustes no tempo de permanência das sementes em contato com o ácido sulfúrico e dimensionados a alimentação de sementes, a vazão de água de lavagem, o ácido sulfúrico e neutralizante.

Inicialmente, ajustou-se o protótipo para a obtenção dos tempos de exposição ao ácido sulfúrico de 2, 3 e 4 minutos, o que se constituiu nos tratamentos de deslntamento no equipamento.

Visando à obtenção das velocidades de passagem das sementes nas calhas 1, 2 e 3, que correspondem às calhas em que o ácido sulfúrico ficou em contato com as sementes, verificou-se o seu tempo de passagem. Para determinação desse tempo, uma amostra de sementes foi pintada com tinta azul e adicionada às demais sementes. Deste modo, o tempo de percurso das sementes nas três calhas foi determinado por meio de um cronômetro digital e a rotação das calhas 1, 2 e 3 foi medida através de um tacômetro digital. Com o tempo de passagem e a rotação dos fusos determinados e se considerando que as sementes se deslocam nas calhas, com velocidade proporcional à rotação da rosca sem-fim (fuso mecânico) presente nas calhas, fez-se o cálculo da rotação dos fusos e também o dimensionamento das engrenagens necessárias à obtenção dos tempos de passagem de 2, 3 e 4 minutos.

Fez-se o dimensionamento do número de dentes das engrenagens através da equação:

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{Z_2}{Z_1} \quad \text{em que:} \quad (2)$$

$n_1$  é a rotação do eixo motor (rpm)

$n_2$  é a rotação do eixo movido (rpm)

$Z_1$  é o número de dentes da engrenagem motora (nº. dentes)

$Z_2$  é o número de dentes da engrenagem movida (nº. dentes)

Com a equação apresentada acima foram realizadas simulações no software Broffice Calc® para obtenção das combinações de engrenagens movida e motora de tamanho adequado, que promovessem o menor número de substituições das engrenagens para obtenção das rotações desejadas.

Após o dimensionamento das engrenagens e obtenção das rotações adequadas dos fusos, realizou-se o dimensionamento da alimentação de sementes suportada pelas calhas em cada tempo de passagem das sementes pelo ácido (tratamento). A alimentação do equipamento foi feita de tal forma que as calhas não ficassem subutilizadas pela pequena quantidade de sementes presente nas mesmas nem sobrecarregadas, o que poderia causar o extravasamento de sementes na parte superior da calha ou até mesmo sobrecarregar os fusos e o motor que os aciona. Para o dimensionamento da alimentação testes empíricos foram realizados através da medição do tempo gasto para o consumo de 10 baldes contendo 6,25 kg de sementes com línter, através de observação visual e repetidos até a obtenção da alimentação adequada para cada tratamento. Os resultados foram expressos em quilo por hora.

Utilizou-se ácido sulfúrico comercial a 98%, o qual apresentava densidade de 1,84 kg por litro. O mesmo foi injetado na massa de sementes no início da primeira calha, permanecendo em contato com as sementes durante o percurso das três primeiras calhas, sendo o tempo de exposição ao ácido variável de acordo com as rotações dos fusos. O ácido sulfúrico foi armazenado em reservatório com capacidade de 200 L na parte inferior do protótipo e bombeado com bomba própria para ácido, até um reservatório regulador de vazão, localizado sobre a primeira calha. No reservatório regulador de vazão o nível do ácido sulfúrico foi mantido constante por meio de um extravasor, que permitiu que o excesso de ácido bombeado retornasse ao reservatório principal. O

extravasor foi instalado 31 cm acima do bico dosador de ácido, permitindo a manutenção de carga hidráulica constante.

O bico dosador foi confeccionado em cano de PVC com diâmetro de 20 mm e número variável de orifícios com 2,5 mm de diâmetro, os quais faziam a dosagem do ácido a ser aspergido sobre as sementes. Determinou-se uma curva de vazão do ácido sulfúrico por meio da confecção de bicos dosadores com 1, 2, 3, 4 e 5 orifícios de 2,5 mm de diâmetro. Coletaram-se, para a determinação da vazão, três repetições do ácido sulfúrico provenientes de cada bico dosador, em bandeja plástica, durante 30 segundos, sendo o volume determinado em proveta graduada e expresso em litros por minuto. Com a curva de vazão do ácido sulfúrico determinada, ajustou-se a vazão através da troca do bico dosador com número de orifícios que permitisse vazão de aproximadamente 1 litro de ácido a cada 6,5 kg de sementes, de acordo com a alimentação previamente dimensionada em cada tratamento.

Após a ação do ácido as sementes foram descarregadas na quarta calha do equipamento para lavagem em água corrente e, assim, se retirar, da mistura de água, ácido sulfúrico e os resíduos de línter. Esta calha possui fundo perfurado com crivos de 2,5 mm de diâmetro, os quais são de diâmetro inferior ao das sementes, impedindo sua passagem e permitindo o escoamento do fluido constituído pela mistura de ácido sulfúrico, água e borra. A água para lavagem foi injetada sobre as sementes no decorrer dos dois terços iniciais da extensão da quarta calha. Instalou-se, para injeção da água de lavagem, um cano de PVC com diâmetro de 50 mm sobre a extensão da calha, este cano de PVC possuía, em sua parte inferior, 3 fileiras de 200 orifícios com 2,5 mm de diâmetro para o escoamento da água e injeção sobre as sementes para a lavagem. A vazão da água de lavagem foi determinada cronometrando-se o tempo necessário ao enchimento de baldes de 20 litros enquanto a vazão obtida foi expressa em litros por hora.

Utilizou-se como neutralizante uma solução com carbonato de sódio a 10% (SILVA *et al.*, 2006), a qual apresentava densidade de 1,05 quilo por litro. A solução foi injetada na massa de sementes no início da calha nº 5, permanecendo em contato com as sementes durante o percurso das calhas nº 5 e 6, o que proporcionou um período de exposição das mesmas à solução de aproximadamente 45 segundos. O neutralizante foi armazenado em reservatório com capacidade de 200L, na parte inferior do protótipo,

sendo bombeado para um reservatório regulador de vazão localizado sobre a calha nº 5. O sistema de injeção e regulação da vazão foi semelhante ao descrito para o ácido sulfúrico. A curva de vazão da solução de neutralização foi feita através da confecção de bicos dosadores com 2, 3, 4, 5, 6 e 7 orifícios de 2,5 mm de diâmetro. Coletaram-se três repetições da solução proveniente de cada bico dosador, em uma bandeja plástica, 30 segundos, sendo o volume determinado em proveta graduada e expresso em litros por minuto. Com a curva de vazão da solução neutralizante determinada, ajustou-se a vazão através da troca do bico dosador com número de orifícios que permitisse vazão de aproximadamente 1 litro de solução a cada 5 kg de sementes, de acordo com a alimentação previamente dimensionada em cada tratamento.

Na calha nº 7 se fez a lavagem final das sementes para remoção do neutralizante. A água de lavagem foi injetada na massa de sementes, da mesma forma como realizado na lavagem da quarta calha, com a diferença apenas do número de orifícios presentes no cano e a vazão de água utilizada. A vazão da água de lavagem foi determinada cronometrando-se o tempo necessário ao enchimento de baldes de 20 litros e a vazão obtida foi expressa em litros por minuto e por hora.

Fez-se, após o ajuste do equipamento, o deslincamento de 200 kg de sementes de cada tratamento, o tempo de deslincamento cronometrado e as sementes secadas ao sol, até atingirem teor de água entre 8 e 9%, após a secagem as sementes de cada tratamento foram divididas em quatro porções iguais para a realização do beneficiamento em mesa de gravidade determinado-se, então, o rendimento de sementes beneficiadas.

Para auxiliar na escolha do tempo de exposição das sementes ao ácido sulfúrico adequado para o deslincamento no protótipo, realizou-se a avaliação da qualidade fisiológica logo após o deslincamento e durante o armazenamento. Utilizaram-se sementes de algodão da cultivar Araripe, produzidas em novembro de 2006. O delineamento empregado no experimento foi inteiramente casualizado, com quatro repetições, em esquema de parcelas divididas no tempo, sendo os tratamentos de deslincamento, as parcelas, nas quais foram alocados os tratamentos de deslincamento, constituídos dos períodos de exposição das sementes ao ácido sulfúrico de dois, três e quatro minutos no protótipo, além do deslincamento realizado manualmente na Embrapa Algodão e das sementes com línter. Para a variável massa seca de mil sementes, o delineamento foi inteiramente casualizado e não se realizaram avaliações durante o armazenamento.

No processo de deslinteramento manual comumente utilizado na Embrapa Algodão, as sementes com línter foram acondicionadas em uma betoneira com capacidade de aproximadamente 20 kg de sementes. Com a betoneira em movimento as sementes foram expostas ao ácido sulfúrico durante três a cinco minutos e, em seguida, submetidas a lavagem e secagem ao sol, de forma semelhante como com as deslinteradas no protótipo. Tanto no deslinteramento no protótipo quanto no deslinteramento manual, utilizou-se a proporção de 1L de ácido sulfúrico comercial (98% de pureza) para cada 6,5 kg de sementes com línter. Uma vez completada a secagem as sementes deslinteradas foram beneficiadas em mesa de gravidade, embaladas em sacos de papel multifoliados com capacidade de 22,5 kg e armazenadas nas condições ambientais de Campina Grande, PB; as sementes com línter também foram acondicionadas nessas embalagens e armazenadas nas mesmas condições anteriores, porém não foram submetidas ao processo de beneficiamento em mesa de gravidade.

A fim de verificar a eficiência da remoção de línter de cada tratamento, determinou-se a massa seca de mil sementes, para evitar possível efeito da diferença de umidade entre os tratamentos sobre sua massa. Para esta determinação foram contadas manualmente, 4 amostras de cem sementes de cada tratamento, a secagem foi feita em estufa a 105°C, durante 24 horas e se determinou sua massa em balança de precisão de 4 casas decimais (BRASIL, 1992). Com vistas à obtenção da massa de mil sementes, multiplicou-se o valor obtido por 10 e os resultados foram expressos em grama por mil sementes.

Coletaram-se, em cada período de armazenamento, amostras das sementes de cada tratamento e se determinou a qualidade fisiológica, por meio dos testes descritos a seguir:

- 1) **Teste de germinação (TG):** conduzido com quatro repetições de 50 sementes para cada tratamento utilizando-se, como substrato, rolos de papel germitest previamente umedecidos com água destilada, na quantidade de três vezes a sua massa inicial. Os rolos foram mantidos em germinador a temperatura de 25°C, no período de 12 dias, conforme as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 1992);

- 2) **Primeira contagem de germinação (PCG):** conduzida juntamente com o teste de germinação (BRASIL, 1992), registrando-se a porcentagem de plântulas normais da primeira contagem, realizada no 4º dia após a sementeira;
- 3) **Envelhecimento acelerado (EA):** realizado com quatro repetições para cada tratamento. As sementes foram distribuídas em caixas plásticas, tipo gerbox com tela, contendo 40 mL de água destilada. O material foi acondicionado em câmara BOD, por 48 horas, em temperatura constante de 41°C e umidade relativa próximo a 100% (MARCOS FILHO, 1994). Após este período instalou-se o teste de germinação (BRASIL,1992), sendo a porcentagem de plântulas normais registrada no 5º dia após a realização do teste.
- 4) **índice de velocidade de emergência (IVE):** foi realizado em condições de campo controlando-se apenas a umidade do solo, que foi mantida próximo à capacidade de campo, por meio de irrigação suplementar na ausência de precipitações naturais. Quatro repetições de 50 sementes foram semeadas para cada tratamento e, a partir da emergência da primeira plântula realizava-se, diariamente, contagens do número de plântulas emergidas até a obtenção de número de plântulas constante, cujo cálculo foi feito de acordo com a equação:  $IVE = E_1/N_1 + E_2/N_2 + \dots + E_n/N_n$ , em que: IVE = índice de velocidade de emergência;  $E_1$ ,  $E_2$ ,  $E_n$  = número de plântulas emergidas na primeira, segunda e última contagens;  $N_1$ ,  $N_2$ ,  $N_n$  = número de dias da sementeira à primeira, à segunda e à última contagem (MAGUIRRE, 1962);
- 5) **Emergência em campo (EC):** a última contagem do IVE foi considerada como a porcentagem de emergência das plântulas de algodoeiro.

Os dados da qualidade fisiológica das sementes obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

## **I.4. RESULTADOS E DISCUSSÕES**

### **I.4.1 Ajustes da máquina**

Determinou-se, por meio de testes preliminares, a velocidade de passagem das sementes de algodão nas calhas 1, 2 e 3, sendo de aproximadamente 1 minuto e 12 segundos. Os fusos presentes nessas calhas apresentavam rotação aproximada de  $38 \pm 1$  rpm. Considerando-se que as sementes se deslocam nas calhas com velocidade proporcional à rotação da rosca sem-fim (fuso), obtiveram-se os tempos de passagem de 2, 3 e 4 minutos correspondentes aos tratamentos de deslincamento no protótipo, com o ajuste da rotação dos fusos para  $20 \pm 1$  rpm;  $15 \pm 1$  rpm e  $10 \pm 1$  rpm, respectivamente.

A rotação inicial dos fusos de 38 rpm decorreu da relação de transmissão entre o eixo motor e o eixo movido, a qual foi de 1:1,297, obtida através da diferença de tamanho entre a engrenagem motora e a movida, que continham 48 e 37 dentes, respectivamente. O dimensionamento das engrenagens motora e movida para obtenção das rotações de  $20 \pm 1$  rpm,  $15 \pm 1$  rpm e  $10 \pm 1$  rpm, foi realizado visando-se à obtenção do menor número possível de substituição das engrenagens.

Definido o tempo de exposição das sementes de 2, 3 e 4 minutos (tratamentos) fez-se não apenas o dimensionamento da alimentação, mas também a vazão do ácido sulfúrico, neutralizante e água de lavagem compatível com a alimentação para cada tratamento.

A alimentação suportada pelo protótipo foi de 1000, 750 e 500 kg de sementes com líter por hora para os tempos de deslincamento de 2, 3 e 4 minutos, respectivamente. Na medida em que o tempo de exposição das sementes aumentou a capacidade operacional do protótipo diminuiu; isto é devido à redução na rotação dos fusos para que as sementes permanecessem maior tempo em contato com o ácido.

Após o dimensionamento experimental da alimentação da máquina fez-se o ajuste da vazão de ácido sulfúrico, o qual foi realizado experimentalmente por meio do ajuste de uma curva de vazão do bico dosador do mesmo ácido, em função do número de orifícios do bico (Figura I.13).

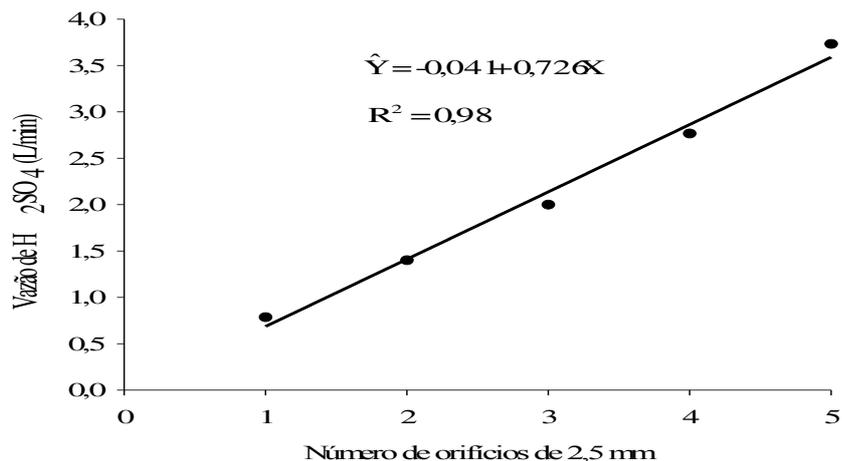


FIGURA I.13: Curva de vazão do bico dosador de ácido sulfúrico, em função do número de orifício de 2,5 mm de diâmetro do bico

A vazão de ácido sulfúrico aumentou linearmente com o incremento no número de orifícios, sendo que cada aumento de um orifício no bico dosador ocasionou incremento estimado de 0,73 L/minuto na vazão de ácido sulfúrico. Por meio desta curva e da alimentação de sementes previamente ajustada, selecionaram-se os bicos dosadores com 2, 3 e 4 orifícios para os tempos de exposição ao ácido de 4, 3 e 2 minutos, respectivamente. Com os bicos dosadores selecionados, obteve-se a relação adequada de ácido sulfúrico/sementes, conforme apresentado na Figura I.14.

A curva de vazão da solução neutralizante, de acordo com o número de orifícios do bico dosador, é apresentada na Figura I.14.

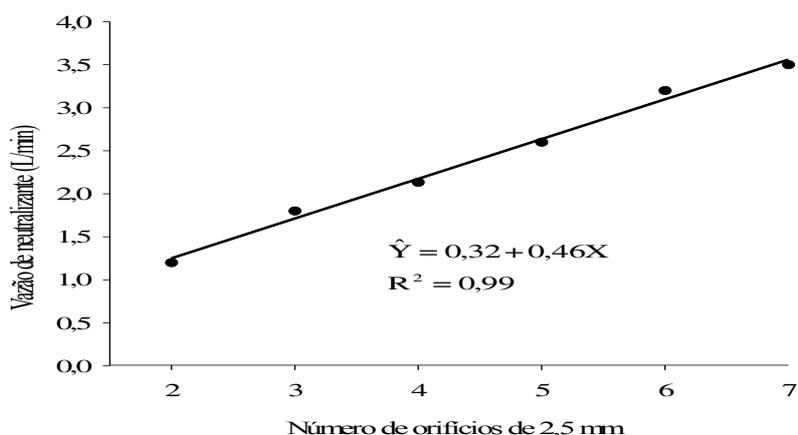


FIGURA I.14: Curva de vazão do bico dosador da solução neutralizante, em função do número de orifícios de 2,5 mm de diâmetro do bico

A vazão da solução neutralizante dos bicos dosadores aumentou linearmente com o aumento no número de orifícios, de forma similar ao que ocorreu com o ácido sulfúrico, cada aumento de um orifício no bico dosador ocasionou incremento de 0,46 L/minuto na vazão da solução neutralizante. Apesar do diâmetro dos orifícios do bico dosador ser o mesmo utilizado para a dosagem do ácido sulfúrico, a vazão da solução neutralizante foi inferior àquela obtida com o ácido devido à menor densidade da solução neutralizante. Por meio desta curva de vazão da solução neutralizante e da alimentação de sementes previamente ajustada, selecionaram-se os bicos injetores com 3, 5 e 7 orifícios, para os tratamentos de deslntamento de 4, 3 e 2 minutos, respectivamente. Obteve-se, através desses bicos injetores, a relação aproximada de 1L de solução neutralizante para cada 5 kg de sementes ( Tabela I.1).

Os resultados do deslntamento de 200 kg de sementes para cada tratamento utilizando-se a alimentação de sementes dimensionada, além dos bicos injetores de ácido sulfúrico e de solução neutralizante previamente selecionado, são representados na Tabela I.1.

TABELA I.1 – Tempo gasto para o deslntamento, rendimento, vazão de ácido sulfúrico, e do neutralizante, razão entre semente e ácido sulfúrico, semente e neutralizante, obtidos nos diferentes tratamentos de deslntamento

<i>Tratamento</i>	<b>Tempo*(min)</b>	<b>Rendimento (kg/min)</b>	<b>Rendimento (kg/hora)</b>	<b>Vazão ácido (l/min)</b>	<b>Vazão Neutr. (l/min)</b>	<b>Semente/ácido (kg/l)</b>	<b>Semente/neutr. (kg/l)</b>
2 minutos	11,0	18,2	1091	2,8	3,5	6,5	5,3
3 minutos	15,5	12,9	774	2,0	2,6	6,5	5,0
4 minutos	21,5	9,3	558	1,4	1,8	6,6	5,2

\*Foram deslntados 200 kg de sementes

O tempo gasto para o deslntamento de 200 kg de sementes proporcionou rendimento semelhante ao determinado no dimensionamento da alimentação do equipamento. Os bicos injetores de ácido sulfúrico e neutralizante selecionados também ensejaram proporções adequadas de ácido sulfúrico e neutralizante, em relação à quantidade de sementes. As proporções foram de aproximadamente um litro de ácido para cada 6,5 kg de sementes e um litro de solução neutralizante para cada 5 kg de sementes.

