



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
MESTRADO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS**

ITALLO HARLAN REINALDO ALVES GOMES

**SELEÇÃO DE GENÓTIPOS DE ALGODOEIRO HERBÁCEO TOLERANTES AO
ESTRESSE HÍDRICO PARA PRODUTIVIDADE E QUALIDADE DE FIBRA**

CAMPINA GRANDE, PB

2019

ITALLO HARLAN REINALDO ALVES GOMES

**SELEÇÃO DE GENÓTIPOS DE ALGODOEIRO HERBÁCEO TOLERANTES AO
ESTRESSE HÍDRICO PARA PRODUTIVIDADE E QUALIDADE DE FIBRA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias da Universidade Estadual da Paraíba / Embrapa Algodão, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ciências Agrárias / Área de Concentração: Melhoramento Vegetal

Orientador: Prof. Dr. Sc. José Jaime Vasconcelos Cavalcanti

Coorientador: Prof. Dr. Francisco José Correia Farias

CAMPINA GRANDE, PB.

2019

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

G633s Gomes, Italo Harlan Reinaldo Alves.
Seleção de genótipos de algodoeiro herbáceo tolerantes ao estresse hídrico para produtividade e qualidade de fibra [manuscrito] / Italo Harlan Reinaldo Alves Gomes. - 2019.
58 p. : il. colorido.
Digitado.
Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Universidade Estadual da Paraíba, Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa, 2019.
"Orientação : Prof. Dr. José Jaime Vasconcelos Cavalcanti, Embrapa Algodão."
"Coorientação: Prof. Dr. Francisco José Correia Farias, Embrapa Algodão"
1. Gossypium hirsutum L. 2. Cultivo de algodão. 3. Melhoramento genético. 4. Estresse hídrico. I. Título
21. ed. CDD 633.51

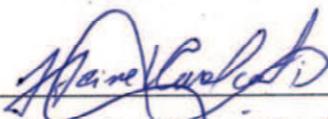
ITALLO HARLAN REINALDO ALVES GOMES

**SELEÇÃO DE GENÓTIPOS DE ALGODOEIRO HERBÁCEO TOLERANTES AO
ESTRESSE HÍDRICO PARA PRODUTIVIDADE E QUALIDADE DE FIBRA**

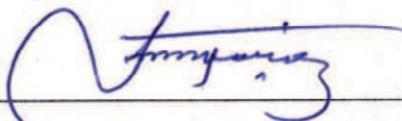
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação
em Ciências Agrárias da Universidade Estadual da
Paraíba / Embrapa Algodão, como parte das exigências
para obtenção do título de Mestre em Ciências Agrárias
/ Área de Concentração: Melhoramento Vegetal

Aprovado em: 14 de março de 2019

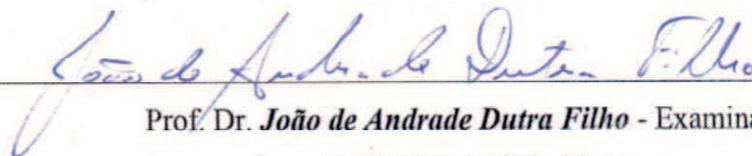
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. *José Jaime Vasconcelos Cavalcanti* - Orientador
(CNPQ/Embrapa Algodão)



Prof. Dr. *Francisco José Correia Farias* - Examinador - Coorientador
(CNPQ/Embrapa Algodão)



Prof. Dr. *João de Andrade Dutra Filho* - Examinador
(UFCG/CCTA/UAGRA)

CAMPINA GRANDE, PB

2019

Dedicatória

*A meus pais, Maria do Socorro Reinaldo Alves Gomes e Jose Harlan Gomes,
e minha esposa, Guayra Afonso Querino Alves,
pelo incentivo e pela força para enfrentar as batalhas da vida,
dedico este trabalho.*

AGRADECIMENTOS

A Deus, por toda força, coragem para concluir mais um ciclo da minha vida acadêmica, por tudo que tenho e que sou.

Ao Prof. Dr. José Jaime Cavalcanti Vasconcelos por sua orientação, dedicação, paciência e ensinamentos tão valiosos para a concretização deste trabalho de pesquisa e para minha formação acadêmica e profissional.

Ao coorientador Prof. Dr. Francisco José Farias pelas contribuições e ensinamentos para a concretização deste trabalho.

Ao programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias da UEPB, por toda oportunidade de aprendizagem e formação assim como a Embrapa Algodão pela infraestrutura disponibilizada para a realização e condução da pesquisa.

Aos Professores Roseane Cavalcanti dos Santos (Embrapa) Carlos Henrique Salvino Gadelha Meneses (UEPB), Alberto Soares de Melo (UEPB), Josemir Moura Maia (UEPB), Yuri Lima Melo (Bolsista PNPd/CAPES) assim como os demais que compõe o corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias da Universidade Estadual da Paraíba.

Aos meus pais Jose Harlan Gomes e Maria do Socorro Reinaldo Alves Gomes, e irmã Ianny Harlan Reinaldo Alves Gomes, minha tia Vânia, por todo o incentivo, dedicação e sacrifício para que eu tivesse a oportunidade de estudar e obter uma boa formação profissional e pessoal.

A minha esposa Guayra Afonso Querino Alves pelo seu amor, paciência, carinho, conselhos, incentivo, por me fazer a cada dia uma pessoa melhor e está sempre ao meu lado em todos os momentos da minha vida nos últimos 12 anos.

Aos amigos de trabalho Rubens, Djailson, Laryssa, Shara, Waleska, Paulo Malheiros, Humberto, Dona Emicléia pela amizade, incentivo e as inúmeras contribuições para a concretização deste trabalho.

Aos colegas da Pós-graduação Ruan, Josivaldo, Lidiane, Fabrícia, Renato, Kathy Maciel, Joelma que contribuíram direta ou indiretamente.

Aos funcionários da EMBRAPA, pelo apoio, ajuda e ensinamentos, assim como a todos os funcionários da UEPB.

A todos que contribuíram, direta ou indiretamente, para a realização deste trabalho, muito obrigado.

RESUMO

O algodoeiro é uma das mais importantes culturas de fibras do mundo, cultivado em mais de 60 países, sendo responsável pelo sustento de milhões de pessoas em todo o mundo gerando empregos e renda tanto para pequenos como para grandes produtores. No Brasil é produzido em diversas regiões em diferentes sistemas de produção, com produção estimada em 1,5 milhões de toneladas, nos quais os estados de Mato Grosso, Bahia, Goiás, Mato Grosso do Sul e Minas Gerais são os maiores produtores nacionais. O objetivo deste trabalho foi selecionar cultivares de algodoeiro tolerante ao estresse hídrico, com base em estudos de caracteres de produtividade e qualidade de fibra. O experimento foi conduzido em condições de campo sem complementação hídrica, em ambiente semiárido, no campo experimental do CENTEC (Instituto Centro de Ensino Tecnológico) em Quixeramobim- CE, o plantio foi realizado em 24 de abril de 2018, a germinação teve início em 30 de abril e a floração em 18 de junho de 2018. Foram utilizados nove cultivares disponibilizados pelo Banco Ativo de Germoplasma da Embrapa, previamente escolhidos devido as suas características de qualidade de fibra e tolerância ao estresse hídrico. O delineamento utilizado foi em blocos ao acaso, com 4 repetições, a unidade experimental foi constituída por duas fileiras de 5 m, com plantio manual, no espaçamento de 0,90 m entre linhas com sete plantas por metro linear com área útil de 9,0 m² com 70 plantas/parcela. Foram avaliadas as características de produtividade do algodão em caroço, porcentagem de fibras e produtividade do algodão em fibras, comprimento da fibra, resistência, alongamento, uniformidade de fibra, índice de fibras curtas, índice de micronaire e índice de fiabilidade. Os dados foram submetidos à análise de variância individual e a seleção dos genótipos, e o índice de seleção proposto por Mulamba e Mock (1978) através do programa computacional GENES. Constatou-se que há variabilidade genética para a maioria dos genótipos testados, indicando que há possibilidade de ganhos nos programas de seleção. Foi identificada variabilidade genética para as características de fibras avaliadas com exceção de UNF e SFI, o que oferece condições de formar novas populações com mais ganhos genéticos. Há possibilidade de ganho genético no processo seletivo para a maioria dos caracteres de produção e qualidade de fibra do algodoeiro em condições de sequeiro. Os genótipos mais promissores são CNPA 2013 – 2064 RF FL, FM 944 GL, CNPA 2012 – 120 RF, por apresentarem resultados satisfatórios para produção em condições de sequeiro, sendo estes aptos para uso em programas de melhoramento voltados para o cultivo da região semiárido do Brasil.

Palavras chaves: *Gossypium hirsutum* L, semiárido, melhoramento, cultivares.

ABSTRACT

Cotton is one of the world's most important fiber crops grown in more than 60 countries and is responsible for the livelihoods of millions of people around the world, generating employment and income for small and large producers. In Brazil is produced in several regions in different production systems, with production estimated at 1.5 million tons, in which the States of Mato Grosso, Bahia, Goiás, Mato Grosso do Sul and Minas Gerais are the biggest domestic producers. The objective of this work was to select cotton cultivars tolerant to water stress, based on productivity and fiber quality studies. The experiment was conducted under field conditions, without water supplementation, in a semi - arid environment, in the experimental field of the CENTEC - Technological Institute of the Education Center - Quixeramobim - CE. The planting was carried out on April 24, 2018, germination began on April 30 and flowering on June 18, 2018. Nine cultivars made available by the Embrapa Germplasm Active Bank, previously selected due to fiber quality characteristics and water stress tolerance, were used. The delineation used was in blocks at random with 4 replications, the experimental unit consisted of two rows of 5 m, with manual planting, in 0.90 m spacing between rows with 7 plants per linear meter with net area of 9.0 m² with 70 plants/plot. The characteristics of cotton seed production, fiber percentage and cotton fiber production, length, resistance, elongation, fiber uniformity, short fiber index, micronaire index and reliability index were evaluated. The data were submitted to the analysis of individual variance and the selection of the genotypes was performed through the selection index proposed by Mulamba and Mock (1978) and by the direct and indirect selection index, through the GENES software. It was verified that there is genetic variability for most of the cultivars tested, indicating that there is possibility of selection gains in breeding programs. Genetic variability was identified for the characteristics of the evaluated fibers, with the exception of the UNF and the SFI, which offers conditions to form new populations with more genetic gains. There is the possibility of genetic gain in the selection process for most of the production characters and quality of the cotton fiber in semiarid conditions. The most promising genotypes are CNPA 2013-2064 RF FL, 944 FM GL, CNPA 2012-120 RF, for presenting satisfactory results for production under rainfed conditions, these being suitable for use in breeding programs aimed at the cultivation of the semiarid region of Brazil.