Após as sementes passarem pelo tratamento com ácido sulfúrico, foram lavadas para remoção do excesso de ácido e dos resíduos de línter. A vazão de água de lavagem foi de  $141 \pm 11$  litros por minuto, o que equivale a aproximadamente  $8486 \pm 668$  litros por hora.

Após a passagem pela solução neutralizante nas calhas 5 e 6, as sementes foram novamente submetidas a um processo de lavagem para remoção do neutralizante. A vazão de água de lavagem final das sementes foi de  $46 \pm 3$  litros por minuto, o equivalente a aproximadamente  $2746 \pm 181$  litros por hora.

Apresentam-se, na Tabela I.2, o rendimento de sementes deslintadas, o rendimento de sementes beneficiadas e o rendimento de sementes comercializáveis (rendimento total) em cada tratamento de deslintamento no protótipo.

TABELA I.2 – Massa das sementes após o deslintamento e beneficiamento em mesa de gravidade, rendimento dos processos de deslintamento, beneficiamento e rendimento total de sementes nos diferentes tratamentos de deslintamento

Tratamento	massa após deslintamento (kg) <sup>1</sup>	rendimento do deslintamento (%)	massa após beneficiamento (kg)	rendimento do beneficiamento (%)	rendimento total (%)
2 minutos	185,00	92,50	154,14	83,32a*	77,07
3 minutos	175,00	87,50	151,67	86,67a*	75,54
4 minutos	177,50	88,75	139,08	78,35b*	69,54

<sup>1</sup>Foram deslintados 200 kg de sementes. \*Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

A perda de línter durante o processo de deslintamento reduziu a massa das sementes após o deslintamento (Tabela I.2). O tratamento de deslintamento por 4 minutos ocasionou menor redução na massa das sementes em relação ao deslintamento por 3 minutos. Este fato ocorreu devido, provavelmente, à baixa rotação dos fusos das calhas do ácido sulfúrico no tratamento de deslintamento por 4 minutos, não misturando adequadamente as sementes ao ácido, o que fez com que algumas sementes não tivessem seu línter degradado pelo ácido sulfúrico.

Os tempos de exposição ao ácido sulfúrico de 2 e 3 minutos, proporcionaram a menor percentagem de descarte de sementes no beneficiamento em mesa de gravidade. A eficiência do processo de deslintamento neste período de exposição das sementes ao ácido sulfúrico minimizou a quantidade de línter presente nas sementes permitindo que

apenas as sementes chochas e imaturas fossem eliminadas na mesa de gravidade. Por outro lado, o tempo de exposição ao ácido, de 4 minutos, ocasionou a maior percentagem de descarte de sementes pelo fato das mesmas não terem sido adequadamente misturadas ao ácido sulfúrico. Desta forma, o rendimento de sementes comercializáveis deste tratamento foi inferior aos demais.

A qualidade fisiológica das sementes foi influenciada pelos tratamentos de deslincamento, no entanto, não houve efeito significativo para as interações entre os tratamentos de deslincamento, conforme apresentado na Tabela I.3.

TABELA I.3 – Resumo da análise de variância para as variáveis: teste de germinação (TG), Primeira contagem e germinação (PCG), envelhecimento acelerado (EA), emergência em campo (EC), índice de velocidade de emergência (IVE) de acordo com os tratamentos de deslincamento das sementes.

Fontes variação	GL	Quadrados médios					MSMS(G)
		TG(%)	PCG(%)	EA(%)	EC	IVE	
Deslincamento (D)	4	196,74*	255,74*	111,91*	628,16*	64,01*	87,25*
Resíduo (a)	15	9,03	15,91	23,31	110,81	4,27	5,59
CV(%)	-	3,2	4,19	5,29	12,51	12,17	2,63

Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. <sup>ns</sup> não significativo.

TABELA I.4 – Qualidade fisiológica de sementes de algodoeiro da cultivar Araripe avaliada pelos testes de germinação (TG), primeira contagem de germinação(PCG), envelhecimento acelerado (EA), emergência em campo (EC), índice de velocidade de emergência (IVE) de acordo com os tratamentos de deslincamentos das sementes

Tratamentos	TG(%)	PCG(%)	EA(%)	EC(%)	IVE	MSMS(g)
2 minutos protótipo	98a	98a	90ab	90ab	18,4a	91,3ab
3 minutos protótipo	98a	97a	92ab	88ab	18,3a	88,97b
4 minutos protótipo	96a	95ab	93a	86ab	17,8ab	90,56ab
Manual (Betoneira)	92b	91bc	93a	80bc	16,2bc	85,50c
Com línter	92b	90c	88b	77c	14,22a	92,33a

\* Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. <sup>ns</sup> = Não significativo pelo Teste

As sementes deslincadas quimicamente por período de dois, três e quatro minutos no protótipo, não apresentaram diferenças quanto à sua germinação. Assim, o

deslntamento químico das sementes com exposição ao ácido sulfúrico, por período de até quatro minutos, não afeta negativamente a germinação das sementes, resultado este também verificado em outros trabalhos com deslntamento químico em condições de laboratório (QUEIROGA *et al.*, 2001). Entretanto, as sementes com línter e deslntadas manualmente apresentaram percentagem de germinação inferior àquelas deslntadas no protótipo. As sementes de algodão deslntadas pelo processo manual, comumente utilizado na Embrapa Algodão, apresentam germinação semelhante às das sementes com línter. Provavelmente, este desempenho inferior das sementes deslntadas manualmente decorre do menor controle do tempo de exposição das sementes ao ácido, que é de três a cinco minutos, o que pode ter afetado negativamente a germinação. Mesmo apresentando algumas diferenças entre os tratamentos, a percentagem de germinação foi elevada em todos os tratamentos, sendo superior a 80%, o que está de acordo com os padrões para comercialização de sementes de algodão, do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2005).

No teste de primeira contagem de germinação as sementes deslntadas no protótipo não apresentaram diferenças significativas entre os diversos tempos de exposição ao ácido sulfúrico, tal como verificado no teste de germinação. O deslntamento com ácido sulfúrico, realizado manualmente, foi inferior ao dos tratamentos de deslntamento no protótipo com exposição das sementes ao ácido sulfúrico durante 2 e 3 minutos. As sementes com línter foram menos vigorosas que aquelas deslntadas no protótipo porém semelhantes às deslntadas manualmente. O menor vigor no teste de primeira contagem de germinação das sementes com línter, em relação às deslntadas quimicamente, também foi constatado por outros autores (QUEIROGA *et al.*, 2001). Provavelmente, o menor vigor das sementes com línter decorre da presença de sementes chochas ou malformadas, as quais não são eliminadas em virtude de não serem beneficiadas em mesa de gravidade (MEDEIROS FILHO *et al.*, 1995).

O vigor das sementes de algodão, avaliado pelo teste de envelhecimento acelerado, não se mostrou diferente dos tratamentos de deslntamento no protótipo e o deslntamento químico realizado manualmente; entretanto, as sementes com línter mostram-se com menor vigor em relação aos tratamentos de deslntamento no protótipo por 4 minutos e deslntamento químico realizado manualmente, não diferindo das

sementes deslindadas no protótipo com tempo de exposição das sementes ao ácido sulfúrico por 2 e 3 minutos.

A percentagem de emergência de plântulas no campo também foi elevada para todos os tratamentos de deslindamento no protótipo, a exemplo do que foi verificado nos testes de germinação e primeira contagem de germinação. Observa-se que o deslindamento das sementes feito no protótipo com exposição ao ácido sulfúrico por dois, três e quatro minutos, teve maior percentagem de emergência de plântulas em relação às sementes com línter. Por sua vez, o tratamento de deslindamento manual deu margem à emergência de plântulas, semelhante àquela das sementes com línter.

As sementes deslindadas no protótipo não apresentaram diferenças quanto à velocidade de emergência das plântulas mas as sementes deslindadas pelo tempo de três minutos no protótipo indicaram maior velocidade de emergência das plântulas em relação às provenientes de sementes com línter e deslindadas manualmente. As plântulas oriundas de sementes com línter tiveram menor velocidade de emergência em relação às deslindadas no protótipo. Esta menor velocidade de emergência das plântulas provenientes de sementes com línter, também foi observada por MEDEROS FILHO *et al.* (1995) que atribuíram este resultado à menor velocidade de absorção de água pelas sementes.

A massa seca de mil sementes provenientes do tratamento com línter, foi maior que a dos tratamentos de deslindamento manual e com tempo de exposição das sementes ao ácido sulfúrico por três minutos no protótipo. O deslindamento das sementes por três minutos no protótipo proporcionou massa de mil sementes inferior à das sementes com línter porém não diferiu dos demais tratamentos no protótipo. Apesar da massa de mil sementes ser semelhante aos demais tratamentos de deslindamento no protótipo, verifica-se que este tratamento apresentou o menor valor numérico de massa seca de mil sementes, sinal de que as sementes desse tratamento apresentavam menor quantidade de línter que o deslindamento por 2 e 4 minutos no protótipo. As sementes deslindadas manualmente tiveram massa seca de mil sementes inferior à dos demais tratamentos, indicando que as sementes desse tratamento possuíam menor quantidade de línter. Provavelmente, a agitação ocasionada pela betoneira distribuiu o ácido mais uniformemente nas sementes em relação ao protótipo testado, proporcionando melhor remoção do línter.

De maneira geral, o deslntamento das sementes de algodoeiro com o ácido sulfúrico no deslntador desenvolvido, proporcionou a formação de lotes de sementes com elevada qualidade fisiológica; verifica-se, então, que o processo de deslntamento no equipamento não ocasionou danos imediatos às sementes, no período avaliado. O tempo de exposição das sementes ao ácido, de dois minutos no protótipo, não removeu completamente o línter das sementes de algodão (observação visual), o que foi comprovado pela maior massa seca de mil sementes desse tratamento, ocasionada pela presença de línter. Por outro lado, o tempo de exposição de três minutos foi o mais adequado pois proporcionou um deslntamento eficiente um menor período de tempo de exposição ao ácido sulfúrico. O deslntamento pelo período de três minutos no protótipo também ocasionou maior capacidade operacional ao protótipo em relação ao deslntamento por 4 minutos. Alguns trabalhos disponíveis na literatura também utilizaram o tempo de três minutos de exposição das sementes ao ácido sulfúrico (DUTRA *et al.*,1997), apesar dos processos utilizados no deslntamento das sementes serem distintos entre ambos os trabalhos.

## **I.5. CONCLUSÕES**

Com base nos estudos do desenvolvimento, construção e avaliação do deslinterador, pode-se concluir que:

- O tempo de exposição das sementes ao ácido sulfúrico por três minutos na máquina é suficiente para o deslinteramento das sementes de algodoeiro;
- Protótipo ajustado para o deslinteramento com tempo de exposição das sementes ao ácido por 3 minutos apresenta rendimento de 750 kg de sementes com línter por hora e consumo de 2 e 2,6 l/min de ácido sulfúrico e solução neutralizante, respectivamente. O consumo de água de pré-lavagem e lavagem das sementes são de 141 e 146 l/min, respectivamente;
- Com tempo de exposição das sementes ao ácido sulfúrico de três minutos, o deslinteramento na máquina não ocasiona danos imediatos ou latentes às sementes, permitindo a formação de lotes de elevada qualidade fisiológica.

## I.6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANUÁRIOS BRASILEIROS DO ALGODÃO, 2001. **Nordeste mantém tradição**. Rondonópolis – MT: Fundação de apoio à pesquisa Agropecuária de Mato Grosso, 2001. p. 6-23

BARRETO, A . **Recuperação da cultura do algodão**. (Coord.) Adalberto Barreto, Maria Luíza Marques Evangelista, Hélio Fernandes de Souza. João Pessoa: SEBRAE-PB, 2000. 133 p.

BRASIL. MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Brasil visto do espaço: cidades do Estado da Paraíba**. Disponível em: <<http://www.cdbrasil.embrapa.br> >. Acesso em 02 dez. 2005.

BRASIL. Ministério da Agricultura. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNDA/DNDCLAV, 1992, 365p.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Avaliação da safra agrícola 2007/2008** – Sexto Levantamento, março de 2008. Disponível em: <http://www.conab.gov.br>. Acesso em 8 março.2008.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Algodão. Séries Históricas**. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1252&t=2>>. Acesso em: 21 jul. 2008.

CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Algodão. Séries Históricas**. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1252&t=2>>.: 21 mai. 2009

CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Custo de produção**. Disponível em: : <http://www.conab.gov.br> >. Acesso em 25 de maio de 2005.

CUNHA, R. da. Métodos alternativos para conservação de germoplasma-semente. In: PUIGNAU, J. P. (Ed.) Conservación de germoplasma vegetal. Montevideo: IICA, 1996. p. 123-128. (Dialogo, 45).  
DUTRA F, RIET-CORREA F, MENDEZ MC, PAIVA N. Poisoning of cattle and sheep in Uruguay by sawfly (*Perreyia flavipes*) larvae. **Vet. Hum. Toxicol.**, v. 39, n.5, p. 281-286, 1997.

EMBRAPA ALGODÃO, Centro Nacional de Pesquisa de Algodão, Campina Grande, PB, **Algodão: informações técnicas**, 2003.

FELIPE, P.S.; FRAGA, A.C.; OLIVEIRA, J.A. Efeitos do deslincamento químico (via úmida e via seca) sobre a qualidade fisiológica e sanitária das sementes de algodoeiro (*Gossypium hirsutum*). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 2. O algodão no século XXI. Anais... Ribeirão Preto, SP. EMBRAPA, 1999. p.657-659

FIEP. **Perfil socioeconômico da Paraíba**. – PB: FIEP/UCIP, 2005. 214p.

Fitzgerald, W.; Cooke, B.M. Spore germination and pycnidial development in wheat and barley isolates of *Septoria nodorum* on cellulose film In: International workshop on *Septoria* species of cereals, 3. Dublin: Department of Plant Pathology, Faculty of Agriculture, Anais... 1989, v.4.

FREIRE, E, C; ANDRADE, F. P.; SANTANA, J. C. F.; BELTRÃO, N. E. de M.; PEDROSA, M. B.; GUEDES, A. R.; WANDERLEY, M. J.R.; ASSONÇÃO, J. H. de; DANTAS, E. S. B.; SILVA, S. C. **O algodão colorido no Brasil**. Campina Grande: Embrapa - CNPA – 2000.

IBGE 2005 IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Levantamento sistemático da

produção agrícola. Rio de Janeiro. 2005. 74p

MARCOS-FILHO, J. Teste de envelhecimento acelerado. In: VIEIRA, R.D.& CARVALHO, N.M. (ed.). Testes de vigor em sementes. Jaboticabal: FUNEP, 1994. p.133-149.

MEDEIROS FILHO, SEBASTIÃO. **Avaliação da qualidade de sementes de algodão submetidas ao deslintamento químico e beneficiamento.**1995. 107f. Dissertação (Mestrado) em Fototecnia - Unversidade Federal de Larvas, Larvas.

MEDEIROS FILHO, S.; FRAGA, A. C.; CARVALHO, M. L. M. Avaliação da qualidade. de sementes de algodão submetidas ao deslintamento químico e beneficiamento. **Informativo ABRATES**, Curitiba, v. 5. p. 41-41, 1995

OSPINA, J. A.; GUEVARA, C. L.; CAICEDO, L; E.; BARNEY. V. Effects on moisture content on possiflora seed viability after immersion in liquid nitrogen. In: ENGELMANN, F. and TAKAGI, H. (Eds.) Cryopreservation of tropical plant getplasm– Posters. Japan International Centre for Agricultural Sciences, Tsukuba/International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy, p. 384-357, 2000

QUEIROGA, V de P. *et. al.* Influência da colheita, armazenamento temporário e beneficiamento nos caracteres tecnológicos do algodão herbáceo. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 41, n. 236, p 337-357, 2001.  
ROBERTS, E. H. Predicting the storage life of seeds. *Seed Science and Technofogy*. Zurich, n.1, p.499-514, 1973

Secretaria de Agropecuária e Pesca da Paraíba. Governo da Paraíba, Fev/2009 (<http://www.paraiba.pb.gov.br>)

SILVA, J. C.; ALBUQUERQUE, M. C.; ,MENDONÇA, E. A. F.; KIM, M. E, Desempenho de sementes de algodão após processamento e armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**. V.28, n.1,p.79-85, 2006.

STANWOOD, P.C. Cryopreservation of seed germplasm for genetic conservation In: KARTHA, K.K.(ed.). **Cryopreservation of plant cells and organs**. Boca Rotan: CRC press, 1985. p.199-225.

TOLLINI, H, Algodao: briga pela eficiência . *Aroanalysis*. Rio de Janeiro: Fundação Getulio Vargas. v. 23, n. 8, p. 15 a 18. Novembro. 2003.

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

## **CAPÍTULO II**

**VIABILIDADE DE SEMENTES DE ALGODÃO DESLINTADAS  
QUIMICAMENTE E ARMAZENADAS A TEMPERATURAS: CRIOGÊNICA,  
SEMICRIOGÊNICA E EM CÂMARA SECA**

## II.1. INTRODUÇÃO

Os danos mecânicos causados por ação de agentes físicos em sementes nas fases de produção são apontados como uma das principais causas da redução da qualidade fisiológica de sementes, detectada pelo teste de germinação e vigor. Esses danos mecânicos ocorrem na colheita, beneficiamento, armazenamento, transporte e plantio, e causam abrasões, trincas, rachaduras e quebraduras, e estão diretamente correlacionadas com a redução da germinação, emergência e vigor, tal como com o potencial de armazenamento das sementes (CARVALHO & NAKAGAWA, 2000).

Os efeitos dos danos mecânicos se dividem em duas classes: imediatos, quando as sementes são imediatamente afetadas em sua viabilidade, e latentes, quando as sementes não são imediatamente afetadas, mas o vigor, potencial de armazenamento e seu valor comercial, são reduzidos.

O dano invisível ou latente (trincas microscópicas e abrasões) corresponde ao dano que se manifestará no período de armazenamento com a queda do vigor e da viabilidade de semente, (POPINIGIS, 1985). Os efeitos latentes são expressos por amassamento e produzem lesão que pode servir como meio de entrada para patógenos que afetam a sanidade e a conservação durante o armazenamento, (MOORE, 1974). As sementes mecanicamente danificadas se deterioram mais rapidamente durante o armazenamento e não suportam condições adversas no campo, depois de semeadas (CAMPOS & PESKE, 1995).

Como as sementes de algodão são ricas em óleo, exigem cuidados especiais durante o período de conservação para que mantenham a qualidade fisiológica (MEDEIROS FILHO *et al.*, (1995). FREITAS *et al.*, 2000) verificaram que com o aumento do período de armazenamento ocorreu decréscimo linear da viabilidade e do vigor das sementes, além de aumento linear na incidência de fungos de armazenamento.

O potencial de conservação das sementes é determinado pela velocidade do processo de deterioração e pode ser variável entre diferentes lotes da mesma espécie e mesma cultivar, armazenados nas mesmas condições (DELOUCHE & BASKIN, 1973). PAULINELLI & BRAGA (1997), avaliando 24 alterações na qualidade de sementes de algodão durante o armazenamento, obtiveram interações altamente significativas entre níveis de vigor das sementes e períodos de armazenamento.

O nível de deterioração em sementes armazenadas depende das condições do lote no início da armazenagem e do controle dos fatores ambientais durante esta fase MACHADO, (1988). A deterioração é um processo inexorável, irreversível e seu progresso é variável entre as espécies e entre lotes de sementes da mesma espécie (COPELAND & Mc DONALD JUNIOR, 1995). Segundo a sequência do processo de deterioração de sementes proposta por DELOUCHE & BASKIN (1973), o decréscimo do potencial de armazenamento é a segunda manifestação fisiológica da deterioração após a redução da velocidade de germinação.

Para que haja uma boa qualidade é oportuno melhorar os índices de aproveitamento com o monitoramento de todas as etapas do processamento, efetuando-se as práticas necessárias no momento certo e se armazenando as sementes em condições adequadas de temperatura e umidade relativa do ar (SANTOS *et al.*, 1998).

O germoplasma vegetal e sua conservação são prioritários em diversos países. Sempre se considerou, como recursos naturais essenciais, o solo, a água e o ar; recentemente, adicionou-se o germoplasma como o quarto recurso natural essencial; assim, os Bancos Ativos de Germoplasma (BAGS) constituem um dos principais patrimônios de uma empresa ou instituição agropecuária, por serem a fonte de genes que alimentam os programas de melhoramento das diferentes culturas vegetais (FREITAS *et al.*, 1992).

Tradicionalmente, as espécies vegetais vêm sendo conservadas *ex situ*, como plantas vivas mantidas em coleções de germoplasma a campo que, no entanto, apresentam uma série de problemas, como erosão genética das espécies e variedades, ataque de pragas e doenças, além de envolverem grande custo financeiro e de mão-de-obra.

Uma forma de conservação do germoplasma é por meio da armazenagem das sementes, principal via de propagação das espécies de plantas superiores, em câmeras frigoríficas, com controle de temperatura e umidade relativa, técnica adequada, mas que não garante a conservação a longo prazo, exigindo espaço físico apropriado e avaliações periódicas da viabilidade do material armazenado; desta forma, o desenvolvimento de técnicas alternativas de conservação a longo prazo dos recursos genéticos, apresenta grande importância para os avanços do melhoramento vegetal.

Embora os termos conservação e preservação sejam muito utilizados, é conveniente se ressaltar a diferença entre eles. Segundo FRANKEL & SOULE (1981) a conservação é um conjunto de políticas e programas criados para a manutenção, em longo prazo, de comunidades sob condições potenciais para evolução contínua; já a preservação é a manutenção de indivíduos ou grupos sem efeito da evolução.

No Brasil, as sementes de algodão preservadas em bancos de germoplasma são rotineiramente submetidas a armazenamento na temperatura de 10 °C e umidade relativa do ar de 40% durante vários meses, e o banco de germoplasma é renovado consecutivamente, na medida em que as sementes baixam sua qualidade fisiológica para níveis não aceitáveis (ALMEIDA *et al.*, 2000). Este processo, segundo CAVALCANTI MATA (2001), embora tenda a preservar as espécies; que estão sendo armazenadas no banco de germoplasma, não evita, porém, a erosão genética das espécies, além disso, o custo de instalação dos sistemas convencionais de conservação em câmaras frias é bastante elevado, envolvendo estruturas prediais básicas, isolamento térmico, barreiras de vapor e equipamentos de refrigeração, tal aparato exige assistência técnica especializada em regime constante, com alto custo de manutenção.

Com a finalidade de evitar a erosão genética das espécies e preservar as sementes durante períodos considerados indefinidos, tem-se empregado a tecnologia criogênica, que consiste em submeter as sementes a temperaturas muito baixas: no nitrogênio líquido (-196 °C) ou no vapor do nitrogênio (-170 °C).

Apesar das desvantagens em termos de custo inicial de instalação, em um sistema criogênico, o controle periódico da viabilidade das sementes preservadas não se faz necessário; neste sentido, tal vantagem se reflete em economia de recursos materiais e humanos necessários para renovação do banco.

De acordo com KHARTA (1985) a criogenia tem sido um dos métodos de preservação *ex situ* mais promissores, desde que se dê a devida atenção às características fisiológicas do material a ser preservado.

MARTINS NETO (1994) ressalta que, com a melhoria do grau tecnológico do agricultor, há maior exigência de sua parte em adquirir sementes de melhor qualidade e as empresas produtoras procuram atingi-la, ano após ano, preservando suas

características genéticas, físicas e fisiológicas, portanto, esta situação mostra cada vez mais a urgência de se realizar estudos sobre a criopreservação das sementes, durante longos períodos de tempo.

Portanto, para verificar se decorrente do processo de deslignamento mecânico-químico com ácido sulfúrico, estudado no capítulo I, as sementes de algodão tiveram algum dano latente, o objetivo principal deste Capítulo II foi avaliar a qualidade fisiológica dessas sementes de algodão deslignadas por um período de tempo de 10 meses de armazenamento utilizando diferentes técnicas de conservação. Para tanto os objetivos específicos foram: a) determinar o teor de água limite para criopreservação; b) estudar o descongelamento das sementes por via lenta (temperatura ambiente de 25 °C) e rápida (a 40 °C, em banho Maria); c) Estabelecer os potenciais danos latentes através das alterações da qualidade fisiológica das sementes de algodão quando conservada por 10 meses a temperatura criogênica de -170°C, semicriogênica a -40° C e em câmara seca a temperatura de 10°C e 40% UR.

## II.2. REVISÃO DE BIBLIOGRÁFICA

O primeiro atributo da qualidade fisiológica a ser considerada em um lote de sementes é a percentagem de germinação, que representa sua capacidade em dar origem a uma plântula normal. Assim, toda semente destinada ao plantio deverá ser cuidadosamente beneficiada e preservada durante o período de armazenamento, até o momento de sua utilização, para garantir a manutenção de sua qualidade fisiológica.

A germinação é um processo fisiológico que depende da qualidade da semente e das condições para germinar, dentre as condições necessárias a uma boa germinação pode-se citar o suprimento de água e oxigênio, as condições de temperatura, luz e substrato. Essas condições básicas para a germinação variam entre as espécies de plantas. As qualidades físicas, fisiológicas e sanitárias da semente são avaliadas por parâmetros de peso, pureza, germinabilidade, teor de água e viabilidade, parâmetros esses que podem variar entre lotes de sementes de uma mesma espécie (SALOMÃO & SOUZA, 2003).

A semente do algodoeiro é coberta com línter, constituída de fibras pequenas (8 a 12% do peso da semente) aderida ao tegumento. O tegumento é a estrutura externa que delimita a semente e provém do integumento do óvulo, suas funções básicas residem em manter as unidades internas protegendo a semente de danos mecânicos, micro-organismos patogênicos, regular a reidratação, trocas gasosas e, sobretudo, a germinação, causando dormência.

A dormência e a germinação são processos que capacitam as plantas a sincronizarem o desenvolvimento, tanto com o meio ambiente como entre os indivíduos de uma população. A germinação de sementes originando as gerações seguintes é o estágio mais crítico da vida da planta e, portanto, da sobrevivência de uma espécie. Seu controle por meio de dormência assegura que a plântula possa se estabelecer como organismo autotrófico fotossintetizante, naquele período em que o embrião é dependente das reservas da semente e em condições que favoreçam este período crítico (METIVIER, 1979).

## II.2.1 Germinação

A germinação é um evento fisiológico que depende da qualidade das sementes e das condições de germinação, como o suprimento de água e oxigênio e adequação de temperatura, luz e substrato. Essas condições de germinação ou requerimento básico para a germinação variam entre as espécies de plantas. As qualidades física, fisiológica e sanitária da semente são avaliadas por parâmetros de peso, pureza, germinabilidade, conteúdo de umidade e viabilidade e eles podem variar entre lotes de semente de uma mesma espécie (SALOMAO & SOUZA-SILVA, (2003), MARCOS FILHO *et al.* (1987)).

O termo germinação pode ser considerado a reativação metabólica ou retomada de crescimento do embrião, resultando em uma plântula com as estruturas essenciais para seu desenvolvimento. Avalia-se, por meio desse teste de germinação, o poder germinativo das sementes do lote. Esta avaliação é feita, inicialmente, após os tratamentos pregerminativos e novamente após o armazenamento. Informações sobre a capacidade germinativa das sementes são importantes para programação das atividades, como comercialização, plantio e conservação (SALOMÃO & SOUZA-SILVA, 2003).

Nos testes de germinação a contagem de sementes germinadas deve ser diária. Quando se conhece o padrão germinativo da espécie as contagens podem ser feitas em intervalos maiores, a cada cinco ou sete dias, por exemplo. De acordo com o critério botânico de germinação, considera-se semente geminada quando há protrusão/extrusão de qualquer parte do embrião, notadamente a radícula, se o critério botânico for adotado, aconselha-se observar se a radícula apresenta curvatura geotrópica positiva e consistência firme, uma vez que sementes mortas podem emitir radículas devido à força mecânica exercida pela água em seu interior. Pelo critério de tecnologia de sementes considera-se a semente germinada aquela que apresenta a emergência de uma plântula normal, com as partes aéreas e radícula vigorosas (SALOMÃO & SOUZA-SILVA, 2003).

Durante o teste de germinação alguns fatores podem afetar o comportamento germinativo das sementes, com destaque para o substrato e a temperatura (FAIAD *et al.*, 2001). Os tipos de substrato mais utilizados em testes de germinação são: papel, pano, areia e solo. Deve-se levar em consideração, para a escolha do substrato, o tamanho da

semente, sua exigência em relação à quantidade de água, ao suprimento de oxigênio, sensibilidade à luz e a facilidade que o mesmo oferece para a realização das contagens e avaliações (BRASIL, 1992).

Sementes viáveis de algumas espécies podem não germinar durante o teste de germinação, fato que pode ser atribuído a um fenômeno chamado dormência (FAIAD *et al.*, 2001).

## II.2.2 Vigor

Procura-se, através dos testes de vigor, detectar diferenças significativas no potencial fisiológica de lotes com germinação semelhante, fornecendo informações adicionais às proporcionadas pelo teste de germinação. Paralelamente, espera-se que os resultados permitam distinguir com segurança os lotes altos dos de baixo vigor e que as diferenças detectadas estejam relacionadas ao comportamento das sementes durante o armazenamento e após a semeadura (MARCOS FILHO, 2005).

A maior limitação do teste de germinação, segundo (HAMPTON & TEKRONY, 1995) é sua inabilidade para detectar diferenças de qualidade entre lotes com alta germinação, razão por que se tem desenvolvido teste de vigor com o objetivo de identificar prováveis diferenças no potencial fisiológico de lotes que apresentam porcentagem de germinação semelhantes, fornecendo informações complementares às obtidas no teste de germinação, para o controle de qualidade das empresas produtoras de sementes de algodão.

Na condução dos testes que avaliam o vigor das sementes, muitos fatores afetam seu comportamento, entre eles o grau de umidade das sementes e a temperatura de incubação. Segundo (ROSSETTO e MARCOS FILHO, 1995), existe uma relação entre grau de umidade das sementes e a temperatura de instalação do teste, haja vista que as sementes devem ter o conteúdo inicial de água elevado sob determinada temperatura, porém se esta temperatura for maior, poder-se-á utilizar sementes com menor conteúdo de água inicial. (TEKRONY, 1993) considerou que o grau de umidade das sementes deve ser de 15,5% (Base úmida); caso o conteúdo de água inicial não seja este, sugere-se que o mesmo seja atingido através do processo de embebição controlada.

O uso de testes de vigor é justificado como alternativa para a detecção das diferenças de desempenho entre lotes que apresentam resultados semelhantes no teste de germinação (CARVAHO e NAKAGAWA, 2000). Portanto, a utilização de lotes com porcentagem de germinação equivalente entre si, constitui premissa a ser atendida em estudos voltados para a verificação da capacidade dos testes de vigor fornecerem dados que proporcionando diferença qualitativa, permitem ordenação hierárquica dos lotes, baseados no desempenho fisiológico (CALIARI e SILVA, 2001). Desta forma, o emprego de vários testes de vigor tem constituído em alternativa usada e recomendada uma vez que, rotineiramente, os resultados obtidos são desuniformes entre as avaliações (MARCOS FILHO, 1998).

## **II.2.3 Crioconservação de germoplasma vegetal**

### **II.2.3.1 Banco de germoplasma**

O método de crioconservação consiste em levar o material biológico desde sua temperatura fisiologicamente normal até ultra-baixas temperaturas (nitrogênio líquido a  $-170^{\circ}\text{C}$  ou no vapor de nitrogênio, próximo de  $-170^{\circ}\text{C}$ ). Proporciona o potencial para uma preservação sem limites de tempo com redução do metabolismo a níveis tão baixos que todos os processos bioquímicos sejam significativamente reduzidos e a deterioração biológica é virtualmente paralisada (KARTHA, 1985). Outros métodos de conservação somente adiam a deterioração por um período de tempo determinado e específico, de acordo com o material e a espécie.

Manter coleções de germoplasma é a maneira mais racional de prevenir contra eventos inesperados, como a ocorrência de novas pragas e doenças ou a perda da resistência de determinadas culturas. A conservação da diversidade em bancos de germoplasma é um esforço proativo que visa atender às demandas eventuais dos agricultores e assegurar a sustentabilidade econômica e ecológica da cultura (NÓBREGA *et al.*, 2001).

A International Board for Plant Genetic Resources – IBPGR (1991) define germoplasma como material que constitui a base física da herança e se transmite de uma geração a outra, através de células reprodutivas. Em termos mais amplos, pode ser

considerado como o conjunto total dos materiais hereditários de uma espécie (ALLARD, 1960). No aspecto utilitário, o IBPGR (1991) adota o termo germoplasma para definir o indivíduo ou clone representativo de um tipo, espécie ou cultivar, que seja possível de ser mantido em um sistema de reposição.

Dois são os métodos básicos de conservação: *in situ* e *ex situ*. Conservação *in situ* refere-se à manutenção das espécies selecionadas no seu habitat natural em reservas biológicas ou ecológicas. Conservação *ex situ* é a conservação das espécies vegetais fora do seu habitat natural, através de coleções de plantas no campo, de sementes em bancos de sementes ou de coleções de plântulas em banco *in vitro*.

O banco de germoplasma é a denominação dada a uma estrutura na qual se procura preservar as espécies vegetais, de maneira geral, na forma de células, tecidos, sementes, gemas ou plântulas *in vitro*, de modo a conservar os recursos filogenéticos de uma região, país ou mundo. A importância desta conservação dos recursos filogenéticos é devida ao enorme valor estratégico que eles representam, pois, a partir desse banco, é possível propiciar matéria-prima para se obter nova variedade e/ou melhoria das plantas, mediante melhoramento vegetal ou através da engenharia genética, além de constituir um instrumento de preservação do patrimônio genético de espécies ameaçadas de extinção (BERJAK *et al.*, 1990).

Segundo VIEIRA (2000), as coleções de germoplasma vêm sendo mantidas em instituições diversas que têm, por responsabilidade: garantir sua diversidade genética, seja pela iniciativa de coletar periodicamente recursos genéticos ou por favorecer o intercâmbio com outros bancos de germoplasma, multiplicá-las, distribuí-las aos usuários e promover sua caracterização, por diferentes metodologias. Essas coleções são ditas ativas, uma segunda forma de conservação é aquela que propõe manter as coleções por períodos longos, sem que se utilizem delas para estudo, cessão, intercâmbio, dentre outros; neste caso, são denominadas coleções de base.

A semente é a unidade de propagação natural para a maioria das espécies de plantas superiores razão pela qual sua forma mais comum de conservação é a *ex situ*. A metodologia convencional para conservação de germoplasma de sementes compreende a desidratação, para teores de umidade extremamente baixos (5%), e armazenamento em câmaras a temperaturas que variam de 0 a 10°C e umidade relativa entre 20 e 40%,

podendo existir, em muitos casos, sementes que são conservadas em temperaturas abaixo de zero - 18 a -20°C (ROBERTS, 1973b).

Segundo QUEIROGA (1993), a forma mais correta de se conservar os recursos genéticos é preservá-los no meio em que se encontra em estado de equilíbrio e cuja probabilidade de rompimento seja pequena; no entanto, e de acordo com (IRIONDO, 1992), isto nem sempre é possível e relata que a semente é a forma pela qual a planta sobrevive o máximo de tempo com o mínimo de atividade fisiológica, e então, a forma mais fácil de se armazenarem recursos genéticos é a conservação de suas sementes. Nesta linha de raciocínio a criopreservação tem sido utilizada como método alternativo ao banco de gemoplásma tradicional, uma vez que a conservação de sementes abaixo de -130°C permite que seu metabolismo seja paralisado, impedindo a deterioração, surgindo, desta forma, surgiram os bancos de gemoplásma, em todo o mundo constituídos, basicamente, de sementes armazenadas a baixas temperaturas (5 a 10°C) e baixas umidades relativas, de modo que as sementes tenham sua atividade biológica minimizada. Neste processo de conservação de semente alguns fatores negativos devem ser levados em consideração, como a necessidade de recomposição periódica do banco, carência de reservas elevadas, custo de manutenção elevado e erosão genética das espécies (DINIZ, 1999).

Para que a crioconservação de sementes seja uma técnica rotineira em laboratório, deve-se avaliar danos que podem vir a ocorrer nas sementes quando expostas ao nitrogênio líquido. Todos os trabalhos citados indicam que a crioconservação pode ser utilizada com sementes de inúmeras plantas cultivadas, desde que seja observada e avaliada a influência de alguns fatores antes da crioconservação, dentre os quais se citam: o conteúdo de água das sementes, a anatomia e as velocidades de congelamento e o descongelamento (STANWOOD & BASS, 1989; VENTUCI, 1989; EGEIMANN, 2000; ALMEIDA, 2000).

### **II.2.3.2 Congelamento das sementes**

O período do congelamento tem importância fundamental, pois permite determinar os tempos de congelamento do produto haja vista que o dimensionamento

dos congelados necessita, igualmente, do conhecimento das velocidades de congelamento relativas ao produto tratado (MAFART, 1994).

O aspecto mais destacado do congelamento é a mudança de estado, de líquido a sólido, que sofre uma parte da água presente nos alimentos e produtos agrícolas, permitindo a conservação durante longos períodos; entretanto, a formação de cristais de gelo é uma das principais causas de certas modificações indesejáveis durante o congelamento.

Na etapa do congelamento um produto atinge vários estágios com o passar do tempo pois atinge diferentes regiões, a maior velocidade de congelamento é obtida na superfície e menor velocidade próxima no seu centro. A velocidade depende de vários fatores como método de congelamento, tamanho do produto, teor de água e outros. Este processo gera uma curva típica apresentando três etapas distintas: resfriamento, congelamento e pós-congelamento. Em produtos com teores de água reduzidos, as etapas citadas não se verificam a curva tem semelhança com a curva do resfriamento (INCROPERA & DE WITT, 1992).

Os estados da matéria sólido, gasoso e líquido, são caracterizados por taxas muito diferentes de mobilidade molecular e o grau de ordem no arranjo das moléculas. No estado de gás as moléculas em agitação incessante estão caoticamente distribuídas no espaço, no estado sólido (cristalino) elas são organizadas regularmente em posições relativamente fixas e, no líquido, são compreendidas por sua ordenação em uma faixa estreita, isto é, moléculas estão associadas em grupos fortuitamente organizados (INCROPERA & DE WITT, 1992; POTTER, 1978).

Quando se esfria um produto sólido, o frio vai progredindo através dele para retirada do calor. Há formação de um gradiente térmico em direção ao centro geométrico da peça, em que a porção mais fria é a superfície e a mais quente é a interna. O centro geométrico será a porção do produto mais distante da periferia, o ponto quente (BARUFFALDI & OLIVEIRA, 1998).

Na realidade, não se tem um produto agrícola sólido, em todos eles se encontra sempre uma quantidade de água na forma líquida, mas se pode admitir que em todos de baixa umidade ou de textura sólida predominará a transmissão de calor por condução (BARUFFALDI & OLIVEIRA, 1998).

Quando as funções vitais dos vegetais são interrompidas, terá início uma série de transformações adquirindo características de fenômenos de decomposição. Esses processos se sucedem rapidamente em temperatura ambiente, com a inutilização do produto.

Na prática, se conhece a evolução de um processo de congelamento através da variação de temperatura do alimento, em função do tempo durante o processo. Segundo o Instituto Internacional do Frio, citado por NEVES FILHO (1991), durante o processo de congelamento diferentes regiões do produto passarão através de vários estágios para diferentes tempos. Considerando-se uma região ou um ponto do produto, três estágios de alterações ou temperaturas poderão ser definidos.

I) Estágio de resfriamento: compreende o período decorrido entre o início do processo com o produto a alta temperatura, até que se atinja a temperatura na referida região em que tem início a cristalização da água.