Keywords: *Gossypium hirsutum* L, semiárido, improvement, cultivars.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Características dos matérias genéticos utilizados.....	26
Tabela 2. Esquema da análise de variância individual G (fixo) x A (fixo), segundo Cruz et. al. (2012)	31
Tabela 3. Resumo da análise de variância e estimativas dos parâmetros genéticos das características agronômicas e de fibras das cultivares, Quixeramobim-CE, 2018.....	34
Tabela 4. Agrupamento das médias e os respectivos rankings (R) para os caracteres agronômicos (PROD – Produtividade; % FIBRAS - Porcentagem de fibra; PROD F – Produtividade de fibra; UHM – Comprimento da fibra; UNF – Uniformidade da fibra; SFI – Índice de Fibras Curtas; STR – Resistência; ELG – Alongamento a Ruptura %; MIC – Índice de micronaire; CSP – Índice de Fiabilidade), Quixeramobim-CE.....	37
Tabela 5. Estimativas dos ganhos de seleção (GS%), pelo índice de seleção direta obtidas para 10 variáveis avaliadas para as 9 cultivares de algodoeiro testados em condições de campo em região semiárida Quixeramobim-CE.....	42
Tabela 6. Estimativa dos ganhos de seleção (GS%), população inicial (X _o), população selecionada (X _s) e coeficiente de determinação genética obtidas para 10 caracteres pelo índice da soma de “ranks” de Mulamba & Mock (1978), para as 9 cultivares de algodoeiro testados. Quixeramobim -CE.....	44

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Precipitação pluviométrica da na área de estudo durante a condução do experimento.....27
- Figura 2.** Visão geral do experimento (A) e (B), condução e análise do experimento (C) e (D) pelos pesquisadores da Embrapa em Quixeramobim – CE. Fonte: Gomes, 2018.....28

LISTA DE ABREVIATURAS

IAC	Instituto Agronômico de Campinas
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
CNPA	Centro Nacional de Pesquisa do Algodão
CPTEC	Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
CENTEC	Instituto Centro de Ensino Tecnológico
PROD	Produtividade do algodão em caroço
%FIBRAS	Porcentagem de fibra
PRODF	Produtividade de Fibra
UHM	Comprimento em mm
UNF	Uniformidade de fibra
SFI	Índice de Fibras Curtas
STR	Resistência de fibra
ELG	Alongamento à ruptura
CSP	Índice de fiabilidade
MIC	Índice de micronaire
CVg	Coefficiente de variação genotípica
CVa	Coefficiente de variação ambiental
CVRa	Coefficiente de variação relativa
CDG	Coefficiente de determinação genotípico
ET	Evapotranspiração
GS	Ganho de seleção
X ₀	População inicial
X _s	População selecionada

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. REVISÃO DE LITERATURA	14
2.1. A cultura de Algodão (<i>Gossypium hirsutum</i> L.).....	14
2.2. Melhoramento Genético.....	15
2.3. Métodos de Melhoramento.....	17
2.4. Estresse Hídrico.....	20
3. OBJETIVO	25
3.1. Objetivo Geral.....	25
3.2. Objetivos Específicos.....	25
4. MATERIAL E METÉODOS	26
4.1. Recursos Genéticos.....	26
4.2. Localização e Condução do experimento.....	27
4.2.1 Delineamento Estatístico.....	29
4.3 Características Avaliadas.....	29
4.3.1 Características Agronômicas.....	29
4.3.2 Características Tecnológicas de Fibras.....	29
4.5. Análise estatístico-genética.....	31
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
5.1 Análises de Variância e Parâmetros Genéticos.....	33
5.2 Médias e Ranking de Classificação das Cultivares.....	36
5.3 Seleções Direta e Indireta e Correlações.....	41
5.4 Índice de Mulamba e Mock(1978).....	43
6. CONCLUSÕES	46
7. REFERÊNCIAS	47

1. INTRODUÇÃO

O algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.) é espécie fibrosa e oleaginosa das mais antigas e de grande importância para humanidade, conhecida mundialmente por produzir a mais importante fibra têxtil, além da sua capacidade de produção de óleo vegetal e torta para alimentação animal (ZONTA et al. 2016; ABA, 2015).

O algodoeiro é nativo dos trópicos, mas, também é explorado economicamente em países com clima subtropical. A cultura do algodão além de ser uma das mais cultivadas no Brasil, também é responsável pelo sustento de milhões de pessoas em todo o mundo gerando empregos e renda tanto para pequenos como para grandes produtores (VIDAL NETO e FREIRE, 2013).

É cultivado comercialmente em cerca de 60 países em uma área anual superior a 35 milhões de hectares e produção estimada de 24 milhões de toneladas de fibras em diferentes regiões e continentes que apresentam variações ambientais distintas, de solo, clima e temperatura (VIDAL NETO e FREIRE, 2013; USDA, 2018).

A cotonicultura em larga escala, assim como, a agricultura familiar, atrelados aos avanços tecnológicos, a exemplo do melhoramento genético, tem fornecido subsídios ao Brasil, permitindo que o país modificasse sua condição de maior importador mundial de algodão para quarto maior produtor de algodão (CONAB, 2019).

Em 2017 foram plantados no Brasil cerca de 940 mil hectares com produção estimada em cerca de 1,5 milhões de toneladas de fibras, a área de plantio prevista para a safra 2018/2019 é de 1.569,2 mil hectares, 33,6% maior do que a safra passada, isso se deve, sobretudo pelo aumento de área plantada em Mato Grosso e Bahia, já para a safra 2026/2027 a previsão é de 2,0 milhões de toneladas, com uma taxa de crescimento de 2,9% ao ano, e futuramente, representar cerca de 14,5% do comércio mundial de algodão (CONAB, 2019). Os estados de Mato Grosso, Bahia, Goiás, Mato Grosso do Sul e Minas Gerais são os maiores produtores nacionais (MAPA, 2018; CONAB, 2018).

Conforme necessidade de aumentar a produção da cotonicultura tem-se feito grandes avanços tecnológicos, a fim de fornecer subsídios aos produtores brasileiros como: a implantação de novas tecnologias e cultivares geneticamente superiores com maior produtividade e resistência a pragas, doenças e adequado às condições ambientais dos locais de produção, advindo dos programas de melhoramento.

A Embrapa Algodão por meio de sua equipe de melhorista tem se dedicado no desenvolvimento de novas linhagens por meio de cruzamentos entre genótipos superiores com alta capacidade produtiva e qualidade de fibra e materiais mais adaptados a ambientes com baixa disponibilidade hídrica. Porém, o melhoramento genético não deve objetivar apenas a tolerância ao estresse hídrico, deve-se buscar também a estabilidade da produção, através do aumento e da manutenção de rendimentos tanto em condições de déficit hídrico como em condições normais de disponibilidade de água (Ullah et al. 2017). Por meio destas pesquisas foi possível obter diversas linhagens como resultado desses cruzamentos e posteriormente as mesmas têm sido utilizadas em ensaios finais e de VCU (valor de cultivo e uso) a fim de identificar os melhores indivíduos que futuramente possam vir a serem utilizadas como cultivares (VASCONCELOS, 2016).

O Nordeste é a segunda maior região produtora do país, com perspectiva de aumento na área plantada de 230,8 mil hectares na safra 2016/2017 para 296,8 mil hectares na safra 2017/2018 um acréscimo de 28,6 %, o que serviu de estímulo para o aumento nos investimentos na cotonicultura. Com uma produção estimada de 4.358 Kg/há⁻¹ para a safra 2017/2018, a Bahia é responsável por cerca de 90% da área de produção, cerca de 265,1 mil hectares. Os estados

Na Paraíba o incremento do Maranhão, Piauí e Ceará demonstraram acréscimo na área de produção (CONAB, 2019) na área cultivada foi de 50%, aumentando de 0,4 mil hectares para 0,6 mil hectares e produtividade média de 1.000 kg/ha⁻¹ para o algodão em caroço e cerca de 360 kg/há⁻¹ de algodão em pluma (CONAB, 2019).

A produção do algodão no semiárido é uma alternativa para o desenvolvimento da região, como meio de geração de emprego e renda, porém os maiores obstáculos para a produção em larga escala, são os custos elevados e a escassez de mão de obra para realização de tratamentos culturais, controle de ervas daninhas e colheita (ZONTA et al., 2016).

O cultivo do algodão no semiárido ainda é realizado em pequenas áreas, isso ocorre em virtude da baixa produtividade da região devido a fatores ambientais, a ocorrência de déficit hídrico devido à baixa pluviosidade, a desorganização da cadeia produtiva na região, falta de acesso e de condições financeiras de implementar novas tecnologias, como a mecanização, favorecendo assim o aumento de gastos com mão de obra (EMBRAPA, 2018).

Desta forma, novas tecnologias, como cultivares competitivas e adaptadas para a produção em condições de sequeiro mostra-se como uma alternativa de desenvolvimento econômico, contribuindo para a geração de renda e emprego para os pequenos e médios

produtores da região semiárida brasileira (BUAINAIN e BATALHA, 2007; VIDAL NETO e FREIRE, 2013; EMBRAPA, 2018).

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. A cultura do Algodoeiro

O algodoeiro (*G. hirsutum* L.) é uma espécie dicotiledônea da família *Malvaceae*, gênero *Gossypium*, de origem tropical, entre o México e a América Central, é atualmente cultivado em diversos países do mundo desde os Estados Unidos até a China, mais principalmente nas regiões de clima quente (FAO, 2016).