II) Estágio de congelamento: período no qual a temperatura sofre pequena variação e onde a maior parte da água muda de fase, transformando-se em gelo.

III) Período de redução da temperatura: aqui, a maior parte da água se converte em gelo até atingir uma temperatura final, considerada a temperatura em qualquer parte do produto, inclusive seu centro térmico.

BHOWMIK *et al.*, (1979), afirmam que a difusividade térmica é conveniente na determinação das curvas de temperatura de alimentos durante processos de transferência de calor para delimitação dos próprios procedimentos usados nesta operação.

Os tanques para armazenamento em nitrogênio líquido são de natureza passiva e requerem apenas a reposição periódica de nitrogênio líquido, cuja frequência variará, sem dúvida, com a própria construção do tanque e com o tamanho do reservatório do nitrogênio líquido. Compressores, motores e outros dispositivos mecânico e elétricos e a própria eletricidade, não são exigidos para a operação do sistema, porém, se deve considerar a eficiência e a acessibilidade, a segurança e também uma fonte confiável para o reabastecimento dos tanques. A eficiência dos tanques se mede pela porcentagem de nitrogênio líquido evaporado por dia, que não deve ser maior que 1% (ALMEIDA. 2006).

Com o intuito de conhecer o comportamento do congelamento nas sementes deslindadas pela máquina deslindadora de sementes de algodão durante o processo de congelamento criogênico, será estudado o grau de umidade das sementes para o congelamento criogênico, nas temperaturas de -40 °C e -170 °C.

### **II.2.3.3 Descongelamento das sementes**

O descongelamento é tão importante quanto o resfriamento (WITHERS e WILLIAMS, 1998), podendo tornar falho todo o esforço do resfriamento, do congelamento e do armazenamento se não forem tomados os cuidados necessários (MROGINSKI *et al.*, 1993). O descongelamento rápido é aconselhável para evitar a recristalização de gelo na qual os pequenos cristais crescem a tamanhos que danificam a célula; isto pode ser feito com banhos de 1 a 2 minutos de duração, em água a 40°C, tomando-se o cuidado de inserir gradualmente meio de cultura para diluir as substâncias crioprotetoras. Também pode ser utilizada corrente de ar quente, a qual descongela o material mais rapidamente (MROGINSKI *et al.*, 1993).

Semelhante ao que ocorre no congelamento durante o descongelamento, também poderá ocorrer formação de cristais de gelo e, em consequência, as células podem ser danificadas pelos mesmos mecanismos já discutidos. Segundo SANTOS (2000), o descongelamento rápido por imersão em água ou meio de cultura líquido a 35-40°C tem garantido melhores resultados. Nesta faixa de temperatura o descongelamento é rápido o bastante para evitar a fusão de microcristais formados no congelamento ou a formação de novos cristais, pela água liberada através da vitrificação.

Há controvérsias quanto à velocidade de congelamento e descongelamento adequado para garantir a integridade do material quando exposto a nitrogênio líquido. (STANWOOD & BASS, 1981) sugerem que o congelamento rápido tende a promover um resfriamento mais uniforme de água subcelular e o descongelamento lento evita danos nos tecidos e células das sementes, em contraste, (DUMET & BENSON, 2000) propõem que o congelamento rápido resulta em formação de cristais de gelo intracelulares, o que é letal para as células e os tecidos das sementes. Por outro lado, o congelamento lento resulta em danos ou morte celular, porque ocorre desidratação osmótica extrema, quando a água intracelular se movimenta para fora da célula, compensando a água congelada dos componentes extracelulares.

O descongelamento é uma operação fundamental para evitar a perda de qualidade dos produtos congelados antes de seu emprego ou consumo. O tempo requerido para isso geralmente é superior ao necessário para o congelamento, devido as diferenças de condutividade e de difusidade térmica da água e do gelo e a impossibilidade de aplicar elevado gradiente de temperatura (PEREDA *et al.*, 2005).

## II.3. MATERIAIS E MÉTODOS

Esta parte do trabalho foi realizado no Setor de Criogenia do Laboratório de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas da Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande, Campus I, em Campina Grande (UFCG) em conjunto com o Centro Nacional de Pesquisa de Algodão da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA/CNPA).

As sementes de algodão da variedade BRS Araripe utilizadas neste estudo, foram deslindadas quimicamente na máquina descrita no Capítulo 1, utilizando-se 7 kg de semente por litro de ácido sulfúrico, durante 3 minutos; em seguida, realizou-se pré lavagem em água corrente, neutralização com carbonato de sódio a 10%, e lavagem final, além de secagem das sementes ao sol.

### II.3.1. Determinação do teor de água limite para criopreservação

Após a caracterização do material quanto ao teor de água, as sementes foram submetidas aos processos de hidratação ou secagem, para alcançarem os teores de água estabelecidos para determinação do teor de água limite para a criopreservação TALC (6; 8; 10; 12 e 14 %. b.u). Determinou-se a perda ou ganho de água pelas sementes, através da equação 1.

$$P_f = \left( \frac{100 - x_i}{100 - x_f} \right) p_i \quad (3)$$

em que:

$P_f$  = Peso final da subamostra, g

$x_i$  = Teor de água inicial das sementes (b.u), %

$x_f$  = Teor de água desejada das sementes (b.u), %

$P_i$  = Peso inicial da subamostra, g

Para a secagem, as amostras foram colocadas ao sol e pesadas até que atingissem os pesos correspondentes aos teores de água desejados; utilizou-se, para este fim, uma balança eletrônica semianalítica, com precisão de 0,001g.

Para o aumento do teor de água as sementes foram colocadas em sacos de filó acondicionados em pequenas caixas gerbox, contendo 40 mL de água na parte inferior da caixa; uma tela de arame no centro das caixas mantinha os sacos de filó suspensos, posteriormente, as caixas foram colocadas em BOD a temperatura de 10°C e realizadas pesagens, até a obtenção do teor de água desejado.

As sementes com teor de água de 6, 8, 10, 12 e 14% base úmida, foram armazenadas em botijões criogênicos por 5 dias, a temperatura de -170°C; após este período, as sementes foram submetidas a descongelamento em temperatura ambiente (25°C), pelo tempo de 3 horas e feitos os testes de germinação e vigor, cujos resultados foram analisados estatisticamente, a fim de se determinar o teor de água limite para a criocervação.

### **II.3.2 Armazenagem a baixas temperaturas**

A partir da determinação TALC as sementes foram acondicionadas com esse teor de água em botijões criogênicos (Figura II.2.1), a temperatura de -170°C, e em balcão semicriogênico a -40°C, durante o período de 300 dias. Fez-se a cada dois meses, a avaliação das sementes crioconservadas (0, 60, 120, 180, 240 e 300 dias) que foram submetidas a dois métodos de descongelamento:

- a) descongelamento lento: feito em temperatura ambiente de 25 °C, durante o tempo suficiente (estudado previamente) para que as amostras descongelassem totalmente.
- b) temperatura termostática, que consiste no descongelamento das amostras a 40 °C, em banho Maria.

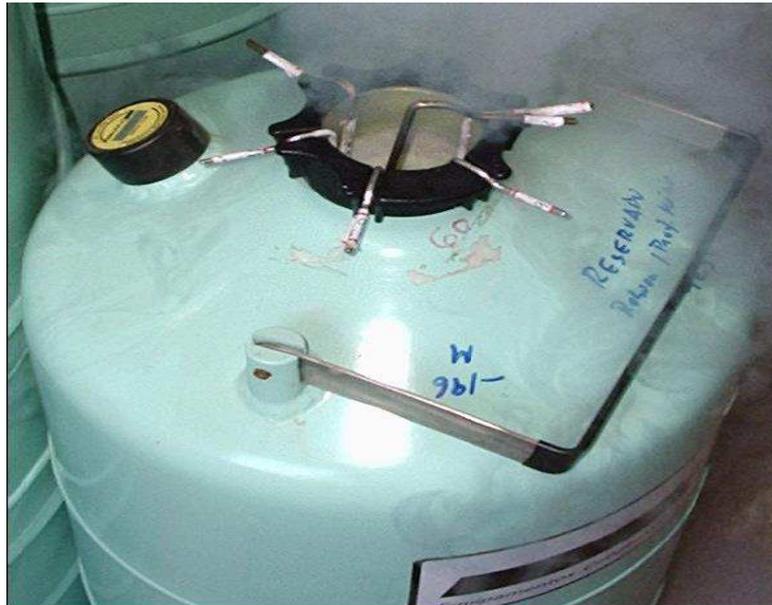


FIGURA II.15 – Botijão criogênico com canisters acondicionados

Antes e após a crioconservação foram feitas análises da qualidade fisiológica, que constituíram do teste de germinação e vigor das sementes, para a variedade estudada, de acordo com as “Regras para Análise de Sementes” (Brasil, 1992).

Fez-se a análise estatística dos dados da crioarmazenagem, utilizando-se o delineamento inteiramente casualizado em arranjo fatorial  $2 \times 2 \times 6$ , com 4 repetições; os tratamentos se constituíram pela combinação dos níveis dos fatores:

- temperatura: botijões criogênicos ( $-170\text{ }^{\circ}\text{C}.$ ), balcão criogênico ( $-40\text{ }^{\circ}\text{C}.$ );
- método de descongelamento: temperatura ambiente ( $25\text{ }^{\circ}\text{C}.$ ) e temperatura termostática ( $40\text{ }^{\circ}\text{C}.$ );
- Tempo de armazenamento: P0 = inicial, P60 = após dois meses de armazenamento, P120 = após quatro meses de armazenamento, P180 = após seis meses de armazenamento,
- P240 = após oito meses de armazenamento e P300 = após dez meses de armazenamento, com quatro repetições.

As médias dos fatores qualitativos foram comparadas pelo teste de Tukey a nível de 5% de probabilidade.

### **II.3.3 Armazenagem em câmara seca**

As sementes foram, também, armazenadas em câmara seca (10°C e 40% UR) pelo mesmo período de tempo das sementes crioconservadas para realização de uma análise comparativa. A cada dois meses se realizaram os testes de germinação e vigor para verificar os efeitos latentes do deslntamento das sementes.

Para o armazenamento em câmara seca, o delineamento foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 7 x 6 (sete calhas e seis períodos de armazenagem): (0, 60, 120, 180, 240, 300 dias) para cada etapa do processo de deslntamento, com quatro repetições.

As análises estatísticas foram realizadas em separado da conservação a baixas temperaturas em função de não haver simetria entre os processos de armazenagem.

### **II.3.4 Determinação da qualidade fisiológica**

- Teste de germinação (TG) – conduzido com quatro repetições de 100 sementes, para cada tratamento, utilizando-se como substrato rolos de papel germitest, previamente umedecidos com água destiladas na quantidade de 2,5 vezes a sua massa inicial. Os rolos serão mantidos em germinador a temperatura de 25 °C durante de 12 dias, conforme regras para Análise de Sementes (Brasil, 1992). Os resultados são expressos em porcentagem de plântulas normais.
- Primeira contagem de germinação (PCG) – conduzido juntamente com o teste de germinação (Brasil, 1992), registrando-se a porcentagem de plântulas normais da primeira contagem, realizada no 4º dia após a sementeira.

Para avaliação se houve dano latente durante o processo de deslntamento com o delitador mecânico químico desenvolvido no Capítulo I, foram coletadas sementes em todas as 7 calhas do deslntador com o objetivo de identificar em que momento do processo de deslntamento a qualidade fisiológica pode estar sendo afetada.

## II.4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### II.4.1 Teor de água limite para crioconservação

A Tabela II.1 contém o resumo da análise de variância da germinação e do vigor das sementes de algodão para determinar seu teor de água limite para crioconservação. Observa-se que a germinação e o vigor das sementes não diferem significativamente entre si, em nível de 5% de probabilidade, pelo Teste de Tukey, entre os teores de água das sementes de algodão que foram propostos, ou seja, entre 6 e 14% base úmida. Tal comportamento indica que esses teores de água são os mais indicados para a crioconservação das sementes de algodão BRS Araripe, visto que as médias dos fatores utilizados para determinar o teor de água não diferiram do ponto de vista estatístico.

Tabela II.1 – Resumo da análise de variância da germinação e vigor de sementes de algodão variedade BRS Araripe para a determinação dos teores de água limite para a crioconservação (TALC)

Quadrados Médios			
Fontes de Variação	GL	Germinação - TG	Vigor – PCG
Teor de água	4	15,2 <sup>NS</sup>	26,2 <sup>NS</sup>
Resíduo	15	6,86	12,0

Significativo a nível de 5% de Probabilidade, NS = Não significativo

Na Tabela II.2 se encontram os resultados do teste de germinação das sementes de algodão, variedade BRS Araripe, deslindadas com ácido sulfúrico com a máquina desenvolvida e descrita no Capítulo 1, para os diferentes teores de água (6 a 14%).

Tabela II.2 – Valores médios de germinação e vigor das sementes de algodão BRS Araripe em diferentes teores de água, submetidas a crioconservação de -170°C pelo período de cinco dias

Teor de água (%)	Germinação – TG(%)	Vigor- PCTG(%)
6	98 a	98 ab
8	95 b	94 b
10	100 a	100 a
12	98 a	98 ab
14	100 a	99 ab
DMS	2,62	5,76

Outros autores, como COELHO *et al.*, (2006) trabalhando com sementes crioconservadas de duas cultivares de algodão BRS 200 Marrom e BRS Verde, encontraram valores um pouco diferentes dos obtidos neste trabalho, concluindo que o teor de água limite para a crioconservação dessas sementes se situa entre 6 e 8% base úmida; portanto, constata-se que a variedade BRS Araripe é mais tolerante a temperaturas criogênicas pois permite a utilização de teores de água nas sementes mais altos para sua crioconservação sem que sua qualidade fisiológica seja afetada significativamente.

ROCHA *et al.*, (2007) trabalhando com sementes crioconservadas da cultivar de algodão arbóreo variedade 6M, encontraram valores inferiores dos obtidos neste trabalho. Os autores concluíram que, o teor de água limite para a crioconervação (TALC) das sementes estudadas é de 6% base úmida.

STANWOOD (1987) encontrou médias do teor de água limite inferiores as obtidas neste trabalho, oriundas de teores de água mais altos, devido às concentrações de água presentes se encontrarem em valores nos quais a viabilidade e o vigor da semente são reduzidos durante o congelamento.

Embora concordem com a maioria dos autores acerca da influência do teor de água limite para a crioconservação, ALMEIDA *et al.* (2000), alertam que a perda de viabilidade observada em determinadas espécies expostas a crioconservação, pode ser resultante de danos físicos sofridos pelas sementes durante a crioconservação. Os autores orientam, desta maneira, a utilização de diferentes velocidades de congelamento e descongelamento.

Com base na determinação do teor de água limite para crioconservação (TALC) utilizou-se o teor de água inicial de 12% (b.u.) para armazenagem das sementes de algodão cultivar BRS Araripe tanto para a armazenagem em câmara fria quanto na crioconservação. A germinação média inicial das sementes foi de 98,2% (b.u.) e seu vigor foi de 97,8%.

#### II.4.2 Armazenamento das sementes em balcão semicriogênico (- 40 °C)

Na Tabela II.3 encontram-se os dados da porcentagem de germinação das sementes de algodão da cultivar BRS Araripe, provenientes das etapas do processo de deslincamento e armazenadas em balcão semicriogênico (-40°C) em diversos períodos de tempo e descongeladas pelos métodos: banho termostático (40°C em Banho Maria) e temperatura ambiente (25°C). Pela simples observação dos dados verifica-se que as sementes deslincadas com ácido sulfúrico mantiveram sua germinação acima de 80%, até os 300 dias de armazenamento, independentemente do método de descongelamento utilizado.

TABELA II.3 - Valores médios da germinação das sementes de algodão deslincadas quimicamente e criopreservadas em balcão semicriogênico (-40C) pelo período de 300 dias, sendo as variáveis: etapas do processo de deslincamento, período de armazenamento e métodos de descongelamento

Etapas do Processo de deslincamento	Período de Armazenamento (dias)											
	0		60		120		180		240		300	
	Métodos de descongelamento											
	BT.	TA	BT	TA	BT	TA	BT	TA	BT	TA	BT	TA
Calha 1	91	93	87	91	95	91	96	92	96	93	94	92
Calha 2	97	95	93	96	92	95	92	96	92	95	92	95
Calha 3	100	96	92	92	94	91	94	93	94	92	94	92
Calha 4	95	93	93	89	97	89	97	90	97	90	97	90
Calha 5	97	88	93	86	88	85	90	92	90	92	90	92
Calha 6	96	89	91	90	91	94	91	93	91	93	91	93
Calha 7	93	93	89	93	97	87	97	87	97	89	97	80

Na Tabela II.4 se tem o resumo da análise de variância (quadrado médio) para a germinação das sementes de algodão cultivar BRS Araripe armazenada em balcão semicriogênico (-40°C), para as fontes de variação, período de armazenamento (PA); etapas do processo (E) e métodos de descongelamento (MD), observando-se efeitos significativos para todos os tratamentos e para a interação método de descongelamento versus etapas do processo.

TABELA II.4 – Resumo da análise de variância para a viabilidade da semente de algodão armazenada ao longo de 300 dias em balcão semicriogênico (-40°C)

Fontes de Variação	GL	QM
Período de Armazenamento (PA)	5	56,3*
Etapas do Processo de deslincamento (EPD)	6	79,0*
Métodos de descongelamento de deslincamento (MD)	1	336*
PA x E	30	12,2
MD x E	6	100*
PA x MD	5	17,2
PA x MD x E	30	29,3
Resíduo	252	20,9
CV(%)		4,9

\*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

Os resultados médios do teste padrão de germinação da cultivar BRS Araripe, submetida ao processo de deslincamento e armazenada em balcão semicriogênico a -40°C pelo período de armazenamento de 300 dias (0, 60, 120, 180, 240 e 300 dias) se encontram nas Tabelas 8 e 9.

Na Tabela II.5 estão as médias da germinação da semente de algodão para os fatores período de armazenamento, etapas do processo e métodos de descongelamento. Verifica-se que as sementes, quando crioarmazenadas em balcão semicriogênico, a temperatura de -40°C mantêm sua germinação pelo período de 300 dias; observa-se, porém, diferenças significativas entre a germinação das sementes de algodão no período inicial de armazenamento (94%) e depois de 60 dias (91%). Em comparação com os demais períodos (120, 180, 240 e 300 dias) não se observaram diferenças significativas entre o valor inicial e esses períodos de armazenamento, ou seja, o armazenamento semicriogênico praticamente não altera a germinação das sementes. Resultados semelhantes foram encontrados por ALMEIDA (2001) crioconservando sementes de mamona ao encontrar maior germinação aos 30 dias de armazenamento, o qual retornou ao nível inicial, depois dos 60 dias da criopreservação, e ROCHA (2006), armazenando sementes de algodão em nitrogênio líquido (-196°C) e em vapor de nitrogênio (-170°C), em quatro períodos de armazenamento (5, 30, 60 e 90 dias), observou que a qualidade fisiológica das sementes de algodão para as variedades (6M Moco, BRS-187-8H, BRS-200-marrom e BRS-verde), aumentou depois de um período de 90 dias de armazenamento concluindo que a crioarmazenagem não afeta as

características fisiológicas das sementes e que o frio pode ser um fator que propicia a quebra de dormência das sementes.

TABELA II.5 – Valores médios da germinação das sementes de algodão BRS Araripe para os fatores individuais do período de armazenamento, etapa do processo de deslincamento e métodos de descongelamento

Período de Armazenamento (dias)	Germinação TG	Etapas do Processo	Germinação TG	Método de descongelamento	Germinação TG
0	94a	Calha 1	93ab	Banho Termostaizado	94 <sup>a</sup>
60	91b	Calha 2	94a	Ambiente	92b
120	92ab	Calha 3	94a	-	-
180	93ab	Calha 4	93ab	-	-
240	93ab	Calha 5	90b	-	-
300	93ab	Calha 6	92ab	-	-
-	-	Calha 7	92ab	-	-
DMS	2,48		2,77		0,98

\*Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si a 5% de probabilidade teste de Tukey

Em relação às etapas do processo de deslincamento (Tabela II.5), nota-se que as calhas 1, 2, 3, 4, 6 e 7 apresentaram comportamento idêntico de germinação, sem se observar diferenças significativas; exceção se faz na calha 5, em que as sementes apresentaram menor valor de germinação porém sem diferir dos valores de germinação encontrados nas calhas 1, 4, 6 e 7. De maneira geral, durante as etapas do processo de deslincamento as sementes não perderam o poder germinativo.

Para o fator método de descongelamentos das sementes de algodão (Tabela II.5), tem-se que as sementes descongeladas com banho termostático tiveram uma germinação significativamente maior que aquelas descongeladas a temperatura ambiente a 25°C, apresentando valor médio de 94% contra 92% do método a temperatura ambiente. Esta diferença de germinação se deve, sem dúvida, a uma velocidade maior imposta às sementes, no ato de descongelar evitando-se, provavelmente, uma recristalização de partículas de água. PITA VILLAMIL (1997), afirma que os métodos mais rápidos de descongelamento se adaptam melhor a Tecnologia de criconservação de organismos biológicos, pois o descongelamento lento possibilita o recongelamento de fração das sementes devido, provavelmente, a mudanças de temperatura durante o reaquecimento.

Na Tabela II.6 se encontram as médias de germinação das sementes de algodão cultivar BRS Araripe para a interação entre os fatores métodos de descongelamento versus etapas do processo de deslincamento da semente. Analisando-se as médias de germinação para o método de descongelamento em banho termostático (40°C) nas diferentes etapas (calhas) observa-se que as calhas 5 e 6 apresentaram menor valor de germinação, diferindo apenas da calha 4, que apresentou o valor de 96%. A germinação nas demais calhas não diferiu das calhas 5 e 6 nem da calha 4, entretanto, na calha 7, que finaliza o processo de deslincamento da semente, elas apresentaram percentual de germinação de 95%; Em relação ao método de descongelamento, a temperatura ambiente nas calhas 4 e 5 as sementes tiveram valores de germinação menores, diferindo estatisticamente dos valores de germinação obtidos nas calhas 2 e 7 e mantendo comportamento semelhante em relação às demais calhas; na calha 7, que finaliza o método de descongelamento, a semente de algodão apresentou germinação no valor de 96% que não difere estatisticamente da germinação da semente obtida na calha 1, demonstrando que tanto o método de banho termostático como o da temperatura ambiente, não alteram as condições de germinação das sementes.

Analisando-se comparativamente os métodos de descongelamento nas linhas, vê-se que somente na calha 4 existe diferença significativa entre o método de descongelamento com banho termostático (40°C) e a Temperatura Ambiente (25°C) em que a germinação das sementes de algodão foi de 96% para o banho termostático e de 90% para o descongelamento a temperatura ambiente. A germinação das sementes não difere entre si quando se comparam os dois métodos de descongelamento nas demais calhas.

Embora exista diferença significativa entre os métodos de descongelamento das sementes de algodão cultivar BRS Araripe, pode-se dizer que esses métodos não diferem estatisticamente no final do processo de deslincamento, estando de acordo com os resultados obtidos por COELHO (2006), que trabalhou com crioconservação de sementes de algodão colorido e observou que os métodos de descongelamento a temperatura ambiente e banho termostático não interferiram nos percentuais de germinação nas cultivares estudadas.

TABELA II.6 – Valores médios da germinação das sementes da cultivar BRS Araripe para a interação entre os fatores métodos de descongelamento versus etapas do processo de deslincamento

Etapas do Processo de deslincamento	Método de descongelamento		*Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si a
	Banho Termostatizado(40°C)	Ambiente(25°C)	
Calha 1	93Aab	92Aab	
Calha 2	93Aab	95Aa	
Calha 3	95Aab	93Aab	
Calha 4	96Aa	90Bb	
Calha 5	91Ab	89Ab	
Calha 6	92Ab	92Aab	
Calha 7	95Aab	96Aa	
DMS	Coluna 3,92	Linha 2,60	

5% de probabilidade pelo teste de Tukey

A porcentagem de vigor das sementes de algodão da cultivar BRS Araripe, provenientes das etapas do processo de deslincamento nos diversos períodos de armazenamento (300 dias), descongeladas pelos métodos banho termóstático (40°C) e temperatura ambiente (25°C), encontra-se na Tabela II.7; as sementes deslincadas com ácido sulfúrico mantiveram o vigor acima de 80%, pelo período de 300 dias de armazenamento, demonstrando que as sementes estão dentro dos valores estabelecidos pelo Ministério da Agricultura e, portanto, aptas para a comercialização e plantio.

TABELA II.7 – Valores médios da primeira contagem de germinação dos fatores armazenamento etapas do processo e método de descongelamento, das sementes crioconservadas em balcão semicriogênico (-40° C) no período de 300 dias

Etapas Processo de deslincamento	Período de Armazenamento(dias)											
	0		60		120		180		240		300	
	Método de descongelamento											
	BT	TA	BT	TA	BT	TA	BT	TA	BT	TA	BT	TA
Calha 1	91	78	78	79	83	76	83	86	82	86	82	86
Calha 2	79	84	76	80	80	79	86	86	86	86	86	86
Calha 3	82	88	78	77	80	78	80	88	78	88	78	88
Calha 4	79	82	81	76	94	83	96	86	86	86	72	86
Calha 5	83	83	78	74	86	74	87	80	87	80	87	80
Calha 6	80	79	75	76	83	76	90	85	90	85	90	85
Calha 7	86	80	81	81	97	75	97	80	94	79	89	75

Na Tabela II.8, se encontra o resumo da análise de variância para a qualidade fisiológica das sementes de algodão cultivar BRS Araripe armazenada em balcão criogênico (-40°C), para as fontes de variação, período de armazenamento (PA), etapas do processo de deslincamento (EPD) e métodos de descongelamento (MD) e a interação entre esses fatores, observando-se que o armazenamento e os métodos de descongelamento exerceram efeitos significativos sobre o vigor das sementes, mas sem haver interação entre esses fatores.

TABELA II.8 – Valores médios (PCG) fonte de variação e grau de liberdade da viabilidade das sementes de algodão armazenadas ao longo de 300 dias em balcão semicriogênico (40°C)

Fonte de Variação	GL	QM
Período de Armazenamento (PA)	5	1134,4*
Etapas do Processo deslincamento (EPD)	6	489,4
Método de descongelamento (MD)	1	1717,0*
PA x EPD	30	367,1
MD x EPD	6	617,0
PA x MD	5	440,7
PA x MD x EPD	30	370,4
Resíduo	252	
CV(%)		20,8

\* Significativo a 5% de probabilidade.

Na Tabela II.9 estão os dados médios do vigor das sementes de algodão determinados pela primeira contagem do teste padrão de germinação na qual, observando-se o comportamento ao longo do período de armazenamento, verifica-se ligeiro decréscimo de vigor aos 60 dias (valor de 78%), em relação ao período inicial e que houve um acréscimo do vigor após os 60 de armazenamento, praticamente não existindo diferenças significativas entre o vigor no início do armazenamento e no final do período de armazenamento, indicando que o vigor está dentro dos padrões recomendados pelo Ministério da Agricultura. Resultados um tanto adversos foram encontrados por COELHO (2006), quando verificou decréscimo no vigor das sementes armazenadas por 360 dias, porém dentro das recomendações do Ministério da Agricultura; da mesma forma CHADEL *et al.*, (1995), observaram perdas no vigor das sementes armazenadas através da crioconservação e concluíram que a espécie, o período de armazenamento e o frio, podem influenciar o vigor das sementes, de forma significativa.

TABELA II.9 – Valores médios da primeira contagem de germinação (PCG) das sementes de algodão, cultivar BRS Araripe armazenadas em balcão semicriogênico (-40°C) para os fatores armazenamento, e método de descongelamento aos 300 dias de armazenamento

Período de Armazenamento(dias)	Vigor PC\TPG	Método de Descongelamento	Vigor PCG
0	82ab	Banho Termostatizado (40°C)	86a
60	78b	Ambiente (25°)	82b
120	82ab		
180	86ab		
240	91a		
300	84ab		
DMS	9,17		3,75

\* Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

Em relação ao método de descongelamento das sementes de algodão BRS Araripe nas temperaturas, banho termostatizado e ambiente, foram notórias as diferenças significativas entre os dois métodos de descongelamento, cujo maior valor do vigor das sementes foi obtido através do banho termostatizado (86%). Esses resultados concordam com as afirmações de PITA VILLAMIL (1997) segundo o qual os métodos de descongelamento rápidos produzem melhores resultados pelo fato desses métodos não possibilitarem o fenômeno do recongelamento, altamente prejudicial à viabilidade e ao vigor das sementes.

De forma contrária, DINIZ et al, (1999), obtiveram resultados ao trabalharem com sementes de quatro variedades de milho e observaram que o vigor das sementes tem resultados maiores quando elas foram descongeladas em banho termostatizado em detrimento do seu descongelamento em banho ambiente.

#### II.4.3 Armazenamento das sementes em vapor de nitrogênio (-170°)

Na Tabela II.10 estão os dados da porcentagem de germinação das sementes de algodão da cultivar BRS Araripe, provenientes das etapas do processo de deslindamento e armazenadas em vapor de nitrogênio (-170°C) por 300 dias e descongeladas pelos métodos: banho termostático (40°C) e temperatura ambiente (25°C); pela observação dos dados, verifica-se que as sementes deslindadas com ácido sulfúrico mantiveram germinação acima de 80% até os 300 dias de armazenamento.

TABELA II.10 – Valores médios da germinação da sementes de algodão deslinda dias, sendo as variáveis: etapas do processo de deslinda, período de armazenamento e métodos de descongelamento

Armazenamento(dias)	0		60		120		180		240		300	
Etapas do Processo de deslinda	Métodos de Descongelamento											
	BT	TA	BT	TA	BT	TA	BT	TA	BT	TA	BT	TA
Calha 1	91	90	86	92	90	92	91	93	92	93	92	93
Calha 2	92	95	91	93	93	95	94	96	94	96	94	96
Calha 3	93	95	89	93	88	88	88	91	88	91	88	91
Calha 4	95	98	91	93	92	90	93	89	93	89	93	89
Calha 5	93	92	93	89	93	90	95	90	95	90	95	90
Calha 6	95	97	94	92	80	89	89	95	95	94	95	91
Calha 7	91	93	90	89	91	88	91	86	92	90	91	87

Na Tabela II.11 se encontram o resumo da análise de variância para a germinação das sementes de algodoeiro cultivar BRS Araripe armazenada em vapor de nitrogênio (-170°C), constatando-se efeitos significativos para os fatores: Período de armazenamento e etapas do processo de deslinda e para a interação método de descongelamento versus etapas do processo de deslinda.

Tabela II.11 – Valores médios, fonte de variação e grau de liberdade da viabilidade das sementes de algodão armazenadas ao longo de 300 dias em vapor de nitrogênio

Fontes de Variação	GL	QM	
Período de Armazenamento(PA)	5	43,2*	
Etapas do Processo Descongelamento(EPD)	6	92,3*	
Método de Descongelamento(MD)	1	6,8	Os
PA x EPD	30	13,6	resultados
MD x EPD	6	72,7*	médios do
PA x MD	5	8,6	teste de
PA x MD x EPD	30	9,3	germinação
Resíduo	252	18,6	o da
CV(%)		4,7	cultivar

Significativo a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

BRS Araripe de sementes de algodão, submetidas ao processo de deslinda e armazenadas em

vapor de nitrogênio (-170 °C) pelos períodos de armazenamento de 300 dias (0, 60, 120, 180, 240 e 300 dias) e descongeladas (temperatura ambiente e banho termostático) são apresentados na Tabela II.12. As sementes, quando criarmazenadas em vapor de nitrogênio, a temperatura de -170 °C, mantiveram sua qualidade fisiológica pelo período estudado de 300 dias; observa-se, porém, diferença significativa entre a germinação das sementes de algodão no período inicial de armazenamento (93%), em comparação com os períodos de 60 e 120 dias (91%) enquanto para os demais períodos (180, 240 e 300 dias) não se observaram diferenças significativas entre o valor inicial e esses períodos de armazenamento, ou seja, o armazenamento criogênico não altera praticamente a germinação das sementes. Resultado similar foi obtido por LACERDA *et al.*, (2002) que, trabalhando com sementes crioconservadas de pau-ferro, durante 105 dias, verificaram que as criarmazenadas em nitrogênio líquido, mantiveram sua viabilidade pelo período estudado.

Em relação às etapas do processo de deslincamento (Tabela II.12), observa-se que as sementes provenientes das calhas 1, 3, 4, 5, 6 e 7 apresentaram comportamento semelhante de germinação, sem se observar diferenças significativas, exceção se faz à calha 2 o na qual as sementes apresentaram maior valor de germinação porém sem diferir dos valores de germinação encontrados nas calhas 4, 5, 6 e 7. De maneira geral, durante as etapas do processo de deslincamento as sementes não perderam o poder germinativo.

TABELA II.12 – Valores médios da germinação das sementes de algodão BRS Araripe Armazenadas em vapor de nitrogênio(-170C) para os fatores armazenamento e etapas do processo de deslincamento, de 300 dias (TG)

Período de Armazenamento (dias)	TG(%)	Etapas do Processo de deslincamento	TG(%)
0	93a	Calha 1	91b
60	91b	Calha 2	94a
120	91b	Calha 3	90b
180	92ab	Calha 4	92ab
240	92ab	Calha 5	92ab
300	92ab	Calha 6	92ab
-	-	Calha 7	90b
DMS	2,34	-	2,62

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

Na Tabela II.13 se encontram as médias de germinação das sementes de algodão cultivar BRS Araripe para a interação entre os fatores métodos de descongelamento versus etapas do processo de deslincamento da semente. Analisando-se as médias de germinação para o método de descongelamento em banho termostático (40°C) nas diferentes etapas do processo de deslincamento (coluna) (calhas), nota-se que a calha 3 foi a que apresentou menor valor de germinação (89%), diferindo das calhas 2, 4 e 5. A germinação das sementes de algodão nas demais calhas (1, 2, 4, 5, 6 e 7) não diferiu estatisticamente da calha 7, que finaliza o processo de deslincamento da semente e proporcionou um percentual de germinação de 91% o qual não difere do valor inicial. Com relação aos métodos de descongelamento, constata-se que a semente descongelada a temperatura ambiente nas calhas 4, 5 e 7, teve valores de germinação menores, diferindo estatisticamente dos valores de germinação obtidos na calha 2 e mantendo comportamento semelhante em relação às demais calhas; na calha 7, que finaliza o processo de deslincamento, a semente de algodão apresentou germinação de 91% que não difere estatisticamente da germinação da semente obtida na calha 1, demonstrando que tanto o descongelamento em banho termostático como em temperatura ambiente, não alteram as condições iniciais de germinação das sementes.

Analisando-se comparativamente os métodos de descongelamento nas linhas, tem-se que nas calhas 3 e 5 existe diferença significativa entre o método de descongelamento com banho termostático (40°C) e a temperatura ambiente (25°C) em que a germinação das sementes de algodão foi de 89 e 92% , respectivamente para a calha 3 e de 94% e 90%, respectivamente para a calha 5, observa-se, ainda, na Tabela 24, que a germinação da semente não difere quando se comparam os dois métodos de descongelamento nas demais calhas.

O efeito do descongelamento rápido em sementes não é unanimidade, visto que SALOMÃO *et al.*, (2002) testando a possibilidade de crioconservar sementes da espécie *Apuleia leiocarpa* (Vog.) Macbr (Caesalpinaceae), observaram que o descongelamento lento teve efeito favorável sobre a germinação dessas sementes, fato que também ocorreu com DINIZ (1999), que trabalhou com quatro variedades de sementes de milho e obteve médias de germinação superiores utilizando descongelamento natural.

TABELA II.13 – Valores médios do desdobramento da interação método versus etapas do Processo para a variável germinação das sementes da cultivar BRS Araripe, Armazenadas no vapor de nitrogênio (-170 °C) no período de 300 dias (TG)

Etapas do Processo de descongelamento	Métodos de Descongelamento(MD)	
	Banho Termostático(40°C)	Temperatura Ambiente(25°C)
Calha 1	90Aab	92Aab
Calha 2	93Aa	95Aa
Calha 3	89Bb	92Aba
Calha 4	93Aa	91Ab
Calha 5	94Aa	90 Bb
Calha 6	93Aab	92 Aba
Calha 7	91Aab	91 Ab
DMS	Linha 2,45	Coluna 3,70

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

MAEDA (1977) armazenando sementes de algodão durante 12 meses deslindadas com diferentes métodos (ácido sulfúrico, gás clorídrico, mecanicamente e flambagem), concluiu que em todos os períodos de armazenamento as porcentagens de germinação das sementes deslindadas por ácido sulfúrico e gás clorídrico foram superiores às das sementes deslindadas mecanicamente ou por flambagem.

A porcentagem de vigor das sementes de algodão da cultivar BRS Araripe, provenientes das etapas do processo de deslindamento, nos períodos de armazenamento pelo tempo de (300 dias) e descongeladas pelos métodos: banho termostático (40°C) e temperatura ambiente (25°C) se encontra na Tabela II.14. As sementes deslindadas com ácido sulfúrico mantiveram o vigor acima de 72% no período de 300 dias de armazenamento demonstrando que as sementes têm vigor adequado para a comercialização e plantio.

TABELA II.14 – Valores médios do teste primeira contagem de germinação para as variáveis armazenamento, etapas do processo e método de descongelamento das criopreservadas em nitrogênio(-170 °C) no período de 300 dias

Etapas do processo	Período de Armazenamento(dias)											
	0		60		120		180		240		300	
	Métodos de descongelamento											
De deslntamento	BT	TA	BT	TA	BT	TA	BT	TA	BT	TA	BT	TA
Calha 1	80	80	78	78	76	75	79	80	75	81	77	80
Calha 2	81	78	75	77	76	80	86	86	86	85	86	85
Calha 3	80	82	76	77	75	79	86	84	86	84	86	84
Calha 4	84	82	72	76	80	76	87	80	86	80	86	80
Calha 5	83	77	75	77	90	78	92	82	92	82	90	78
Calha 6	80	83	76	75	78	76	83	79	83	79	83	79
Calha 7	80	85	80	76	75	73	80	79	80	78	80	79

Os resumos da análise de variância para o vigor das sementes de algodão realizada pela primeira contagem do teste de germinação submetidas as diferentes etapas do processo de deslntamento e armazenadas em vapor nitrogênio (-170°C) por 300 dias, são apresentados na Tabela II.15, na qual se verificam efeitos nos fatores período de armazenamento (PA), etapas do processo de deslntamento (EPD) e métodos de descongelamento (MD).

TABELA II.15 – Valores médios, fonte de variação, grau de liberdade do vigor da semente de algodão armazenadas ao longo de 300 dias vapor de nitrogênio (-170°C)

Fontes de Variação	GL	QM
Período de Armazenamento(PA)	5	458,1*
Etapas Processo de Descongelamento(EPD)	6	145,3*
Métodos de Descongelamento(MD)	1	267,8*
PA x EPD	30	38,9
MD x EPD	6	121,8*
PA x MD	5	38,1
PA x MD x EPD	30	20,9
Resíduo	252	
CV(%)	21,7	

Significativo a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

Os resultados médios do teste de germinação de sementes de algodão submetidas ao processo de deslntamento e armazenadas em vapor de nitrogênio (-170 °C) pelos períodos de armazenamento de 300 dias (0, 60, 120,180, 240 e 300 dias) e

das técnicas de descongelamento (temperatura ambiente e banho termostático) se encontram na Tabela II.16, na qual se nota que as sementes, quando crioarmazenadas em vapor de nitrogênio, a temperatura de  $-170^{\circ}\text{C}$ , mantêm sua qualidade fisiológica pelo período estudado de 300 dias, entretanto, se observam diferenças significativas entre o vigor das sementes de algodão quando armazenadas pelo período de 60 dias e de 120 dias, em comparação com os demais períodos.