Gossypium é um gênero pertencente à família *Malvaceae* e tem origem entre 5 a 10 milhões de anos atrás. Possui 45 espécies diploides ($2n=2x=26$; genomas A-G e K) e cinco espécies autotetraploides ($2n=4x=52$; genoma AD) (ULLOA, 2014; RODRIGUES et al. 2016). Atualmente apenas quatro espécies são consideradas domesticadas e cultivadas em quatro diferentes regiões do mundo: dois tetraploides, *G. hirsutum* na Mesoamérica, *G. barbadense* na América do Sul, e dois diploides, *G. herbaceum* na Arábia e Síria e *G. arboreum* no Vale do Indo da Índia e no Paquistão (D'EECKENBRUGGE e LACAPE, 2014).

O principal método de propagação do algodoeiro é de forma sexuada por meio de sementes (BELTRÃO e SOUZA, 1999). No geral é uma planta ereta, anual ou perene, com raiz pivotante com número reduzido de raízes secundárias grossas e superficiais, apresenta caule do tipo herbáceo ou lenhoso com altura variável, sendo dotado de ramos vegetativos. As folhas são do tipo pecioladas, na sua maioria cordiformes com consistência coriácea ou não, inteiras ou recortadas, possuindo de três a nove lóbulos (SEAGRI, 2012).

O algodoeiro herbáceo é a principal cultura produtiva de fibras no mundo, responsável por 90% da produção mundial (FREIRE, 2014), porém como muitas culturas agrícolas, o seu cultivo e conseqüentemente sua produção são muitas vezes limitadas pela sensibilidade desta cultura aos estresses ambientais, como a variação de temperatura e a seca (BRITO et al. 2014b, LUO et al. 2016).

O algodoeiro é considerado uma planta com sistema reprodutivo intermediário, pois é possível sua reprodução naturalmente por meio de cruzamento ou por autofecundação de acordo as condições ambientais, como incidência de ventos e insetos melíferos, (LIMA, et al. 2014).

O ciclo fenológico do algodoeiro herbáceo varia de 120 a 200 dias, dependendo da cultivar e das condições climáticas pode apresentar diferenças no seu desenvolvimento por causa das necessidades hídricas, quando se deseja alta produtividade (BELTRÃO E SOUZA,

1999). O algodoeiro apresenta 4 estádios fenológico, classificados nas seguintes fases: (1) germinação, (2) desenvolvimento foliar, (3) florescimento e formação dos frutos e (4) maturação (FONTES et al. 2006).

A comercialização da fibra do algodão considera tanto as características intrínsecas como as extrínsecas, nas quais estas são classificadas atualmente pelo sistema HVI (*High Volume Instrument*), atendendo a legislação vigente, assim possibilita menor subjetividade da classificação manual/visual e oferece outras determinações adicionais importantes para a classificação, que refletem diretamente na qualidade do algodão produzido. (VIDAL NETO e FREIRE, 2009).

2.2. Melhoramento Genético

As pesquisas agronômicas com o algodoeiro no Brasil tiveram início em 1915, após a criação do Serviço do Algodão, no Ministério da Agricultura. Posteriormente, os em 1924 iniciaram os trabalhos de melhoramento genético do algodão no Instituto Agrônomico de Campinas (IAC), com a criação da Seção do Algodão, e em 1975 na Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 2018; FREIRE, 2014). Na mesma época iniciaram-se também os programas de melhoramento do algodoeiro (herbáceo e arbóreo) no Maranhão, Paraíba, Rio Grande do Norte, Pernambuco, Ceará e Sergipe (VIDAL NETO E FREIRE, 2013).

A Embrapa iniciou seus trabalhos de melhoramento do algodoeiro em 1975 por meio do Centro Nacional de Pesquisa do Algodão (CNPA), situada em Campina Grande – PB, e que atualmente desenvolve cultivares de algodão para atender as principais regiões produtoras do Norte, Nordeste, e Centro-Oeste do Brasil (FREIRE, 2014; VIDAL NETO e FREIRE, 2013).

A princípio os programas de melhoramento têm por objetivo selecionar características, morfofisiológicas para desenvolver cultivares de algodoeiro que atendam aos padrões estabelecidos pela cadeia produtiva e pelo mercado nacional, principalmente o têxtil (VIDAL NETO e FREIRE, 2013).

Nesse contexto obter informações de estimativas de parâmetros genéticos como variância genética, herdabilidade, ganho esperado com a seleção, as relações entre caracteres, por meio de suas correlações e seus efeitos diretos e indiretos sobre as variáveis em estudo, o que permite aprimorar estratégias que possibilitam o aumento do progresso genético através

da seleção de vários caracteres de interesse para o melhoramento do algodoeiro (CRUZ et al. 2012)

Portanto compreender os mecanismos morfofisiológicos envolvidos na interação entre genótipos e ambientes ($G \times A$) se constitui no maior desafio das pesquisas em melhoramento de plantas seja o algodão ou outra qualquer espécie de planta, tanto os procedimentos de seleção como para a recomendação de cultivares, sempre buscando desenvolver genótipos estáveis e com melhor desempenho em relação a um determinado caráter (RAMALHO et al., 2012; CRUZ et al., 2014). Logo, as correlações fenotípicas e as genotípicas implicam numa associação de natureza herdável, desta forma se tornam as de maior importância para nortear um programa de melhoramento vegetal (CRUZ et al. 2012).

Porém, pode ocorrer que ao estimar a correlação entre duas variáveis, um alto ou baixo coeficiente de correlação entre elas, o resultado pode estar sobre influência de uma terceira variável ou até mesmo um grupo de variáveis, não expressando toda a importância correspondente aos efeitos diretos e indiretos desses coeficientes (CRUZ et al. 2012). A capacidade de incorporar determinado atributo fenotípico confiável, provavelmente é o maior fator limitante encontrado nos estudos genômicos sobre tolerância à seca, devido a necessidade de se distinguir com precisão mínima e quase imperceptível diferenças genotípicas (ARAUS e CAIRNS, 2014).

Desta maneira os métodos de seleção que incorporam a estabilidade e a adaptabilidade fenotípica em uma única espécie cultivada podem ser utilizados, considerada superior se comparada a aquela que se utiliza apenas da produção como principal critério de seleção (RESENDE et al. 2007).

Dentre as características agronômicas buscadas pelo melhoramento genético do algodoeiro, aquelas relacionadas à produtividade, a arquitetura da planta, produção e características tecnológicas de fibras são as mais importantes. O melhoramento do algodoeiro busca desenvolver cultivares com características de fibra que ofereçam percentagem de fibra superior a 40%; resistência de fibra superior a 28 gf/tex; uniformidade de comprimento superior a 80%; micronaire variando entre 3,9 e 4,2 e comprimento superior a 30 mm (CARVALHO, 2008).

Nos últimos anos tem-se testado diversos genótipos considerando os caracteres bioquímicos e agronômicos para distinguir parentes com características superiores para uso posterior com o objetivo de produzir por exemplo genótipos tolerantes à seca.

Através do melhoramento foi possível desenvolver algumas linhagens superiores com o intuito de atender as necessidades dos produtores, produzindo cultivares com

características como maior estabilidade, adaptação e alta produtividade para a região semiárida ou ambientes com baixa disponibilidade hídrica (CARVALHO, 2018; ALBUQUERQUE, 2017; VASCONCELOS, 2016).

2.3. Métodos de Melhoramento

Na história humana a diversificação evolutiva natural do algodoeiro envolve múltiplos eventos de cruzamentos naturais e de hibridização aparentemente impossíveis. Muitas vezes ocorrendo entre linhagens que hoje são geograficamente separadas ou até mesmo localizadas em continentes diferentes, assim como acontece em diversos casos de dispersão transoceânicas de longa distância (WENDEL e GROVER, 2015).

São vários os caracteres utilizados pelos melhoristas para se selecionar genótipos superiores de algodoeiro em condições de estresses bióticos e abióticos. Para o semiárido brasileiro, as pesquisas têm-se direcionado para materiais com tolerância à seca e, para isso, variáveis agronômicas, fisiológicas, bioquímicas e características tecnológicas da fibra vêm sendo muito utilizadas. Rodrigues et al. (2016) avaliaram, em casa de vegetação, nove genótipos de algodoeiro submetidos a 7 dias de supressão hídrica e conseguiram designar os materiais mais tolerantes através de características agronômicas e da atividade enzimática das plantas.

Pereira (2017) avaliou o desempenho de nove genótipos de algodoeiro submetidos a supressão hídrica em casa de vegetação pelo período de 21 dias, avaliando as variáveis fisiológicas para apontar os genótipos mais eficientes quanto a capacidade de superar o desgaste fisiológico devido ao estresse hídrico.

Vasconcelos et al. (2018) utilizou 20 combinações híbridas de algodoeiro, obtidos através de cruzamentos entre cultivares herbáceas e arbóreas, cultivados em condições de campo, no estudo realizaram análise dialélica para determinar os materiais tolerantes à seca, focando em variáveis agronômicas. Por sua vez, Vasconcelos (2016) também submeteram 20 híbridos de algodoeiro a estresse hídrico e estimaram parâmetros genéticos desses materiais utilizando-se de análises das características tecnológicas das fibras, verificando que essas variáveis têm bastante valor para o melhoramento genético do algodoeiro.

Com o advento das novas tecnologias de DNA recombinante surgiu também a possibilidade de se modificar diretamente o DNA da planta ou de qualquer organismo vivo, e assim alterar precisamente as características desse organismo ou introduzir novas características de interesse (OLIVEIRA et al. 2012).

O algodoeiro apresenta um sistema de fertilização misto ou parcialmente autógamo, com flores hermafroditas, que combina a autofecundação e o cruzamento natural por meio de insetos polinizadores (VIDAL et al. 2013; FREIRE, 2014).

O controle da polinização (autopolinização e cruzamentos) é simples e de fácil execução. Na autopolinização e protegido o botão floral impedindo sua abertura e a visitação de insetos, o que pode ser conseguido com o uso de sacos de papel, barbante de algodão ou fio de cobre (VIDAL NETO e FREIRE, 2013).

Na realização dos cruzamentos, as flores que receberão o pólen são emasculadas e protegidas na tarde anterior à abertura das flores, na manhã seguinte as mesmas são polinizadas com pólen do doador masculino e protegidas novamente para evitar contaminação (VIDAL NETO e FREIRE, 2013). O sucesso do melhoramento depende muito do conhecimento do sistema reprodutivo e da taxa de alogamia do algodoeiro, como subsídio a escolha mais adequada do método de melhoramento a ser adotado, bem como para a manutenção da pureza dos genótipos (VIDAL NETO e FREIRE, 2013).