Na Tabela II.16 não se observaram diferenças significativas entre o valor inicial do vigor da semente de algodão (calha 1) e o período final do processo de deslincamento (calha 7), embora existam diferenças significativas nas várias etapas do processo de deslincamento, ou seja, o armazenamento criogênico praticamente não altera a germinação das sementes; resultado similar foi obtiveram por LACERDA *et al.*, (2002) que, trabalhando com sementes criopreservadas de pau-ferro, durante 105 dias, verificaram que sementes, crioarmazenadas em nitrogênio líquido, mantiveram a viabilidade pelo período estudado.

TABELA II.16 – Valores médios do teste de primeira contagem de germinação das sementes de algodão BRS Araripe armazenadas em balcão criogênico ( $-170^{\circ}\text{C}$ ) para os fatores armazenamento, etapas do processo e métodos no período de 300 dias

Período de Armazenamento	PCG	Etapas do Processo de deslincamento	PCG	Método de Descongelamento	PCG
0	81a	Calha 1	78c	Banho Termostático	81a
60	76b	Calha 2	82ab	Ambiente	80b
120	78b	Calha 3	82ab	-	-
180	83a	Calha 4	81abc	-	-
240	83a	Calha 5	83a	-	-
300	82a	Calha 6	80bc	-	-
-	-	Calha 7	79c	-	-
DMS	2,53		2,83		1,00

\* Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

Em relação às etapas do processo de deslincamento (Tabela II.16) constatou-se, nas calhas 2, 3 e 4, que as sementes de algodão apresentaram vigor justamente onde não se verificam diferenças significativas entre elas; não se observa também, nesta tabela, que o vigor das sementes de algodão na calha 1 não difere significativamente do vigor das sementes no final do processo de deslincamento (Calha 7).

Quanto ao método de descongelamento, o banho termostático (40°C) diferiu do descongelamento a temperatura ambiente (25°C) com 81% e 80%, respectivamente sem, no entanto, afetar, de forma acentuada, o vigor das sementes. STANWOD & BASS (1981), observaram equivalência dos métodos de descongelamento ao longo dos períodos de armazenamento.

Constata-se, na Tabela II.17, que houve interação entre o método de descongelamento e as etapas do processo de deslincamento. Para o método descongelamento em banho Maria (40°C), o vigor da semente de algodão na calha 5, apresentou o maior índice de vigor (87%) diferindo de forma significativa das sementes das demais calhas. As sementes de algodão das calhas 2, 3, 4, 6 e 7, mostraram o mesmo comportamento no vigor com valores que variaram entre 79 a 83%, sendo que apenas as sementes da calha 4 se diferenciaram do vigor da calha 1, que apresentou valor médio de vigor de 78%.

Quanto ao descongelamento em ambiente natural (25°C) não indicaram diferenças estatísticas entre o vigor das sementes nas diferentes calhas, cujo valor oscilou entre 78 e 82%. Analisando o comportamento entre os métodos de descongelamento, observa-se que apenas nas calhas 4 e 5 o método banho termostático foi superior ao descongelamento em temperatura ambiente, de forma significativa, ou seja, a média dos dados de vigor, em todas as calhas descongeladas pelo método banho termostizado, alcançou o valor médio de 81,7% enquanto o método temperatura ambiente apresentou valor de 79,7% podendo-se então, constatar que o método banho termostizado foi ligeiramente superior ao método de descongelamento em temperatura ambiente.

Dados contrários foram obtiveram ROBSON *et al.*, (2006) armazenando sementes de algodão de duas variedades em nitrogênio líquido (-196°C) e no vapor de nitrogênio (-170°C) pelo período de 360 dias, utilizando três métodos de descongelamento, os autores relatam que, com o aumento do período de armazenamento das sementes, ocorreu decréscimo do vigor das sementes, em qualquer uma das temperaturas e dos métodos de descongelamento utilizados.

TABELA II.17 – Valores médios do desdobramento da interação método versus etapas do processo para a variável primeira contagem de germinação das sementes armazenadas no vapor de nitrogênio (-170°C) no período de 300 dias

Etapas do Processo de Descongelamento	Métodos de Descongelamento	
	Banho Termostatizado	Ambiente
Calha 1	78Ac	79Aa
Calha 2	82Ab	82Aa
Calha 3	82Abc	82Aa
Calha 4	83Ab	79Ba
Calha 5	87Aa	79Ba
Calha 6	81Abc	79Aa
Calha 7	79Abc	78Aa
DMS	Coluna 4,00	Linha 2,65

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

Stanwood & Ross, porém, mencionados por MEDEIROS & CAVALLARI (1992) trabalhando com sementes de hortaliças e de flores submetendo-as a imersão em nitrogênio líquido por 7, 30 e 180 dias, não encontraram efeito prejudicial do vigor das sementes mas apontam o nitrogênio líquido como meio promissor à conservação de sementes por longo prazo.

Todos os trabalhos referenciados indicam que a criopreservação pode ser utilizada por inúmeras sementes de plantas cultivadas desde que seja observada e avaliada a influência de numerosos fatores antes da criopreservação: Teor de água das sementes, anatomia e velocidade de congelamento e descongelamento entre outros (STANWOOD & BASS, 1981; VENTUCCI, 1989; ENGELMANN, 2000; ALMEIDA, 2000).

#### II.4.4 Armazenamento das sementes em câmara seca (10°C e 40% UR)

Na Tabela II.18 estão os quadrados médios da análise de variância para a qualidade fisiológica (germinação e vigor) das sementes de algodão cultivar BRS Araripe armazenada em câmara seca (10 °C e 40% UR), para as fontes de variação, período de armazenamento (PA), etapas do processo de deslincamento (EPD) e a interação entre esses fatores. Observam-se efeitos significativos para todos os tratamentos, exceto para os fatores período de armazenamento versus etapas do

processo para o teste emergência em campo (germinação) e pela determinação do índice de velocidade e emergência (vigor), quando se analisa a interação entre os fatores.

TABELA II.18 – Resumo da análise de variância da germinação e vigor da semente de algodão BRS Araripe, armazenada ao longo de 300 dias em câmara seca.

Fontes de variação	GL	Quadrados Médios			
		Geminção		Vigor	
		TPG	EC	PCG	IVE
Período Armazenamento (PA)	5	68,8*	355,1*	58,3*	52,9*
Etapas processo deslntamento (EPD)	6	192,8*	43,0*	520,8*	7,8*
PA x EPD	30	9,5*	17,5	12,9*	1,7
Resíduo	126	5,6	19,0	8,1	1,5
CV(%)		2,49	5,36	3,03	6,98

Significativo a 5% de probabilidade, pelo Teste de Tukey

Os resultados médios da germinação e do vigor das sementes de algodão cultivar BRS Araripe deslntadas e com o teor de água de 12% b.u., submetidas ao armazenamento em câmara fria (10 °C e 40% UR) por períodos de 0, 60, 120, 180, 240 e 300 dias, se encontram nas Tabelas 10, 11,12,13,14 e 15.

Observa-se, na Tabela II.19, que a germinação das sementes de algodão é praticamente mantida ao longo de 300 dias de armazenamento, porém se nota que não existem diferenças significativas da germinação das sementes quando elas são armazenadas nos períodos de 0, 60, 240 e 300 dias constatando-se, entretanto, que a germinação dessas sementes aos 180 dias, difere dos demais períodos de armazenamento. Em relação à emergência em campo inicial decresce significativamente até os 180 dias quando, a partir deste período, se mantém estável até o final dos 300 dias de armazenamento, e um pouco abaixo dos padrões de germinação determinados pelo Ministério da Agricultura (BRSIL, 1992), isto é de 80%, atributo obrigatório nas transações comerciais de sementes.

Ressalta-se, portanto, que a germinação das sementes de algodão pelo teste de emergência em campo a um teste de vigor sendo mais rigoroso que com o teste descrito pelas Regras de Análise de Semente (BRASIL, 1992).

Pode-se constatar, então, que para os testes de germinação realizados em condições controladas de laboratório existem diferenças significativas na qualidade fisiológica das sementes de algodão durante o período de 300 dias de armazenamento. Resultado similar foi observado por LOPES *et al.* (2006) quando armazenaram sementes de algodoeiro de duas cultivares, em condições de umidade e temperatura não controladas e câmara fria, pelo tempo de 9 meses e verificaram que as sementes preservaram sua qualidade fisiológica dentro dos valores recomendados pelo Ministério da Agricultura mas variavam de forma significativa entre os períodos de armazenamento.

MEDEIROS FILHO *et al.* (1996) ao armazenarem sementes de algodão cultivar IAC-20, em câmara fria e condições não controladas, verificaram que as sementes, ao serem armazenadas em ambiente sem controle de temperatura e umidade relativa, sofreram redução significativa da germinação e do vigor, após quatro meses de armazenamento. PÁDUA e VIEIRA (2001) também constataram decréscimos significativos na germinação de sementes deslintadas de algodoeiro, cultivar DeltaPine AC-90, armazenadas em ambiente sem controle de temperatura e umidade relativa, sendo tal redução mais acentuada em sementes não tratadas com fungicida e nas de baixo vigor. As sementes com baixo vigor apresentaram perda significativa na germinação a partir do segundo mês de armazenamento e as de alto vigor apresentaram valores de germinação acima dos padrões mínimos para comercialização até dez meses de armazenamento

TABELA II.19 – Valores médios da germinação e de emergência em campo das sementes de algodão da cultivar BRS Araripe armazenadas em câmara seca (10°C e 40% UR) para o fator armazenamento no período de 300 dias

Período de Armazenamento	Germinação	
	TG(%)	EC(%)
0	95 b	88 a
60	96 ab	80 b
120	97 a	83 b
180	93 c	79 c
240	96 ab	79 c
300	95 b	79 c
DMS	1,83	3,37

\*Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

Em relação às etapas do processo de deslinteramento das sementes de algodão, Tabela 23, verifica-se que as sementes provenientes das calhas 2, 3, 4, 5 e 7, apresentaram germinação que não difere significativamente entre si; porém, na calha 1 a germinação foi significativamente menor que nas demais calhas, possivelmente pelo fato do processo de deslinteramento estar apenas se iniciando e as sementes ainda manterem um percentual muito alto de linter.

Na Tabela II.20 se verifica, também, que a germinação das sementes de algodão a partir da segunda calha sofre um acréscimo, ou seja, na calha número 1 a germinação média é de 89% e, na calha 2 de 98%, e na última calha (calha 7) o de 97%, o que demonstra que o processo proposto e o equipamento são eficazes e não provocam redução do poder germinativo da semente. O aumento de germinação verificado no final do processo de deslinteramento pode ser explicado pela retirada do linter nas sementes em virtude da ação do ácido sulfúrico, no processo de deslinteramento. QUEIROGA et, al., (1993) também verificaram que sementes com linter apresentam menor porcentagem de germinação.

Quanto à emergência em campo, observa-se que a germinação das sementes provenientes das calhas 1 a 6, apresentam valores entre 80% e 82%, no entanto, entre a calha 1 e a calha 7 existem diferenças significativas. Quanto a germinação das sementes ressaltando o afirmado anteriormente de que o ácido sulfúrico proporciona um aumento de germinação das mesmas.

Tabela II.20 – Valores médios da germinação da semente de algodão cultivar BRS Araripe feitos pelos teste padrão de germinação (TPG) e emergência e campo (EC) para o fator etapas do processo de deslinteramento

Etapas do processo	Germinação	
	TPG(%)	EC(%)
Deslinteramento		
Calha 1	89 c	80 b
Calha 2	98 a	81 ab
Calha 3	96 ab	81 ab
Calha 4	96 ab	82 ab
Calha 5	97 ab	82 ab
Calha 6	95 b	80 b
Calha 7	97 a	84 a
DMS	2,05	3,37

\*Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si a 5% de Probabilidade pelo teste de Tukey.

Na Tabela II.21 estão as médias da interação para os fatores armazenamento versus etapas do processo de deslincamento das sementes de algodão BRS Araripe. Analisando-se as médias para cada período de armazenamento nas diferentes etapas do processo de deslincamento nas calhas, observa-se que para o armazenamento (0, 60, 120, 240 e 300 dias), as sementes provenientes da calha 1 apresentaram menores médias diferindo das demais calhas. Analisando-se as médias para cada etapa do processo ao longo do armazenamento (nas linhas) nota-se que em cada calha não existe diferença significativa entre o valor da média inicial e aos 300 dias. No processo final do armazenamento tem-se que os valores das médias obtidas em cada calha, variaram de 89% a 97% acima, portanto, do exigido para a comercialização das sementes (BRASIL, 2005).

TABELA II.21 – Valores médios do desdobramento da interação armazenamento versus etapa do processo de deslincamento para a germinação das sementes

Etapas Processo de deslincamento	Período de Armazenamento (dias)						Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey
	0	60	120	180	240	300	
Calha 1	91Ab	85Bb	92Ab	90ABa	90ABc	89ABb	
Calha 2	99Aa	99Aa	99Aa	94Ba	99Aa	98ABa	
Calha 3	96aBab	99Aa	98ABa	93Ba	95ABab	96ABa	
Calha 4	95ABab	97ABa	98Aa	93Ba	99Aa	96ABa	
Calha 5	95ABab	97ABa	99ABa	94Ba	99Aa	97ABa	
Calha 6	96Aab	99Aa	97Aab	92Aa	93Abc	95Aa	
Calha 7	96ABa	99Aa	99Aa	93Ba	99Aa	97ABa	
DMS	linha = 4,85			coluna = 5,03			

Na Tabela II.22 se encontram os dados médios do vigor das sementes de algodão determinado pelos testes de primeira contagem do teste padrão de germinação e índice de velocidade de emergência. Verifica-se nessa tabela que só as sementes algodão deslincadas quimicamente após 180 dias de armazenamento apresentam diferenças significativas do seu vigor em relação aos demais períodos havendo um decaimento do valor inicial, de 95% para 91%, no entanto, se compararmos o vigor das

sementes de algodão entre o período inicial de armazenamento e o período final, constatar-se-á que não existe diferença entre este período, portanto este fato pode ser atribuído à variabilidade da semente ou mesmo a algum erro de amostragem, já que em todos os outros períodos de armazenamento o vigor das sementes não apresentou diferenças significativas entre si.

Na mesma tabela, quando a avaliação do vigor das sementes de algodão é feita pelo índice de velocidade de emergência, observa-se que no decorrer do armazenamento houve pequena redução da sua viabilidade, até os 120 dias de armazenamento, embora o vigor das sementes, aos 120 dias de armazenamento e o período inicial, não apresentem diferenças significativas entre si. Observa-se, ainda nesta tabela, que até os 180 dias de armazenamento as sementes de algodão apresentam uma diferença significativa no seu vigor, contudo, a partir deste período, esta diferença não varia mais até os 300 dias de armazenamento. Resultados diferentes foram observados por CHANDEL *et al.* (1995) segundo os quais a espécie, o período de armazenamento e o frio, podem influenciar o vigor das sementes, de forma significativa.

TABELA II.22 – Valores médios de vigor do teste de primeira contagem de germinação e índice de velocidade de emergência em campo das sementes de algodão armazenadas ao longo de 300 dias em câmara seca (10°C e 40% UR)

Período de Armazenamento	Vigor	
	PCTG	IVE
0	95 a	19,03 a
60	95 a	18,03 b
120	94 a	18,79 ab
180	91 b	16,86 c
240	95 a	16,98 c
300	94 a	17,06 c
DMS	2,2	0,96

\*Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si a 5% de Probabilidade pelo Teste de Tukey

Na Tabela II.23 encontra-se o vigor das sementes realizado pela primeira contagem do teste padrão de germinação e pelo índice de velocidade de emergência, para as diferentes etapas do processo de deslindamento, verifica-se, que o vigor das sementes de algodão na calha 1 do deslindador apresenta diferença significativa em relação às demais etapas e que o vigor da semente na calha 1 do deslindador é inferior

as demais calhas 2, 3, 4, 5 e 7; exceção se fez à calha 6; o vigor das sementes avaliado pelo teste de índice de velocidade e emergência permaneceu acima dos 16,75 para todas as etapas do processo, sem perda de qualidade durante todo o processo de deslntamento. O vigor é fator importante na caracterização do potencial fisiológico visto que pode sofrer redução durante o armazenamento, mesmo em condições adequadas, quando não se observam sinais visíveis de perda da qualidade.

TABELA II.23 – Valores médios do vigor das sementes de algodão determinado pela primeira contagem do teste padrão de germinação e índice de velocidade, Emergência em campo, para as etapas do processo de deslntamentos

Etapas do processo Deslntamento	Vigor	
	PCVTPG(%)	IVE(%)
Calha 1	87c	16,75b
Calha 2	96a	17,82a
Calha 3	95ab	17,77a
Calha 4	95ab	17,72ab
Calha 5	96ab	18,18a
Calha 6	93b	17,67ab
Calha 7	97a	18,62a
DMS	2,48	1,07

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo Teste de Tukey

Na Tabela II.24 estão as médias do vigor das sementes de algodão para a interação dos fatores armazenamento versus etapas do processo de deslntamento. Analisando-se as médias de vigor da Cultivar BRS Araripe, nas colunas, percebe-se que para cada período de armazenamento, exceto o período inicial, o vigor das sementes aumenta significativamente com o deslntamento, ou seja, há um aumento considerável quando se compara o vigor das sementes no início do processo de deslntamento com o final do processo de deslntamento. Estudos conduzidos por PAOLINELLI & BRAGA (1997), avaliando alterações na qualidade de sementes de algodoeiro durante o armazenamento, mostraram interações altamente significativas entre níveis de vigor da semente e períodos de armazenamento. Esses autores verificaram que para o lote de alto vigor, não houve diferenças entre condições de armazenamento, por até cinco meses, após este período; aos 10 meses, a qualidade das sementes armazenadas em condições de ambiente decresceu drasticamente. Por outro lado, os lotes armazenados em câmara fria foram estatisticamente superiores e mantiveram a germinação, quando comparados com os mantidos em condições de ambiente. Também com

sementes de algodão, PÁDUA & VIEIRA (2001) e PÁDUA *et al.* (2002) observaram que lotes de baixo vigor apresentaram menor tolerância ao armazenamento.

Quando se compara o vigor das sementes de algodão ao longo do armazenamento, para cada etapa do processo de deslntamento, verifica-se que não existe perda significativa do vigor da semente em nenhuma das etapas durante os 300 dias de armazenamento.

TABELA II.24 – Valores médios do desdobramento da interação armazenamento versus etapas do processo para a variável primeira contagem de germinação da sementes da cultivar BRS Araripe.

Etapas do processo deslntamento	Período de Armazenamento (dias)					
	0	60	120	180	240	300
Calha 1	90Ab	83Bb	90Ab	87ABb	87Abc	87ABb
Calha 2	98Aa	99Aa	96ABab	92Bab	97ABab	96ABa
Calha 3	96Bab	99Aa	96Aba	92Bab	95ABab	95ABa
Calha 4	94ABab	96Aba	93Bb	92Bab	99Aa	95ABa
Calha 5	95Aab	96Aa	95 Aab	93Aa	99Aab	96Aa
Calha 6	96Aab	94Aa	94 Aab	92Aab	93Abc	94Aa
Calha 7	96ABab	97ABa	99Aa	93Ba	99Aab	97ABa

DMS

Coluna 6,04

Linha 5,83

\*Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si a 5% de Probabilidade, pelo Teste de Tukey.

Neste trabalho se constata um bom desempenho da semente de algodão cultivar BRS Araripe, sem perder praticamente a qualidade fisiológica quando armazenadas por 300 dias, contrariando o trabalho de FREITAS *et al.* (2000) que constataram o aumento do período de armazenamento, proporcionou decréscimo linear na viabilidade e no vigor de sementes de quatro cultivares de algodoeiro. AMARAL *et al.* (2001), todavia, armazenaram sementes de algodoeiro da cultivar ITA-90 em ambiente sem controle de temperatura e de umidade relativa e verificaram que a porcentagem de germinação permaneceu acima do padrão para o comércio, até nove meses de armazenamento. Referidos resultados favoráveis foram atribuídos, pelos autores, ao alto vigor inicial e baixo teor de água das sementes, que reduziram a velocidade do processo deteriorativo. Esta relação entre vigor inicial e potencial de armazenamento de sementes de algodoeiro também foi constatada por PÁDUA & VIEIRA (2001).

MEDEIROS (1995), observando o comportamento das sementes de algodão em relação ao armazenamento, verificou que tanto as sementes com ou sem linter perdem, de forma significativa, a capacidade de germinação, durante o período de 4 meses de armazenamento sendo, porém, que o armazenamento em condições de câmara seca, deteriorou menos as sementes que as condições normais de ambiente. As sementes deslintadas se mostraram superiores às sementes com linter, antes e depois do armazenamento.

Para as interações armazenamento versus etapas do processo de deslintamento para a emergência em campo e para o índice de velocidade e emergência, não houve efeitos significativos e os dados experimentais se encontram no apêndice C.

## II.5. CONCLUSÕES

Com base nos estudos encontrados para verificar se existe um dano latente na qualidade fisiológica das sementes de algodão sujeitas ao deslntamento mecanico-químico com ácido sulfúrico e por consequência armazenadas com diferentes técnicas por 300 dias, pode-se concluir que:

- Entre 6 a 14% base úmida não foi encontrado o teor de água limite para criopreservação das sementes de algodão cultivar BRS Araripe;
- O teor de água entre 6 e 14% base úmida pode ser utilizado para a criopreservação das sementes visto que sua qualidade fisiológica não é afetada;
- O deslntamento químico e o armazenamento em câmara seca, balcão semicriogênico e vapor de nitrogênio, garantem a manutenção da qualidade fisiológicas das sementes, até 300 dias de armazenamento.
- Não se constatou efeito latente do deslntamento nas sementes de algodão durante o período de armazenamento, de 300 dias.
- As sementes de algodão cultivar BRS Araripe podem ser deslntadas quimicamente e armazenadas em câmara seca (10°C e 40% UR); em balcão semicriogênico a -40°C e em contêiner criogênico a -170°C (vapor de nitrogênio líquido) tendo em vista que sua qualidade fisiológica (germinação e vigor) é mantida pelo período de 300 dias.
- Os métodos de descongelamento, banho termostizado e ambiente, não influenciaram na germinação e no vigor das sementes.

## **SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS**

Este trabalho tem como proposta básica o desenvolvimento de um deslindador mecânico-químico de sementes de algodão e o estudo do efeito latente do deslindamento das sementes durante o armazenamento. Este trabalho permitirá aos pequenos e médios cunicultores oportunidades para trabalharem com sementes de qualidade de acordo com a portaria do MAPA. As sugestões para melhoria deste trabalho estão descritas a seguir:

- Estudar a redução dos números das calhas do deslindador e um sistema para proteção das mesmas.
- Isolamento dos tambores com ácido sulfúrico e neutralizante.
- Distribuição do ácido sulfúrico através de um sistema que não haja contacto com o operador do mesmo.
- Elaboração de um sistema de proteção das correntes e coroas dentadas do deslindador.

## II.6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLARD, R.W. Principles of plant breeding, New York, 1960

AMARAL, J. O. R.; ALBUQUERQUE, M. C. DE F. E; CALDEIRA, S.A. F. Qualidade fisiológica de sementes deslindadas de algodoeiro durante o armazenamento. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 3, 2001, Campo Grande. Anais...Dourados: Embrapa Algodão, UFMS, Embrapa Agropecuária Oeste,2001. p. 941-943

BARUFFALDI, R., OLIVEIRA, M. N. de. Conservação de alimentos pelo emprego do frio. IN: BARUFFALDI, R., OLIVEIRA, M. N. de **Fundamentos de tecnologia de alimentos**. São Paulo: Atheneu, Vol. 3, 1998. Cap. 4, p, 63-82.

BERJAK, P.; FARRANT, J.M.; MYCOCK, D.J.; PAMMENTER, N.W. Recalcitrant (homoiohydrous) seeds: the enigma of their desiccation-sensitivity. **Seed Science Technology**, Zürich, v.18, p.297-310, 1990.

BHOWMIK et al. 1979 BHOUMIK, T.P. Alternaria seed infection of wheat. *PlantDiseaseReporter*, Washington. v.53, p.77-80. 1969

BRASIL. Ministério da Agricultura. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNDA/ DND/ CLAV, 1992, 365p.

BRASIL. MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Brasil visto do espaço: cidades do Estado da Paraíba**. Disponível em:<<http://www.cdbrasil.embrapa.br> >. Acesso em 02 dez. 2005.

CALIARI, M.F.; SILVA, W.R. Interpretação de dados de testes de vigor na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de milho. *Revista Brasileira de Sementes*, Brasília, v.23, n.1, p.239- 251, 2001.

CAMPOS, V.C.; PESKE, S.T. Ocorrência de danos mecânicos em sementes na unidade de beneficiamento. **Informativo Abrates**. Brasília, v.5, n.3,1995.

CARVALHO, N.M. de. & NAKAGAWA, J. **Sementes: Ciência, tecnologia e produção**. 4. ed. Jaboticabal: Funep, 2000. 588p.

CAVALCANTI MATA M.E.R.M. **Crioconservação dos recursos filogenéticos de espécies florestais, medicinais e de interesse econômico do semi-árido do Nordeste do Brasil**. Campina Grande, 2001. 68p. (Projeto de Pesquisa).

CHANDEL, K.P.S.; CHAUDHURY, R.; RADHAMANI, J.; MALIK. S.K. Desiccation and freezing sensitivity in recalcitrant seed of tea, cocoa and

jackfruit. **Annals of Botany**, London,, v. 76, p.443-450. 1995.

COELHO, A.A. M.; de PAULA, J.E.; ESPINDULA, L. S.; 2006. Insecticidal activity of cerrado plant extrats on rhodnius Milesi Carvalho, Rocha Galvão & Jumberg (Hemiptera; Redutividae). **Under Laboratiry Conditions Neo tropical Entomology**, v., 35, p133-138, 2006.

COELHO Robson Rogério Pessoa. **Protocolo de crioconservação de sementes de algodão**, 2006. 90f Tese ( Doutorado em Agronomia) UFPB, Areia.

COPELAND, L.O. & McDONALD JR., M.B. **Principles of seed science and technology**. 3.ed. New York: Chapman & Hall, 1995. 409p.

DELOUCHE, J.C.; BASKIN, C. C. Accelerate aging techniques for predicting the relative storability of lots. Seed Science and Technology, Zurich, V1, N2, p.427-52, 1973.

DINIZ, P. S.C. **Qualidade fisiológica das sementes de milho (*Zea mays* L.) submetidas a Diferentes técnicas de crioconservação**. 1999. 80f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). DEAg/CCT/UFPB, Campina Grande.

DUMET, D.; BENSON, E.E. The use of physical and biochemical studies to elucidate and reduce cryopreservation-induced damage in hydrated/desiccated plant germplasm. In: 2000.

EGELMANN, F.; Inportance of cryopreservation for the conservation of plant genetic resources. In: **Cryopreservation of tropical plant germplasm: International Plant Genetic Resouces Institute**, 2000,p. 8 – 20.

FAIAD, M. G. R.; SALOMÃO, A. N.; FERREIRA, F. R.; GONDIM, M. T. P.; WETZEL, M. M. V. da S.; MENDES, R. A.; GOES, M. de; MIRANDA, A. R. Manual de procedimentos para conservação de germoplasma-semente a longo prazo na Embrapa. Brasília: Embrapa Cenargen, 2001. 21 p. (Embrapa Cenargen. Documentos, 30).

FRANKEL, O. and M. SOULE. *Conservation and evolution*. Cambridge Univ. Press, Cambridge, 1981

FREITAS, G.B.; SILVA, R.F.; ARAUJO, E.F.; REIS, F.P. Influência da condição de armazenamento na qualidade de sementes de milho. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, v.17, n.1/2, p.21-26, 1992.

FREITAS, R.A. de; DIAS, D.C.F dos S.; CECCON, P.R.; RIS, M.S Qualidade fisiologica e sanitaria de sementes de algodao durante o armazenamento,

**Revista Brasileira de Sementes**, Brasilia – DF, v. 22, n. 2, p. 94-101, 2000.

HAMPTON, J.R.; TEKRONY, D.M. (ed.). Handbook of vigour test methods. 3. Ed. Zurich: International Seed testing Association, 1995. 117p.

IBPGR (International Board For Plant Genetic Resouces). Consultative Group on International Agricultural Research (Roma, Italia). Report of the third external review of the International Board for Plant Genetic Resources. Rome, 1991. 85p

INCROPERA, F.P.; DE WITT, D.P. **Fundamentos de transferência de calor e de massa**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1992, 455p.

IRIONDO, J.M.; PÉREZ, C.; PÉREZ-GARCIA, F. Effect of seed storage liquid nitrogen on germination of several crop and wild species. *Seed Science and Technology*, Zurich, v.20, p.165-171, 1992.

KARTHA, K.K. Meristem culture and germplasm preservation. In: KARTHA, K.K.(ed.). **Cryopreservation of plant cells and organs**. Boca Raton, Florida, CRC Press, 1985. p.115-134.

LACERDA, L.D.; KREMER, H.H.; KJERFVE, B.; SALOMONS, W.; MARSHALL-CROSSLAND, J.I. & CROSSLAND, J.C. South American Basins: LOICZ Global Change Assessment and Synthesis of River Catchment – Coastal Sea Interaction and Human Dimensions. **LOICZ Reports & Studies**, v.21, p.1-6, 2002.

LOPES, K. P.; BRUNO, R. L. A.; COSTA, R. F.; BRUNO, G. B.; ROCHA, M. S. Efeito do beneficiamento na qualidade fisiológica e sanitária de sementes do algodoeiro herbáceo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 2, p. 426-435, 2006.

MACHADO, J. C. Tratamento de sementes no controle de doenças. Lavras. LAPS/UFLA/FAEPE.1988.

MAEDA, J.A.; LAGO, A.A.; ZINK, E.; KRZYZANOSWSKI, F.; CIA, E.; RODRIGUES FILHO, F.S.O.; FERRAZ, C.A.M. Germinação de sementes de algodoeiro deslindadas por diferentes métodos. **Bragantia**, Campinas, v.36, p. 253-258, 1977

MAFART, P. *Ingenieria Industrial Alimentaria - Procesos Físicos de Conservacion* Editora ACRIBIA, S.A. Espanha,1994.

MARCOS FILHO, J.; CICERO, S.M.; SILVA, W.R. da. Avaliação da qualidade das sementes. Piracicaba, FEALQ, 1987. 256p.

MARCOS FILHO, J. Avaliação da qualidade de sementes de soja. In: CÂMARA, G. M. S. (coord.). *Soja - tecnologia de produção*. Piracicaba: Publique, 1998. p. 206-243.

MARCOS FILHO, J. Fisiologia de sementes de plantas cultivadas. Piracicaba: Fealq, 2005. 495p.

MARTINS NETO, D. A. Germinação de sementes de pau-de-balsa (*Cochroma pyramidade* (Cav. Urb.) - *Bombacaceae*). *Revista Brasileira de Sementes*, v.16, n.2, p.159-162, 1994.

MEDEIROS, A.C.S. & CAVALLARI, D.A.N. 1992. Conservação de germoplasma de aroeira (*Astronium urundeuva* FR. ALL.) ENGL. I. Germinação de sementes após imersão em nitrogênio líquido (-196 °C). *Revista Brasileira de Sementes* 14: 73-75. 1992.

MEDEIROS FILHO, S.; FRAGA, A. C.; QUEIROGA, V.P.; SOUSA, L.C.F. de. Efeito do armazenamento sobre a qualidade fisiológica de sementes deslindadas de algodão. ***Ciência e Agrotecnologia***, Lavras, v.20, n.3, p.284-292, 1996.

MEDEIROS FILHO, S.; FRAGA, A. C.; CARVALHO, M. L. M. Avaliação da qualidade de sementes de algodão submetidas ao deslindamento químico e beneficiamento. ***Informativo ABRATES***, Curitiba, v. 5. p. 41-41, 1995

METIVIER, J. R. Dormência e germinação. In: FERRI, M. G. (coord) ***Fisiologia Vegetal***. V. 2, São Paulo – EPU. Editora da Universidade de São Paulo, p. 343-392, 1979.

MOORE, R. P. Effects of mechanical injuries on viability. In: ROBERTS, E. M. (ED.). *Viability of seeds*. London: Chapman and Hall, 1974. p.94-113.

MROGINSKI, L.A.; ROCA, W.M.; KARTHA, K.K.. Crioconservación del germoplasma plantas. In: ROCA, W.M.; MROGINSKI, L.A.. ***Cultivo de Tejidos en la Agricultura : Fundamentos y Aplicaciones***, Cali: CIAT, 1993.

NEVES FILHO, L. de C. ***Resfriamento, congelamento e estocagem de alimentos***. São Paulo: Instituto Brasileiro do Frio, 1991. 165p.

NÓBREGA, M. B. M. et al. Germoplasma. In: AZEVEDO, D. M. P. ; LIMA, E. F.(Ed.). *O agronegócio da mamona no Brasil*. Brasília: Embrapa Algodão, 2001. cap.11, p. 257- 281

OSPINA, J.A.; GUEVARA, C.L.; CAICEDO, L.E.; BARNEY, V. Effects of moisture content on Passifloraseed viability after immersion in liquid nitrogen. In liquid nitrogen, In; 1996.

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

262, 2001

PADUA, G. P.; VIEIRA, R. D. & BARBOSA, J. C. Desempenho de sementes de algodão tratada quimicamente e armazenadas. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 24, n. 2. p. 212-219, 2002.

PAOLINELLI, G.P.; BRAGA, S.J. Qualidade de semente de algodão (*Gossypium hirsutum* L.) produzida em Minas Gerais em três anos agrícolas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SEMENTES, 6, Brasília, Resumos... Brasília: ABRATES, 1989. p.71

PAOLINELLI, G.P.; BRAGA, S.J.. Alterações da qualidade de sementes de algodão armazenadas com dois níveis de vigor. Informativo ABRATES, Curitiba, v.7, n.1/2, p.168, 1997.

PEREDA, J.A.O.; RODRIGUEZ, L.F; SANZ, M.L.G.; MINGUILLÓN, G.D.G.F.; PERALES, L. de la H.; CORTECERO, M.D.S. **Tecnologia de alimentos: Componentes dos alimentos e procesos**. Vol. 1, Porto Alegre: Artmed, 2005. 294p.

PITA VILLAMIL, J. Crioconservación de semillas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 26, Campina Grande, 1997. **Minicurso**. Campina Grande: UFPB/SBEA, 1997, 55p.

POPINIGIS, F. **Fisiologia de sementes**. Brasília: AGIPLAN. 1985. 289 p.

PORTER, M.E. **How Competitive forces shape strategy**. *Harvard Business Review*, March-April, 1978.

QUEIROGA, V de P. BARROS, M.A.L.; VALE, L.V.; MATOS, V.P. Influência da colheita, armazenamento temporário e beneficiamento nos caracteres tecnológicos do algodão herbáceo. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 41, n. 236, p 337-357, 1994.

QUEIROGA, V.P. Efeito do peso da semente de girassol sobre o índice de condutividade elétrica e a predição da germinação. *Revista Brasileira de Sementes*, Brasília, v.15, n.1, p.129-137, 1993.

ROBERTS, E.H. Predicting the storage life of seeds. *Seed Science and Technology*, Zurich, v.1, p.499-514, 1973b

ROCHA, M. S. Criopreservação e cultivo in vitro de sementes de algodão colorido. Campina Grande: UFPB 2004. 112p. Dissertação Mestrado

ROCHA, M. S. ; MATA, M. E. R. C. ; [CARVALHO, J. M. F. C.](#) ; [LOPES, K. P.](#) . Criopreservação de algodão colorido. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental (Online)*, v. 6, p. 345-350, 2006.

ROCHA, Maria Do Socorro ; BRUNO, Riselane de Lucena Alcântara ; **ALMEIDA, F. A. C.** . Crioconservation of *Opuntia ficus-indica*. In: VI INTERNATIONAL CONGRESS ON CACTUS PEAR AND COCHINEAL, 2007, João Pessoa, PB.

PROCEEDINGS FO THE VI INTERNATIONAL CONGRESS ON CACTUS PEAR AND COCHINEAL, 2007. p. 1-1

ROSSETTO, C. A. V.; MARCOS FILHO, J. Comparação entre os métodos de envelhecimento acelerado e de deterioração controlada para avaliação da qualidade fisiológica de semente de soja. **Scientia Agricola**, v. 52, p. 123-131, 1995.

SALOMÃO, A.N. & SOUSA-SILVA, J.C. 2003. Germinação, análise e armazenamento de sementes. In Germinação de Sementes e Produção de Mudanças e Plantas do Cerrado (A. N. Salomão et al., ed.). Rede de Sementes do Cerrado, Brasília, p. 3-10

SALOMÃO, A.N., SOUSA-SILVA, J.C., DAVIDE, A.C., GONZÁLES, S., TORRES, R.A.A., WETZEL, M.M.V.S., FIRETTI, F. & CALDAS, L.S. 2003. Germinação de Sementes e Produção de Mudanças e Plantas do Cerrado (A. N. Salomão et al., ed.). Rede de Sementes do Cerrado, Brasília, 96p.

SALOMÃO, A. N. Respostas de sementes de espécies tropicais à exposição ao nitrogênio líquido. **Braz. J. Plant Physiol.**, v.14, n.2, p.133-138. 2002.

SANTOS, I.R.I. Crioconservação: potencial e perspectivas para a conservação de germoplasma vegetal. **R. Bras. Fisiol. Veg.**, Londrina – PR, v. 12, n. especial, p. 70-84, 2000.

SANTOS, J. W. dos; MOREIRA, J. de A. N.; FARIAS, F. J. C.; FREIRE, E, C. Avaliação dos coeficientes de variação de algumas características da cultura do algodão: uma proposta de classificação. **Revista de Oleaginosas e Fibras**, Campina Grande, v.2, n.1, p.35-40, jan/abr., 1988.

STANWOOD, P.C.; BASS, L.N. Seed germplasm preservation using liquid nitrogen. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 9, p.423-37, 1981.

STANWOOD, P. C. Survival of sesame seeds at the temperature (-196 °C) of liquid nitrogen. **Crop Science**, v.27, p.327-331, 1987

TEKRONY, D.M. Seed vigor testing - 1882. **Journal of Seed Technology**. Licolin, v. 8, n. 1 p. 55-60, 1993.

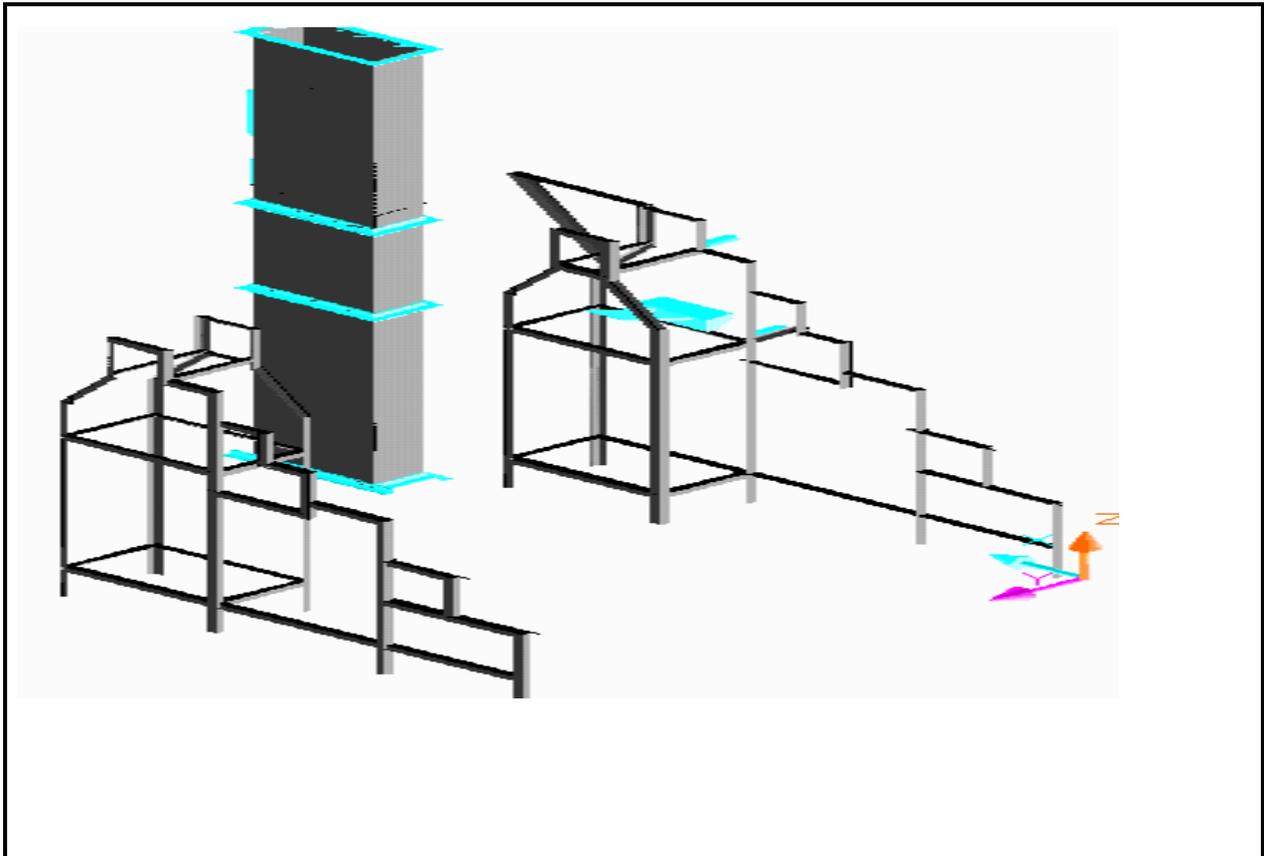
VERTUCCI, C.W. Relationship between thermal transitions and freezing injury in pea and soybean seeds. **Plant Physiology**, Washington – DC, v.90,p.1121-1128, 1989.