Os métodos de melhoramento do algodoeiro são baseados em seleção massal, genealógica, pedigree-massal, recorrente, hibridação, populacional ou *bulk*, *bulk* dentro de família (GRIDI PAPP, 1969; FREIRE, 1983; NILES & FEASTER; 1984).

O melhoramento através de seleção recorrente e seleção massal são bastante assimilados ao melhoramento de plantas alógamas, atualmente esses métodos são uma alternativa muito utilizada no melhoramento de espécie autógamas ou parcialmente autógamas como é o algodoeiro (VIDAL NETO e FREIRE, 2013).

Na seleção massal, avalia-se a população original onde um número determinado de plantas é selecionado com base no fenótipo, repetindo-se o ciclo por uma ou mais vezes afim de aumentar o número de alelos favoráveis, porém este método traz consigo o problema de basear-se apenas no fenótipo, ou seja, pode ocorrer a influência do ambiente, mascarando genótipos. Esse método é bastante utilizado para se obter novas variedades de espécies, as quais não foram estudadas geneticamente para caracteres de alta herdabilidade (ALVES; RAMALHO; SOUZA, 2002).

A seleção genealógica, mais conhecida como seleção individual, é um dos principais métodos utilizados nos programas de melhoramento do algodoeiro, se baseia na seleção individual das plantas, avaliando as características fenotípicas, agregado a posterior estudo das progênies que são conduzidos sob autofecundação artificial. Assim selecionam-se as plantas superiores das melhores progênies, comparando suas descendências até determinar uma linhagem superior, esse método é utilizado tanto para populações com pouca

variabilidade genética como para populações segregantes, derivadas de hibridações intraespecíficas ou interespecíficas (CRISÓSTOMO, 1989).

Na seleção pedigree-massal consiste na seleção individual de plantas, com base no estudo de progênies sob polinização livre e na mistura das melhores para formar uma nova população denominada *bulk*, onde repete-se o processo favorecendo a recombinação durante a seleção (HALLAUER; MIRANDA FILHO, 1981).

O método de seleção recorrente é utilizado para melhoramento populacional com foco na melhoria da população através do aumento da variabilidade genética buscando o melhoramento constante selecionando genótipos superiores em qualquer ciclo (HALLAUER; MIRANDA FILHO, 1981).

Na seleção pelo método de retrocruzamento ocorre uma série de cruzamentos da progênie de duas variedades a serem selecionadas com um dos genitores, por exemplo [(A x B) x A]. A variedade utilizada no cruzamento inicial, no exemplo a variedade (B), é denominada genitor doador ou não-recorrente, e a utilizada nos cruzamentos repetidos, no exemplo, a variedade (A), genitor recorrente. O termo recorrente indica que a variedade é utilizada repetidas vezes durante o programa (BORÉM, 2009). Este método objetiva a recuperar o genitor recorrente, exceto em relação aos genes de interesse que serão transferidos.

No método populacional ou bulk, em populações segregantes as plantas da geração F₂ são colhidas em massa, retirando-se amostras de sementes que irão formar a geração F₃ através de autofecundação, para as gerações posteriores utiliza-se a polinização natural para o incremento de semente genética e manutenção dos cultivares, repete-se o procedimento até que se tenha um nível adequado de homozigose, assim procedendo com a seleção individual das plantas, onde serão selecionadas as melhores linhagens (VIDAL NETO e FREIRE, 2013).

Nos programas de melhoramento do algodoeiro são frequentes os estudos de correlação entre as características desejáveis, sobretudo as que envolvem a produtividade que é um caráter complexo e resultante da expressão e associação de diversos componentes, e qualidade de fibra que é bastante requisitada pela indústria têxtil (ALBUQUERQUE, 2017; CARVALHO et al. 2001). A correlação entre caracteres irá impactar na seleção direta e indireta, pois ao selecionar para um determinado caráter (seleção direta), os demais serão influenciados (seleção indireta), positiva ou negativamente, dependendo das correlações existentes entre eles. Esse fato decorre devido as correlações positivas e negativas, respectivamente, entre os caracteres. Assim o estudo destas correlações entre as

características é fundamental e se mostra necessário principalmente quando se avalia o efeito direto ou indireto de uma variável sobre outra (ALBUQUERQUE, 2017).

Há no mercado diversas cultivares de algodoeiro disponibilizados por várias empresas, cada uma delas com diversas opções em seu portfólio. A Embrapa dispõe atualmente de dezesseis cultivares, com elevada produtividade e características agronômicas adequadas as atuais exigências do mercado. Com destaque para as primeiras cultivares transgênicas desenvolvidas pela Embrapa Algodão BRS 371RF, BRS 370RF, e BRS 369RF desenvolvidas para cultivo na região dos cerrados e que tem característica como alta produtividade, boa qualidade de fibra e resistente as principais doenças (MAPA, 2018).

Segundo o MAPA (2018) estão cadastradas no Registro Nacional de Cultivares(RNC), 224 cultivares das quais 83 são geneticamente modificadas, 27 são da variedade *latifolium* e 2 da variedade *marie galante*, a maioria das cultivares é tolerante a herbicida glifosato assim como a algumas pragas do gênero lepidóptera, a Embrapa possui 48 dessas cultivares, e atualmente também vem desenvolvendo pesquisas com algodão transgênico resistente ao bicudo-do-algodoeiro (*A. grandis*), que é considerado a principal praga do algodoeiro.

Dentre as cultivares desenvolvidos pela Embrapa com maior tolerância a seca, pode-se destacar: CNPA ITA 90, CNPA 7MH, BRS Seridó, BRS 286, BRS 336, BRS AROEIRA (fibras brancas), as cultivares BRS Rubi, BRS Safira, BRS Topázio, BRS Jade e BRS Verde (fibras coloridas) as cultivares desenvolvidos para o semiárido visam atender as necessidades dos produtores e atender a demanda do mercado(EMBRAPA, 2018).

O desenvolvimento de cultivares de algodão geneticamente modificado, nos últimos anos tem permitido aos agricultores, reduzir consideravelmente custos de produção, aumentar a produtividade e diminuir as perdas causadas por insetos-pragas e doenças (GOMES e BORÉM, 2013).

Recentemente foram lançadas no mercado através da Embrapa as cultivares BRS 430 B2RF, BRS 432 B2RF com foco para produção no cerrado e com características de alta produtividade, qualidade de fibra e resistência às principais doenças, já a cultivar BRS 433 FL B2RF também lançada recentemente é apta a ser plantada tanto no cerrado como no semiárido nordestino quando em condições de irrigação (MAPA, 2018).

2.4. Déficit Hídrico

O semiárido brasileiro anualmente apresenta precipitações médias entre 500 e 800 mm.ano⁻¹, com evaporação média que pode chegar a 2000 mm.ano⁻¹. Além disso, o semiárido

é frequentemente afetado por períodos de estiagem que apresenta um comportamento climático imprevisível, pois geralmente apresentam chuvas irregulares (Instituto Nacional de Meteorologia, 2018; CPTEC, 2014).

A água tem sua disponibilidade cada vez mais reduzida ou limitada para uso na agricultura, tal falta de água pode ser agravada pelas mudanças climáticas, aumento da temperatura e má distribuição das chuvas, não é improvável que restrinja ainda mais o potencial de plantios e de determinadas áreas agrícolas (GUIMARÃES et al., 2016). Em diversas pesquisas com algodoeiro, alguns autores como Wen et al. (2013), Brito et al. (2011), De Tar (2008) tem apresentado resultados para a cultura de algodão no sentido de que o mesmo sofre influência tanto na produtividade quanto na porcentagem e qualidade das fibras quando submetidos a condições de déficit hídrico.

Através da evolução, as plantas desenvolveram algumas estratégias fisiológicas e ecológicas para transpor as situações de escassez de água através da evasão ou tolerância ao estresse. Em condições de campo quando as plantas são submetidas à falta de água, o que determina o estresse é a extensão e a duração da falta de água que pode vir a ser em horas ou dias sem acesso a água (AKINCI e LÖSEL, 2012). Diversas espécies de algodoeiro vêm demonstrando serem capazes de se adaptar a ambientes semiáridos, isso corrobora com a capacidade dessas espécies para sobreviverem a ambientes com déficit hídrico (VASCONCELOS et al. 2018; CARAVLHO, 2018).

A escassez de água é um dos principais fatores limitantes para a produção de culturas e geralmente ocasiona perdas e danos substanciais de rendimento e de culturas. As plantas desenvolveram ao longo das gerações diversos mecanismos em níveis morfológicos, fisiológicos, celulares e bioquímicos para suportar ou superar condições de estresse hídrico (FANG e XIONG 2015). De forma inicial as respostas das plantas submetidas estresse hídrico envolve o fechamento estomático, reduzindo a transpiração, o transporte de assimilados, a fotossíntese e a capacidade de expansão celular, em consequência ocorre redução no crescimento, respiração, condutância estomática, entre outros fatores fisiológicos associados, mas geralmente compromete o crescimento ou o desenvolvimento da planta. (FERRARI et al., 2015).

Assim quanto mais rápida for à resposta da planta ao estresse e conseqüentemente a sua capacidade de realizar o ajustamento osmótico e de produzir enzimas antioxidativas para neutralizar os efeitos das reações oxidativas, maiores são as chances que estas plantas sejam consideradas tolerantes ou sensíveis ao estresse hídrico (MOLLER et al. 2007; PASRIDA et al. 2008; PEREIRA et al. 2012).

A planta submetida a estresse tende a conter a desidratação, regulando o equilíbrio entre a perda de água pelas folhas com a absorção de água pelas raízes, fechando os estômatos para controlar esse equilíbrio, isso pode reduzir a parte aérea da planta, porém aumentar a absorção de água do solo (MORADI, 2016). Como reação ao estresse hídrico nas plantas, pode ocorrer alterações significativas na expressão genética, desenvolvendo diversas variações quanto a síntese proteica e por conseguinte nas suas funções biológicas (DEEBA et al. 2012).

Kuial et al. (2015) e Chastain et al. (2014) citam que o déficit hídrico no algodoeiro pode ocasionar diversos processos na planta, entres eles a diminuição da área foliar, logo reduz a captação de luz, o que por sua vez reduz a fotossíntese, alterações na condutância estomática e na fotorrespiração, ocasionando diminuição do capulho, conseqüentemente redução na produção.