VIEIRA, M.L.C. Conservação de germoplasma *in vitro*. **Biociência e Desenvolvimento**. Brasília, v.3, n.14, p.18-20, 2000

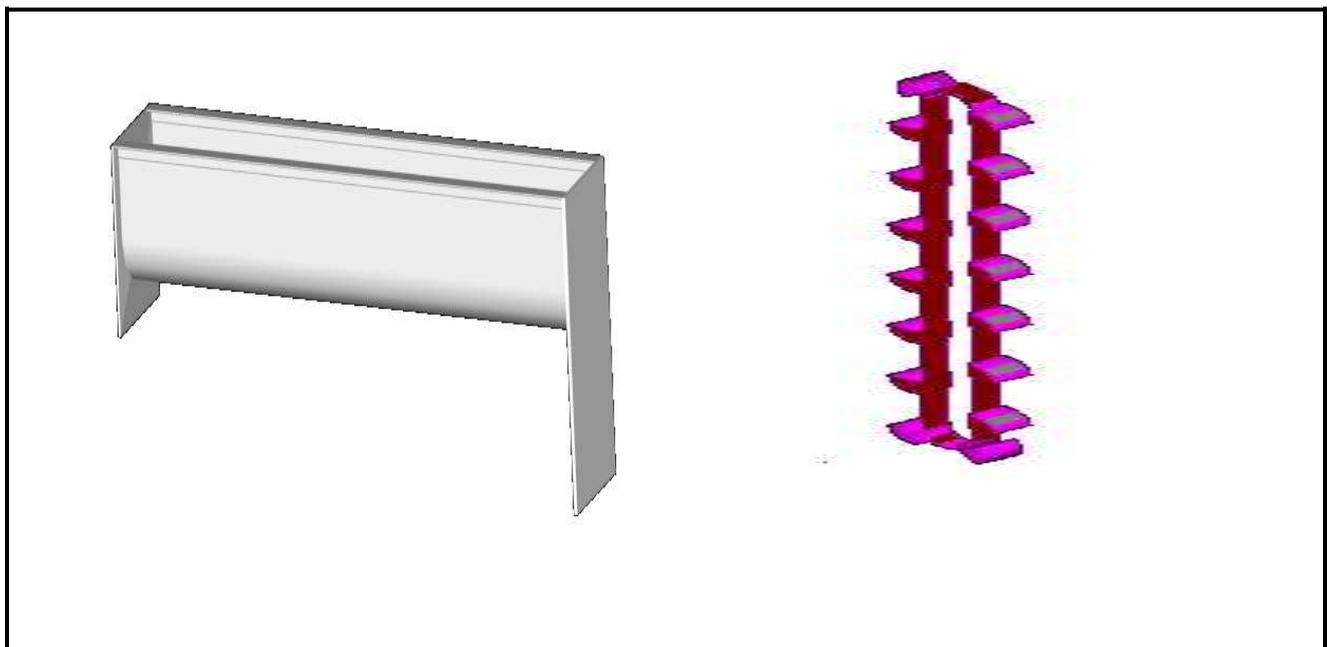
WITHERS, L.A; WILLIAMS, J.T. Conservação *in vitro* de Recursos Genéticos de Plantas. In: TORRES *et al.*[ed.]. **Cultura de Tecidos e Transformação Genética de Plantas**. Brasília EMBRAPA, 1998. v. 1, p.297-

**ANEXO A**  
**PEÇAS DA MÁQUINA**

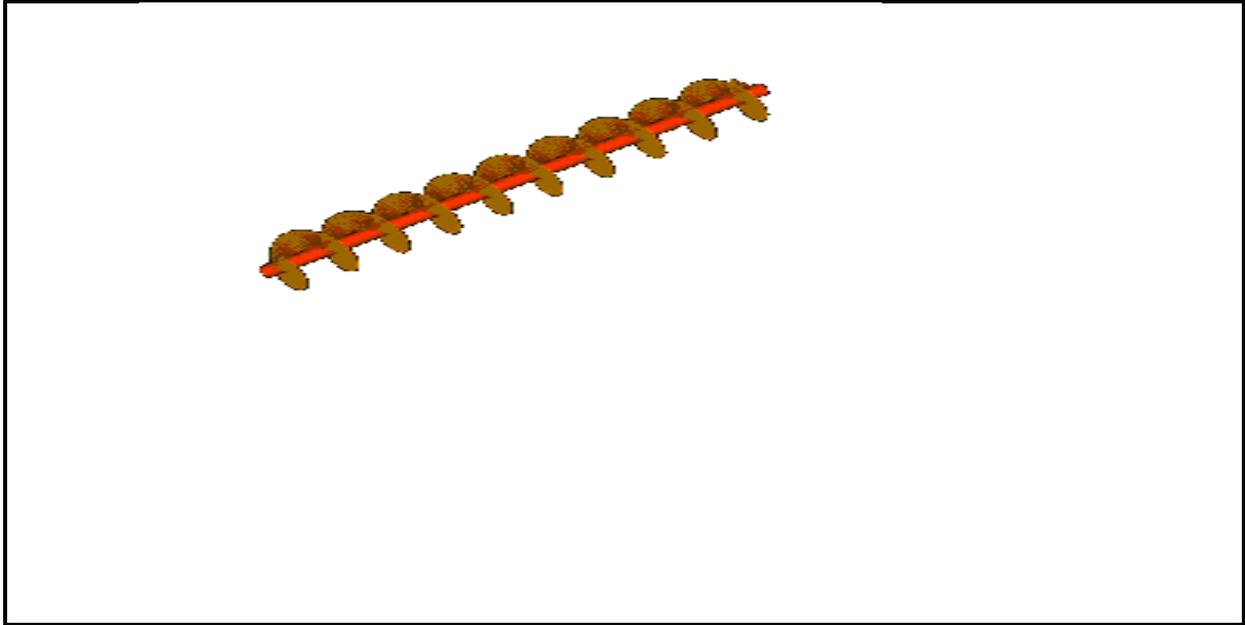
**Peças da máquina Desenhadas no auto-cad.**



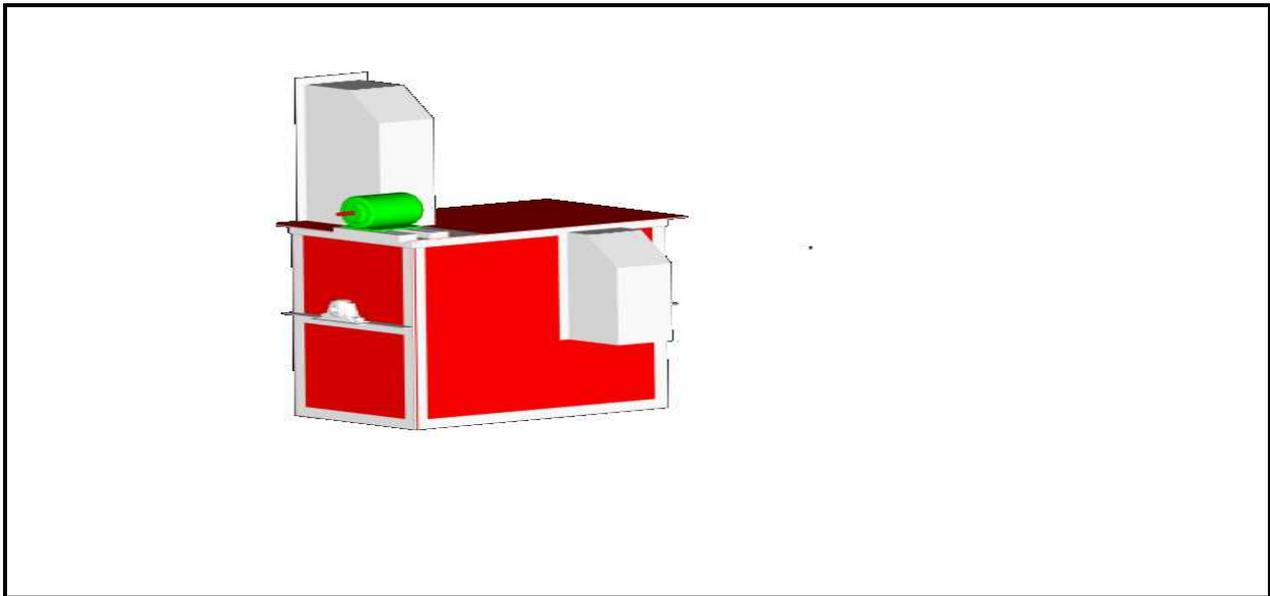
Chassi de sustentação das demais peças da máquina.



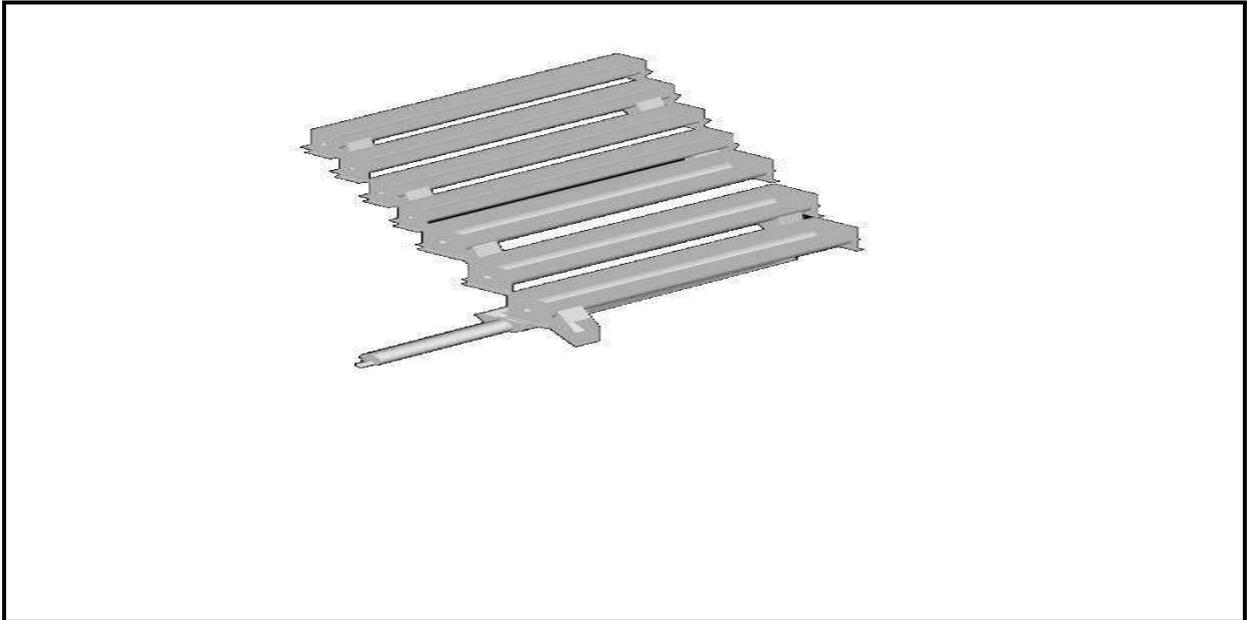
Moega alimentadora e canecas transportadoras de sementes de algodão.



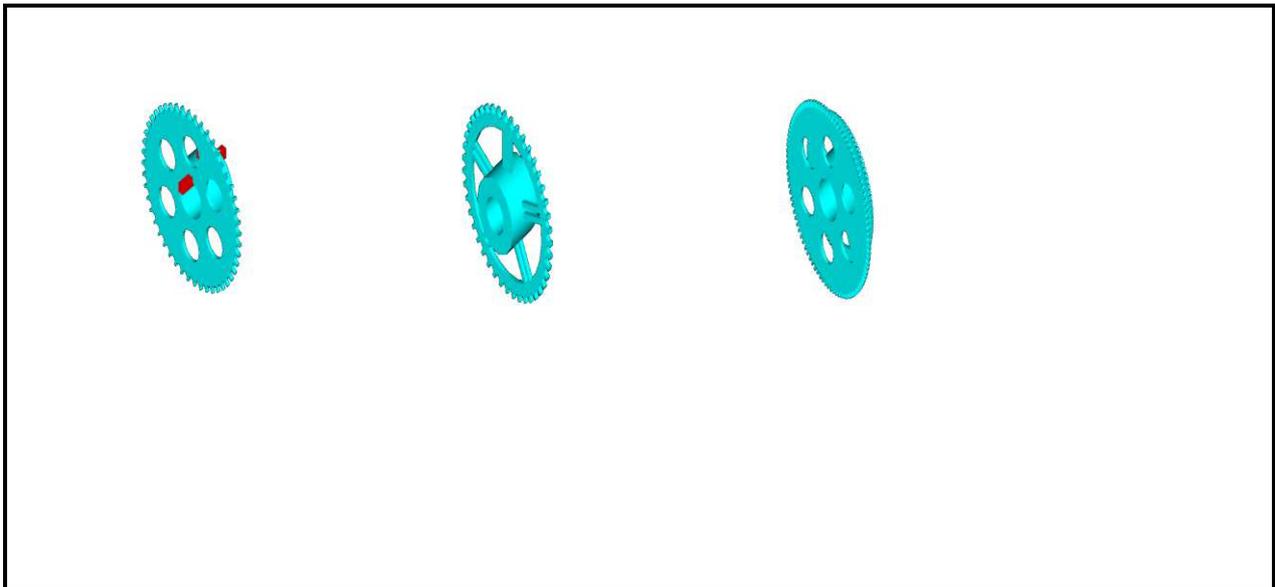
Fusos mecânicos que misturam e homogeneízam o ácido e a massa das sementes a serem deslintadas.



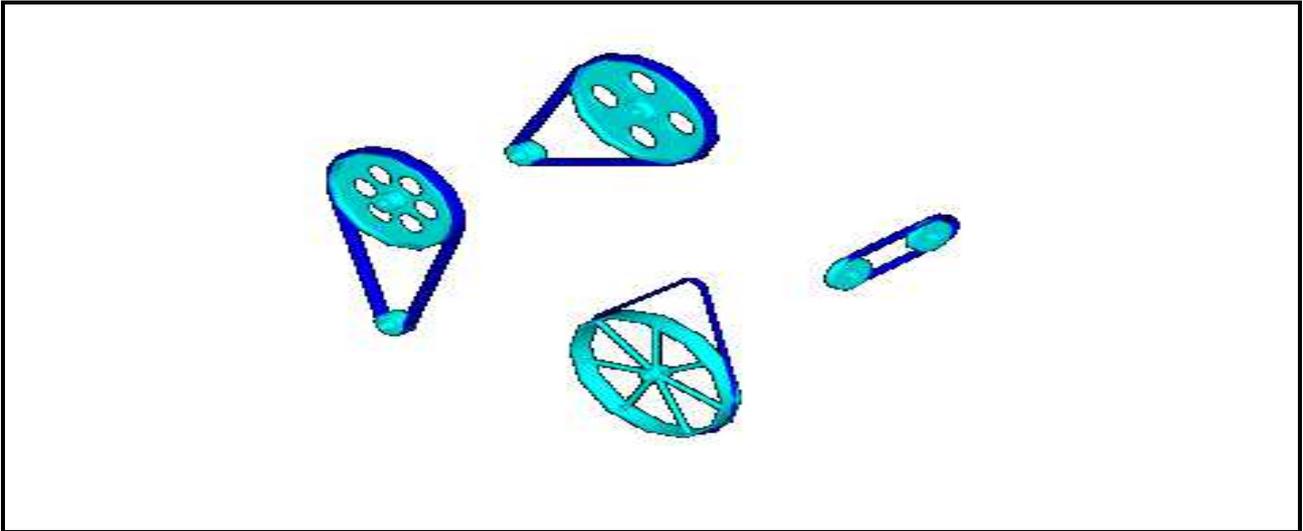
Reservatório para recepção das sementes a serem deslintadas.



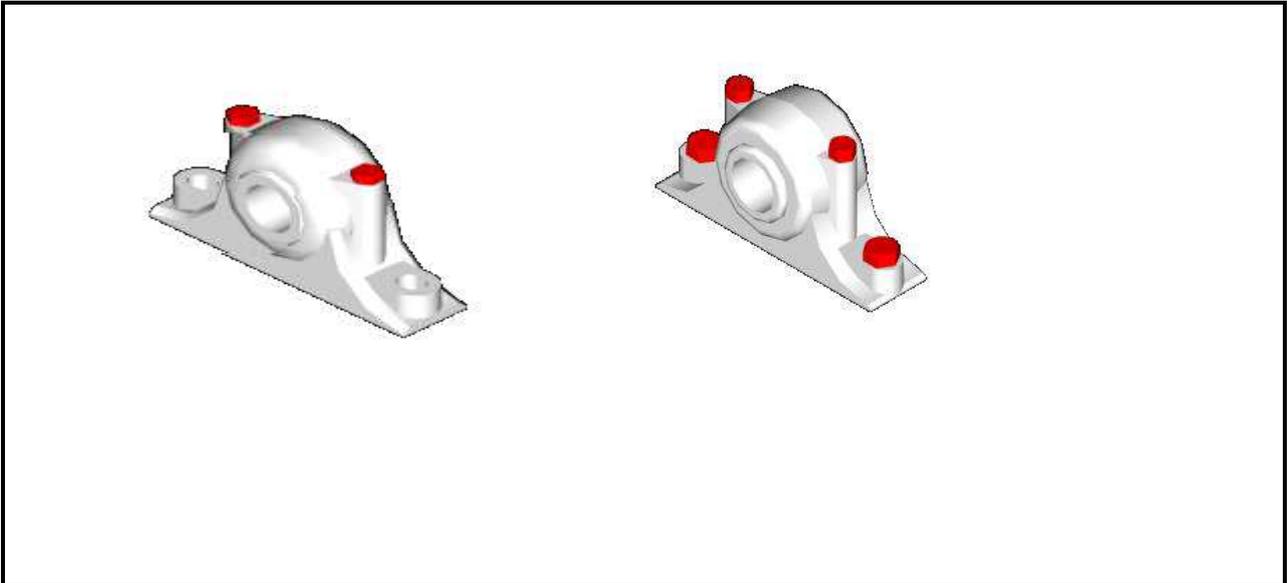
Calhas transportadoras das sementes.



Coroas dentadas para acionamento dos fusos



Sistema de transmissão com correia em V



Mancal (A) de rolamento

Mancal(B) de rolamento

**ANEXO B**  
**FOTOS DA MÁQUINA**