Quando o déficit hídrico nas culturas ocorre em função de fatores abióticos, as plantas podem ser induzidas a apresentar respostas fisiológicas, bioquímicas ou moleculares que podem ser irreversíveis de acordo com a intensidade e duração do estresse hídrico (PEREIRA et al. 2012).

As plantas podem ainda responder ao estresse hídrico através de: I) alterações de curto prazo, a exemplo de respostas fisiológicas ligadas à regulação estomática; II) aclimatação à disponibilidade de água, acarretando na acumulação de soluto resultante, através do ajuste de potencial osmótico e alterações morfológicas; III) adaptação às condições de estresse hídrico através de mecanismos fisiológicos e modificações na anatomia, dependendo do nível do estresse a fotossíntese pode ser afetada gravemente vindo a ser inibida ou até paralisada completamente à medida que aumenta o déficit hídrico (AKINCI e LÖSEL, 2012).

Dos processos fisiológicos realizados pelas plantas, a germinação que consiste no crescimento do embrião e emergência da plântula é um dos estágios mais críticos, uma vez que há maior vulnerabilidade a estresses ambientais pelas culturas quando em condições de campo (ARAÚJO, 2013).

O déficit de água pode influenciar sobre os componentes de fibra. Almeida et al. (2017) e Araújo et al. (2013) avaliando cultivares de algodão no semiárido identificaram que influencia do déficit hídrico na percentagem de fibra e o comprimento das fibras em genótipos de algodão, já Cordão Sobrinho et al. (2015), no mesmo ambiente, observaram que houve diferenças para o comprimento da fibra em cultivares submetidos a diferentes lâminas de irrigação. Isso indica que pode haver além do efeito ambiental, a influência da herança definindo a plasticidade genética dos genótipos quando estes são submetidos a

condições ambientais diversas, mostrando que os genótipos tem uma base genética favorável, determinada pelas contribuições dos seus genitores que possivelmente possuem os alelos favoráveis à tolerância ao estresse hídrico, gerando cultivares mais tolerantes a baixa disponibilidade hídrica (ARAÚJO e SILVA, 2010; BRITO et al. 2011; RODRIGUES et al. 2016).

O algodoeiro é cultivado no Nordeste principalmente em regiões de clima semiárido, que tem predominância de solos com baixa fertilidade, com precipitação irregular e geralmente mal distribuída, além da alta taxa de evapotranspiração que ocasiona problemas de estresse hídrico nas culturas. A cultura do algodoeiro merece destaque pela adaptação aos ambientes com indisponibilidade hídrica, devido a ajustes fisiológicos, capacidade de crescimento e a plasticidade radicular (AQUINO et al., 2012).

Apesar do algodoeiro ser espécie adaptada ao déficit de água, são necessários pelo menos 400 a 500 mm de água durante a estação de crescimento para obter bons rendimentos (CORDÃO SOBRINHO et al. 2015). Ainda assim o cultivo do algodão é vulnerável a mudanças nos padrões de precipitação e reduções na disponibilidade de água na irrigação Dabbert e Gore (2014), a resposta ao déficit hídrico varia conforme frequência, intensidade e duração do déficit de água, o genótipo, estágio de desenvolvimento e tolerância ou potencial de aclimatação da espécie.

O algodoeiro é capaz de suportar o estresse hídrico na fase de crescimento até o surgimento dos botões florais, sem que consequências mais significativas na produtividade sendo que nos períodos de florescimento e frutificação, a planta necessita em média 5 a 8 mm/dia de água para garantir alta produtividade e qualidade (FREIRE, 2015).

Diversas pesquisas vêm sendo realizadas identificando que o déficit hídrico prolongado no cultivo de algodão afeta o crescimento, a produtividade e a qualidade das fibras (SNOWDEN et al. 2013; VASCONCELOS et al. 2017; VASCONCELOS, 2016; ZONTA et al. 2015; ZONTA et al. 2015b).

O algodoeiro tolerante a seca, quando analisado em nível celular dispõe de estratégias para diminuir os efeitos do estresse através da melhoria na regulação osmótica, aumento do comprimento e densidade do sistema radicular, aborto de frutos para reduzir o custo energético da reprodução, entre outros (LOKA E OOSTERHUIS, 2012; YEATES, 2014).

A regulação do sistema radicular do algodoeiro é realizado por meio de genes existentes em todas as plantas, conforme a necessidade e devido a incidência de fatores ambientais esse sistema pode vir a sofrer determinadas modificações, fazendo com que o estresse hídrico acarrete efeitos em todo o sistema fisiológico, induzindo o crescimento do

sistema radicular, uma vez que a planta busca água nas camadas mais profundas do solo e assim aprofunda suas raízes, tendo efeito direto na anatomia de suas folhas deixando raquíticas, diminuindo sua área fotossintética e afetando sua capacidade de absorção de luz e na produção de fotoassimilados pela planta (FERNANDES et al. 2005).

Segundo Loka e Oosterhuis (2012) a fase reprodutiva da planta de algodão é considerada a mais sensível ao déficit hídrico, outros autores como Reddell, Prochaska e Cudrak (1987), a fase mais sensível é o início da floração, enquanto para Orgaz, Mateos e Fereres (1992), o período mais sensível ocorre durante o pico de floração. Porém outros estudos apontam que o período mais sensível à deficiência de água ocorre após a florescência, quando as plantas tinham muitos frutos (COOK e EL-ZIK, 1993).

3. OBJETIVOS

3.1. Geral

Selecionar cultivares de algodoeiro tolerante ao estresse hídrico, com base em estudos de caracteres de produtividade e qualidade da fibra.

3.2. Específicos

-Avaliar o desempenho agrônômico de nove cultivares de algodoeiro submetido a condições de campo em plantio de sequeiro;

-Selecionar cultivares de algodoeiro tolerante a estresse hídrico e mais promissores, com base nos caracteres de qualidade de fibra e produtividade sob condições de plantio de sequeiro no semiárido nordestino.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Recursos genéticos

Foi utilizado um conjunto de nove linhagens avançadas CNPA 2012 – 120 RF, CNPA 2013 – 81 RF, CNPA 2013 – 535 RF, CNPA 2012 – 160 RF FL, CNPA 2013 – 2064 RF FL, CNPA 2013 – 2235 RF FL e três testemunhas representadas pelas cultivares BRS 368 RF, BRS 371 RF e FM 944 GL, escolhidos previamente por suas características de potencial produtivo e adaptadas as condições de semiárido ou cerrado (EMBRAPA, 2018). Tal população faz parte do programa de melhoramento genético da Embrapa Algodão, as mesmas fazem parte dos ensaios de valor de cultivo e uso (VCU) e são voltados para o ambiente semiárido. A relação das cultivares utilizado com suas respectivas características se encontram na Tabela 1.

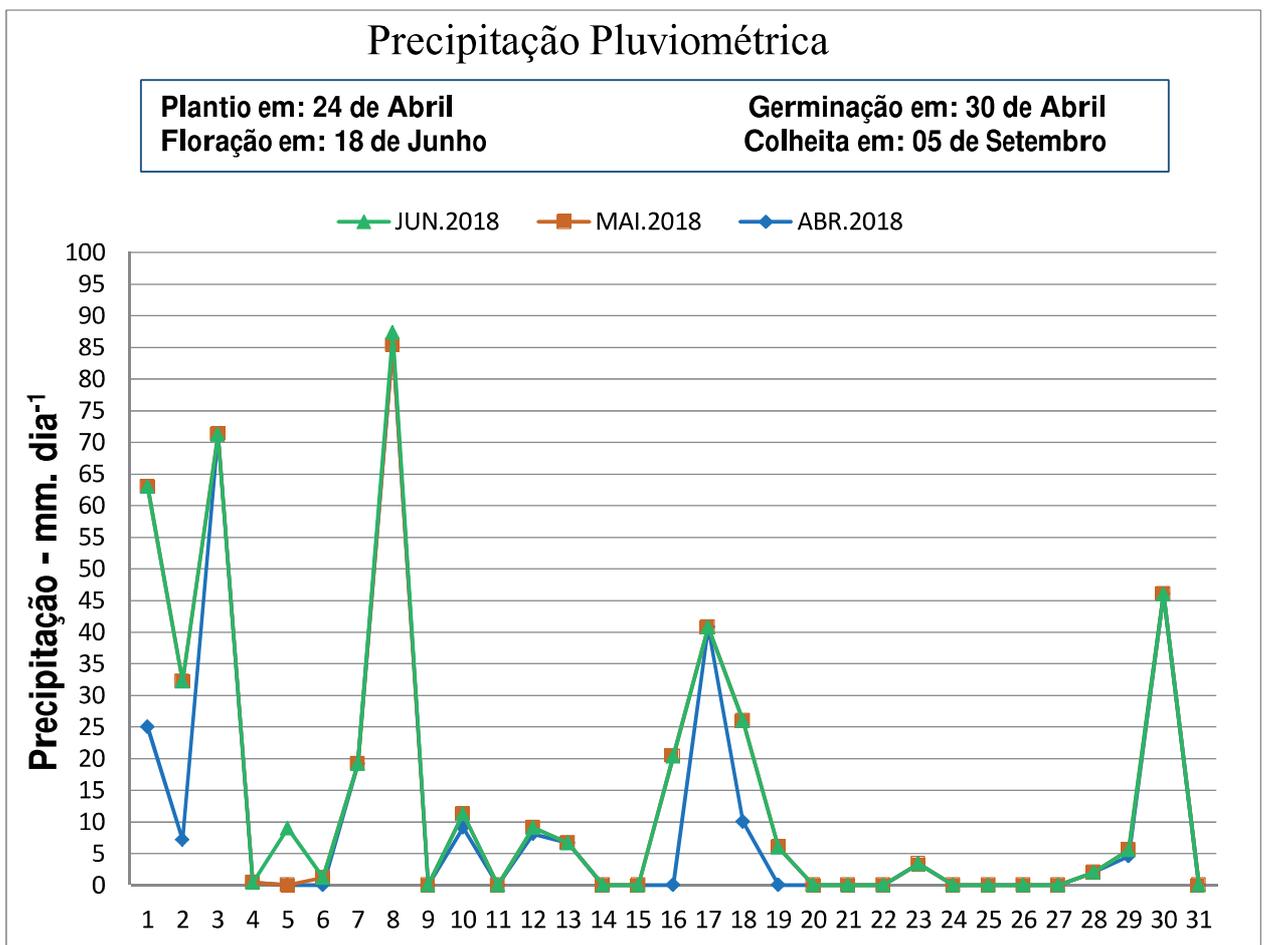
Tabela 1. Genótipos utilizados na condução do experimento.

Tratamento	Cultivares	Obtentora
1	BRS 368 RF _(T)	EMBRAPA
2	BRS 371 RF _(T)	EMBRAPA
3	FM 944 GL _(T)	BAYER
4	CNPA 2012 – 120 RF	EMBRAPA
5	CNPA 2013 – 81 RF	EMBRAPA
6	CNPA 2013 – 535 RF	EMBRAPA
7	CNPA 2012 – 160 RF FL	EMBRAPA
8	CNPA 2013 – 2064 RF FL	EMBRAPA
9	CNPA 2013 – 2235 RF FL	EMBRAPA

4.2. Localização e condução do experimento

O experimento foi conduzido no campo experimental do CENTEC (Instituto Centro de Ensino Tecnológico) em Quixeramobim, CE ($5^{\circ}10'28.97''S$; $39^{\circ}17'13.56''O$) no período de abril de 2018 a julho de 2018. A precipitação média anual foi de 724,5 mm e temperatura média anual de $27,3^{\circ}C$ (CLIMA-DATA.ORG, 2018). Porém durante o período do experimento a precipitação foi de 174,4 mm e média mensal de 52,6 mm conforme figura 1.

Figura 1. Precipitação pluviométrica durante a condução do experimento.



O experimento foi preparado seguindo as recomendações de manejo para a cultura e adubação com base nas análises de solo do local. O plantio (Figura 2) foi realizado em 24 de abril de 2018, a germinação teve início em 30 de abril. A floração teve início em 18 de junho de 2018, esse período até a frutificação são as fases mais sensíveis do algodoeiro, o estresse hídrico na fase de floração pode ocasionar a queda de estruturas reprodutivas, afetando diretamente a produtividade do algodoeiro, reduzindo em até 50 % do seu potencial

produtivo, afetando o comprimento e a qualidade da fibra (HUSSEIN et al. 2011; BEZERRA et al. 2014; CORDÃO SOBRINHO et al. 2015; ZONTA et al. 2015; RODRIGUES et al. 2016).

Figura 2. Visão geral do experimento (A) e (B), condução de análise do experimento (C) e (D) pelos pesquisadores da Embrapa em Quixeramobim – CE



Fonte: Gomes, 2018.

Foram feitos todos os tratamentos culturais e convencionais, para evitar o aparecimento de plantas daninhas e pragas, com aplicações de herbicidas e inseticidas de acordo com a necessidade da cultura ao longo do experimento. Para o controle de plantas daninhas foi aplicado Herbadox e Diuron em pré-emergência, e Staple, Envoke e Podium em

pós-emergência, e no combate a *Bemisia tabaci* (mosca branca) foi feita duas aplicações com Actara (Thiamethoxam), a primeira no início da floração e a segunda aplicação 21 dias depois na dosagem conforme recomendações para a cultura. A colheita do algodão foi realizada em cinco de setembro de 2018.

4.2.1. Delineamento Estatístico

O delineamento experimental adotado foi de blocos ao acaso com 4 repetições e 9 tratamentos em condições de campo, a unidade experimental foi constituída por duas fileiras de 5 m, com plantio manual onde as sementes foram semeadas no espaçamento de 0,90 m entre linhas com sete plantas por metro linear com área útil foi de 9,0 m² e densidade populacional de 70 plantas/parcela. Fez-se análise de variância para as características de produção e características de fibras conforme descrição abaixo.

4.3. Características Avaliadas

4.3.1. Características Agronômicas

As características agronômicas avaliadas no decorrer do experimento foram as seguintes:

- I.** Peso de um capulho - PIC (g): Foi obtido pelo peso médio de 20 capulhos (Amostra Padrão) coletados na área útil da parcela no período da colheita obtido pelo peso padrão da amostra dividido por vinte;
- II.** Produtividade de algodão em caroço – PROD (kg/ha): Foi obtido através da transformação do peso do algodão em caroço obtido da parcela útil em gramas e convertido em quilogramas por hectare;
- III.** Porcentagem de fibras - PF (%): Foi obtido pela relação entre o peso de fibra da amostra padrão em cada parcela útil pelo peso total da amostra padrão;
- IV.** Produtividade de algodão em fibra – PRODF (kg/ha): Foi obtido pelo produto da produtividade do algodão em caroço pela respectiva porcentagem de fibra;

4.3.2. Características tecnológicas de fibra

As características tecnológicas de fibra foram avaliadas no Laboratório de Tecnologia de Fibra e Fios da Embrapa Algodão, em Campina Grande-PB, por meio do HVI (Uster HVI 1000) tomando-se 20 capulhos/parcela como amostra padrão. As características avaliadas foram as seguintes:

V. Comprimento de fibra (UHM): Simula a avaliação subjetiva do comprimento de fibra, feita pelo classificador de algodão. No sistema HVI, ao avaliar a amostra de algodão, elabora um diagrama conhecido como fibrograma, onde são relacionados os comprimentos de fibra em função de suas frequências na amostra, tem atribuição relevante no índice de fiabilidade assim como na continuidade da distribuição das fibras no fio, o que afeta diretamente a resistência do mesmo, ainda afeta a questão econômica, pois o comprimento de fibra pode vir a ser determinante no preço praticado no comércio para o algodão, já que quanto mais longa, melhor é a fibra e maior é a quantidade de fios fortes e finos (JERONIMO et al., (2014); KAZAMA et al. 2016; SILVA, 2018);

VI. Uniformidade de fibra (UNF %); O índice de uniformidade corresponde à relação de valores médios Mean Length e Upper Half Mean Length. É uma indicação da dispersão de comprimento das fibras dentro da totalidade da amostra;

VII. Índice de fibras curtas (SFI): o índice de fibras curtas (SFI) é uma importante variável para a indústria têxtil, quanto menor esse índice maior é o comprimento da fibra, conforme o valor mais baixo (<12%) menor o nível de ruptura dos fios, o que contribui para o aumento de resistência no processo de fiação (CORDÃO SOBRINHO et al. 2015);

VIII. Resistência (STR): Trata-se da resistência específica à ruptura de um feixe fibroso, calculando-se a finura das fibras individuais (tex) a partir do valor micronaire. Os valores são obtidos a uma taxa de deformação constante (CRE - Constant Rate of Extension);

IX. Alongamento à ruptura (ELG %): a alongação é uma característica intrínseca que mensura o quanto a fibra cede no sentido longitudinal até o momento de ruptura (FREIRE et al. 2015), a alongação está ligada também a resistência;

X. Índice de micronaire (MIC): O Índice de micronaire (MIC) é uma medida estimada em função da maturidade da fibra e de sua finura, logo o índice de micronaire é uma medida da densidade ou tamanho linear da fibra (ZUMBA et al., 2017). O índice de micronaire é uma característica de caráter adimensional que sofre influência pela disponibilidade de celulose na parede secundária deste tecido, através deste índice é possível estimar a quantidade de fibras que compõe a seção transversal do fio, sua resistência e a regularidade em função de comprimento (VASCONCELOS et al. 2016);

XI. Índice de fiabilidade (CSP): índice de fiabilidade, conhecido pela sigla CSP (Count Strength Product) é um indicador de resistência dos fios, principalmente os fios conhecidos como fios de rotor “open-end” que tem relação direta com a resistência das fibras individuais.

4.4. Análise estatístico-genética

As análises estatísticas foram realizadas com auxílio do programa computacional GENES versão 1990.2018.68 (CRUZ, 2013). Para análise da variância utilizou-se o teste de F e teste de agrupamento de médias de Scott e Knott (1974), a 5% de probabilidade. Foram feitas as análises individuais, conforme esquemas propostos por Cruz, et. al. (2012), se encontram na Tabela 2.

Tabela 2. Esquema da análise de variância individual segundo Cruz et al (2012).

FV	GL	SQ	QM	F	E(QM)
Blocos (B)	b - 1	SQB	QMB	QMB/QMR	$\delta^2 + g\delta_b^2$
Genótipos (G)	g - 1	SQG	QMG	QMG/QMR	$\delta^2 + r\phi_g$
Resíduo	(b - 1)(g - 1)	SQR	QMR		δ^2
Total	(b*g)-1	SQTo			

Foram avaliados os seguintes parâmetros fenotípicos e genéticos conforme (VENCOVSKY e BARRIGA, 1992 CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2012; RAMALHO, 2012);

Componente de Variância Fenotípica: $\sigma_f^2 = \frac{QM_t}{j}$ onde, QM(t) é o quadrado médio do tratamento e j o número de blocos.

Componente Quadrático Genotípico: $\phi_g = \frac{QM_t - QMR}{j}$ onde, o QMT é o quadrado médio do tratamento, QMR é o quadrado médio do erro (ambiental) e j o número de blocos.

Coefficiente de Determinação Genotípico $CDG = \frac{\phi_g}{\sigma_f^2} \times 100$ onde σ_f^2 é a variância fenotípica.

Coefficiente de Variabilidade Genotípica: $CV_g = \frac{\phi_g}{m} \times 100$ onde, m a média dos tratamentos.

Componente de Variância Ambiental: $CV_a = \frac{\sigma_e^2}{m} \times 100$ onde, σ_e^2 é a variância ambiental e m a média dos tratamentos.

Coefficiente de Variação Relativo: $CVR_a = \frac{CV_g}{CV_a} \times 100$ onde, CV_g é o coeficiente de variância genética CV_e é o coeficiente de variância ambiental.

Diferencial de seleção: $DS = X_s - (X_o)$, onde X_s é a média da população inicial e o X_o a média da população selecionada.

Ganho de seleção: $GS = \phi_g \times DS$, onde DS é o diferencial de seleção.

O índice de Mulamba e Mock (1978) foi utilizado para classificar as cultivares, de acordo com os caracteres definidos e conforme os valores absolutos mais elevados, ou seja, os que apresentarem melhor desempenho. No final serão somados os valores atribuídos a cada característica, assim gera-se uma soma do “ranks”, que nos permitirá fazer a classificação geral dos genótipos.

$$\text{Índice (Imm): } \sum_{k=1}^n u_k r_{jk} = u_1 r_{i1} + u_2 r_{i2} + \dots + u_n r_{in}$$

A precisão de um experimento é medida por meio do coeficiente de variação ambiental (CVa), que é uma estimativa do erro proporcionado pelo experimento, sendo utilizado como medida de qualidade do experimento (CARGNELUTTI FILHO e STORCK, 2007). Quanto menor for o valor do CV maior é a precisão do experimento, conseqüentemente menores diferenças entre as estimativas das médias serão significativa, conforme classificação proposta por Pimentel Gomes (2009): o CVa é considerado baixo, quando inferior a 10%; médio, entre 10 e 20%; alto, quando encontra-se entre 20 e 30%; e muito alto, quando superior a 30%.

O coeficiente de variação relativa (CVg/CVa) se refere à porção da variabilidade genética em relação à ambiental que pode ser transmitida para as próximas gerações nessa relação, os valores da razão (CVg/CVa) quanto mais próximos de 1, maiores são os ganhos de seleção para a característica avaliada (BORÉM e MIRANDA, 2013).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Análise de Variância e Parâmetros Genéticos

Conforme resultados dispostos na Tabela 3, as características % FIBRAS, UHM, UNF, SFI, STR, ELG, MIC e CSP alcançaram valores inferiores a 10% para os CVa's, sendo considerados de baixas magnitudes, e portanto, de boa precisão experimental, já as características PROD e PRODF, apresentaram valores de CVa's entre 10 e 15%, considerados valores médios de acordo com a classificação de Pimentel-Gomes (2009). Valores esperados e normais para a cultura (BOWMAN, 2001), pois são características altamente influenciadas pelo ambiente, e estão próximos aos valores obtidos em experimentos conduzidos com a cultura do algodoeiro por Farias et al. (2016), Carvalho et al. (2016), Queiroz, (2017). Já Carvalho, (2018) obteve valores inferiores para PROD (7,19%) e PRODF (7,62%).

Os resultados das análises das variâncias individuais (Tabela 3) indicam as diferenças estatísticas significativas para as características de PROD, % FIBRAS, PRODF, UHM, STR, ELG, MIC e CSP para as cultivares cultivadas em condições de sequeiro, indicando variabilidade fenotípica entre os genótipos avaliados.

Tabela 3: Quadrados médios para características agrônômicas (PROD – Produtividade; % FIBRAS - Porcentagem de fibra; PROD F – Produtividade de fibra; UHM – Comprimento da fibra; UNF – Uniformidade da fibra; SFI – Índice de Fibras Curtas; STR – Resistência ; ELG – Alongamento a Ruptura % ; MIC – Índice de Micronaire; CSP – Índice de Fiabilidade, Quixeramobim-CE, 2018.

FV	GL	PROD	% FIBRAS	PROD F	UHM	UNF	SFI	STR	ELG	MIC	CSP
Bloco	3	23565.72	0.22	2876.70	0.99	1.12	0.13	3.07	0.01	0.04	69957.87
Genótipo	9	250239.57*	27.54**	62667.13**	12.59**	1.65	0.46	14.59**	1.38**	0.23**	318674.65**
Resíduo	24	96329.81	0.40	15080.81	1.65	0.88	0.25	2.01	0.16	0.03	38316.50
Média		2117.37	38.48	816.71	29.29	85.64	6.77	32.89	5.47	4.46	3025.97
CVa (%)		14.65	1.66	15.03	4,39	1.10	7.46	4.31	7.50	4.39	6.46
ϕ_g (%)		9.26	6,76	13.35	5.64	0.51	3.39	5.39	10.06	4.96	8.74
CVg/CVa		0.63	4.07	0.88	1.28	0.46	0.45	1.25	1.34	0.91	1.35
CDG (%)		61.50	98.51	75.93	86.82	46.32	45.27	86.22	87.79	83.57	87.97

CVa: coeficiente de variação ambiental; ϕ_g : componente quadrático genotípico; CVa: componente de variação ambiental CDG: coeficiente de determinação genotípica; ** e * significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste F.

Este estudo apresentou valores próximos aos da unidade de relação CVg/CVa, com exceção do valor obtido para %FIBRAS (4,07), para as demais características os valores variaram entre 0,46 (UNF) e 1,35 (CSP), sendo estes valores próximos aos encontrados para a cultura do algodoeiro (ALBUQUERQUE, 2017; CARVALHO, 2018; SILVA, 2018).

Na Tabela 3 também se encontram as estimativas do coeficiente de determinação genotípica (CDG) determinado quando o modelo utilizado é o fixo para genótipos e corresponde a herdabilidade (h_g^2) quando o modelo utilizado é aleatório. Constatou-se que houve oscilação dos valores entre 45,27% (SFI) e 98,51% (%FIBRAS), com os menores valores observados para UNF e SFI, 46,32% e 45,27% respectivamente. Esses resultados indicam que há variabilidade genética entre as cultivares com possibilidade de ganhos no processo de seleção. O coeficiente de determinação genotípica é a fração da variabilidade fenotípica ligada a fatores genéticos, ou seja, o quanto da variabilidade fenotípica e explicada pela variabilidade genética. As estimativas apresentadas pela herdabilidade são importantes para se determinar a estratégia mais eficiente para a seleção. Khan et al. (2010) observaram uma herdabilidade de 98% e de 96% para PROD e % FIBRAS, resultados semelhantes aos encontrados neste experimento para % FIBRAS. Conforme Bonifácio et al (2015) os valores para herdabilidade quando ocorrem acima de 70% são vistos como altos e desejáveis, apesar destes valores variarem conforme a espécie em estudo.

Resende et al. (2014) também verificaram altos valores de herdabilidade para percentagem de fibra (88%), comprimento (87%) e finura da fibra (81%) em 240 genótipos de algodão avaliados em condições de semiárido durante três anos.

As respostas dos genótipos no campo dependem tanto do background genético como também dos efeitos ambientais e suas interações. Assim o material considerado mais promissor será aquele que obtiver destaque quando submetido a condições de estresse ou déficit hídrico de forma que mantenha as perdas dentro de níveis razoáveis em relação aos demais avaliados na mesma condição. Vasconcelos (2018) avaliando combinações híbridas submetidas a estresse hídrico constatou que a maioria das combinações testadas apresentou redução significativa quando submetida ao estresse hídrico, com o maior valor de 35,54 % para a combinação (FMT 705 x CNPA ITA 90), constatou ainda reduções no peso do capulho (0,16%), produção de fibras (0,02%) e altura da planta (0,74 cm) em relação às plantas em condições hídricas normais.

Avaliando-se o desempenho de quatro genótipos de algodão em relação as características de produção no semiárido do Rio Grande do Norte, Zonta et al. (2015) submeteram quatro cultivares a quatro diferentes lâminas de irrigação, e verificaram a

ocorrência de comportamentos diferenciados no declínio da produtividade entre os genótipos, indicando que alguns são mais promissores e podem ser utilizados no programa de melhoramento de cultivares voltados para o semiárido.

5.2 Médias e Ranking de Classificação das Cultivares

Na Tabela 4 estão dispostos os resultados referentes às médias das cultivares quanto ao teste de Scott & Knott (1974) a 5% de probabilidade e respectivo ranking de classificação de comportamento para as características agronômicas e de fibras. Observa-se que com exceção das características UNF e SFI, houve formação de grupos para as demais características avaliadas. Para UNF e SFI já era esperado a não formação de grupos devido a não significância na análise de variância apresentada na tabela 3.

Tabela 4: Agrupamento das médias e os respectivos rankings (R) para os caracteres agrônômicos (PROD – Produtividade; % FIBRAS - Porcentagem de fibra; PROD F – Produtividade de fibra) e caracteres de fibras(UHM – Comprimento da fibra; UNF – Uniformidade da fibra; SFI – Índice de Fibras Curtas; STR – Resistência ; ELG – Alongamento a Ruptura % ; MIC – Índice de micronaire; CSP – Índice de Fiabilidade) Quixeramobim - CE, 2018.

Genótipos	PROD	R	%FIBRAS	R	PRODF	R	UHM	R	UNF	R
1- BRS 368 RF	1756,11 b	9°	40,90 a	2°	717,69 b	7°	26,75 b	9°	85,12 a	8°
2- BRS 371 RF	1928,33 b	7°	40,27 a	3°	776,86 b	6°	27,7 b	7°	85,17 a	6°
3- FM 944 GL	2450,55 a	2°	41,22 a	1°	1010,54 a	1°	29,67 a	5°	85,12 a	7°
4- CNPA 2012 – 120 RF	2140,27 b	4°	39,22 b	5°	840,14 a	4°	29,17 a	6°	86,00 a	3°
5- CNPA 2013 – 81 RF	2285,55 a	3°	38,82 b	6°	889,05 a	3°	27,22 b	8°	85,52 a	5°
6- CNPA 2013 – 535 RF	2064,44 b	5°	38,20 b	7°	787,87 b	5°	30,00 a	4°	84,97 a	9°
7- CNPA 2012 – 160 RF FL	2024,44 b	6°	34,87 c	8°	706,30 b	8°	30,77 a	2°	86,40 a	2°
8- CNPA 2013 – 2064 RF FL	2493,33 a	1°	39,30 b	4°	980,55 a	2°	30,15 a	3°	85,62 a	3°
9- CNPA 2013 – 2235 RF FL	1913,33 b	8°	33,57 d	9°	641,43 b	9°	32,20 a	1°	86,82 a	1°

*genótipos com médias seguidas da mesma letra pertencem ao mesmo grupo, a 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott (1974).

Tabela 4, CONT:

Genótipos	SFI	R	STR	R	ELG	R	MIC	R	CSP	R
1- BRS 368 RF	7,07 a	3°	30,40 c	9°	6,47 a	1°	4,25 c	3°	2743,00 c	8°
2- BRS 371 RF	7,07 a	2°	30,72 c	8°	5,52 b	5°	4,77 a	8°	2689,00 c	9°
3- FM 944 GL	6,82 a	5°	32,67 b	5°	5,45 b	6°	4,45 b	4°	2982,00 b	5°
4- CNPA 2012 – 120 RF	6,47 a	7°	32,65 b	6°	5,90 b	2°	4,80 a	9°	2971,25 b	6°
5- CNPA 2013 – 81 RF	7,27 a	1°	31,22 c	7°	5,17 c	7°	4,55 b	6°	2779,75 c	7°
6- CNPA 2013 – 535 RF	6,97 a	4°	33,37 a	4°	5,87 b	3°	4,17 c	2°	3084,75 b	4°
7- CNPA 2012 – 160 RF FL	6,47 a	6°	34,82 a	2°	4,72 c	8°	4,47 b	5°	3294,25 a	2°
8- CNPA 2013 – 2064 RF FL	6,40 a	9°	34,10 a	3°	5,55 b	4°	4,55 b	7°	3122,00 b	3°
9- CNPA 2013 – 2235 RF FL	6,40 a	8°	36,05 a	1°	4,60 c	9°	4,12 c	1°	3567,75 a	1°

* genótipos com médias seguidas da mesma letra pertencem ao mesmo grupo, a 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott (1974).

Conforme Tabela 4 observou-se que para PROD as cultivares apresentaram potencial produtivo acima dos 2000 kg.ha⁻¹ com destaque para os genótipos CNPA 2013 – 2064 RF FL (2493,33 kg.ha⁻¹), CNPA 2013 – 81 RF (2285,55 kg.ha⁻¹) e CNPA 2012 – 120 RF (2140,27 kg.ha⁻¹) que apresentaram valores superiores ao das testemunhas, com exceção do genótipo CNPA 2013 – 2235 RF FL (1.913,33 kg.ha⁻¹), os resultados mostram que esses materiais possuem condições aceitáveis para utilização em programas de melhoramento tendo em vista o ambiente semiárido (FARIAS et al., 2008). Almeida et al. (2017) avaliou o desempenho de cultivares de algodoeiros submetidos a 14 dias de supressão hídrica durante a fase reprodutiva o que gerou reduções de 12,86 % (1.849,86 kg.ha⁻¹) para a BRS 336 e 17,24%(1.756,11 kg.ha⁻¹) para a BRS 286 respectivamente, demonstrando que mesmo os genótipos dispendo de alto potencial produtivo, podem ser vulneráveis a falta de água(CARVALHO, 2018).

Quanto à %FIBRAS os resultados mais promissores foram apresentados pelas cultivares CNPA 2013 – 2064 RF FL (39,30%), CNPA 2012 – 120 RF (39,22%), CNPA 2013 – 81 RF (38,82%) obtendo valores próximos aos 40% sendo estes semelhantes aos resultados das testemunhas, as cultivares CNPA 2012 – 160 RF FL e CNPA 2013 – 2235 RF FL apresentaram os menores valores para a característica (34,87 e 33,57%) respectivamente. Sobrinho et al. (2015) utilizou cinco lâminas de água para o regime hídrico com e sem estresse, chegando a conclusão que as lâminas de água não influenciaram na %FIBRAS obtendo valores entre (42,77%) BRS Araripe e (44,25%) BRS Aroeira, diferentemente dos resultados obtidos por Carvalho et al. (2015), que observaram uma média geral de 36,02% para a %FIBRAS, valores próximos ao obtido neste estudo. Para PRODF as cultivares CNPA 2013 – 2064 RF FL (980,55 kg.ha⁻¹), CNPA 2013 – 81 RF (889,05 kg.ha⁻¹) e CNPA 2012 – 120 RF (840,14 kg.ha⁻¹) obtiveram os melhores resultados, semelhantes aos das testemunhas testadas, os menores valores foram obtidos pelas cultivares CNPA 2012 – 160 RF FL (706,30 kg.ha⁻¹) e CNPA 2013 – 2235 RF FL (641,43 kg.ha⁻¹).

Um dos objetivos dos programas de melhoramento do algodoeiro é selecionar genótipos com fibras mais longas, de maior resistência para os processos de fiação e enfardamento, com menor percentual de fibras curtas e maior uniformidade de comprimento, o melhoramento utilizando-se genótipos de fibras mais longas podem auxiliar na melhoria de outras características das fibras que são importantes para aperfeiçoar seu processamento pela indústria têxtil (TEODORO et al., 2018).

No Brasil, os padrões de fibras encontrados nas cultivares em uso atualmente apresentam comprimento médio com valores entre 28 mm e 32 mm e com resistência da fibra superior a 28 gf/tex (VIDAL NETO e FREIRE, 2013). Para o caráter (UHM), foram

formados dois grupos com destaque para a cultivar CNPA 2013 – 2235 RF FL que obteve média de 32,20 mm, seguidos pelas cultivares CNPA 2012 – 160 RF FL, CNPA 2013 – 2064 RF FL (30,77 e 30,15 mm) respectivamente.

Carvalho et al (2015) encontrou medias próximas ao deste estudo utilizando um regime de irrigação recomendado para a cultura, já Zonta et al. (2015a) utilizaram diferentes lâminas de irrigação, com destaque para a lâmina de 30 mm, foi possível encontrar valores semelhantes para o caráter. Sobrinho (2015) utilizou cinco lâminas diferentes, também encontraram valor semelhante, para o uso de 418,93 mm, tendo a quantidade de água disponibilizada provocado efeito direto no caráter.

Quanto ao índice de fibras curtas (SFI) se destacou a cultivar CNPA 2013 – 81 RF com media (7,27%) e CNPA 2013 – 535 RF (6,97) obtendo médias próximas às testemunhas BRS 368 RF e BRS 371 RF (ambos com 7,07%), valores inferiores ao observados por Zonta et al. (2015b) que verificaram valor médio de 7,85%, utilizando um regime de irrigação com cinco laminas de água distinta. Sobrinho et al., (2015) observaram valores bastante inferiores, próximos de 4%, para a menor lâmina de água aplicada.

Com relação à resistência (STR), formaram-se três grupos distintos. No grupo mais promissor observa-se que o maior valor obtido foi da cultivar CNPA 2013 – 2235 RF FL (36,05 gf/tex), seguido pelas CNPA 2012 – 160 RF FL (34,82 gf/tex) e CNPA 2013 – 2064 RF FL (34,10 gf/tex), superando os demais, e com valores superiores aos obtidos por Zonta et al. (2015b) e Sobrinho et al. (2015) com 30,30 gf/tex e 31,85 gf/tex, respectivamente. Resultados semelhantes foram obtidos por Morello et al., (2015), em condições de cerrado, com valores oscilando entre 31,40 e 31,50 gf/flex, enquanto Silva Filho et al. (2016) avaliando cultivares de algodoeiro sobre regime de irrigação complementar em condições de cerrado observou valores superiores a 30 gf/tex.

Na análise do caráter ELG (alongamento a ruptura) identificou-se três grupos diferenciados, com destaque para cultivar BRS 368 (6,47%) (grupo 1), seguido pelas cultivares RF CNPA 2012 – 120 RF (5,90%) e CNPA 2013 – 535 RF (5,87%) respectivamente, pertencentes ao grupo 2.

Vasconcelos (2016) avaliando o desempenho de genótipos submetidos a supressão hídrica por 23 dias após o início da floração, verificou que algumas combinações híbridas obtiveram aumento no caráter a alongação da fibra em até 34,7%, porém no mesmo experimento também foi encontrado reduções que variaram entre -2,86% a -7,70%. Esses efeitos podem ser explicados pelo fato do estresse hídrico quando ocorre na fase de floração

afeta diretamente a fase de desenvolvimento de fibra e sua alongação devido a mecanismos fisiológicos envolvidos na expansão celular e ao comprimento (PETTIGREW, 2004).

Neste estudo as cultivares que apresentaram desempenhos desejáveis para o Índice de micronaire foi CNPA 2012 – 120 RF (4,80) com valor superior aos apresentados pelas testemunhas e as cultivares CNPA 2013 – 81 RF (4,55) e CNPA 2013 – 2064 RF FL (4,55) com valores semelhantes aos das testemunhas, os valores obtidos estão dentro do desejável para a cultura, uma vez que para os programas de melhoramento de algodão os valores desejáveis variam entre 3,9 a 4,2 (FARIAS et al. 2015). Sobrinho et al. (2015) obtiveram resultados acima de 5 e Zonta et al. (2015b) com valores médios de 4,88 para este caráter quando submetidos a regime recomendado de irrigação para o algodão. Carvalho (2018) avaliou o desempenho de cultivares em condições de estresses hídrico e irrigação suplementar em ambiente semiárido, durante dois anos e obteve valores entre 4,16 e 5,33 para o Índice de micronaire. Esses resultados demonstram que os genótipos aqui citados possuem uma melhor adaptação e são mais tolerantes às condições ambientais com estresse hídrico. Em condições de cerrado Bonifácio et al. (2015) observaram valores que variaram entre 3,31 a 4,26 ao avaliar a variabilidade genética de 22 genótipos submetidos a condições de campo e sem complementação hídrica. As fibras são consideradas muito grossas quando apresentam índices >5,0 e são consideradas fibras imaturas quando apresentam valores < 3,5, para indústria têxtil isso ocasiona defeito nos fios e reduz a afinidade com o uso de corantes durante o processo de acabamento. Tanto a maturidade que ocorre através da deposição de celulose nas camadas secundárias quanto a densidade linear da fibra influenciam nas estimativas do índice de micronaire. Por sua vez o déficit hídrico que influencia nos processos de fotossíntese e reduz a disponibilidade de carboidratos, conseqüentemente a deposição de celulose nas camadas secundária.

Attia et al. (2015) avaliaram o rendimento e a qualidade da fibra de quatro cultivares de algodão submetidos a quatro diferentes regimes disponibilidade de água (Sequeiro, 45% ET, 90%ET e irrigação normal), como resultado identificaram que o índice micronaire aumentou nos tratamentos submetidos a déficit hídrico, enquanto o comprimento e a resistência das fibras foram reduzidos quando em condições de sequeiro e de 45% ETc. Resultados similares foram obtidos por Snowden et al. (2013), que avaliando seis

cultivares de algodão submetidas a quatro níveis de irrigação, constataram o aumento no Índice de micronaire, chegando à conclusão que a elevação desse índice nas plantas

estressadas é devida a uma maior oferta de carboidratos para os capulhos remanescentes, que não sofreram *shedding* em função do estresse hídrico.

Para CSP, que é um indicador da resistência dos fios, e depende bastante das fibras individuais foi observada a formação de três grupos, sendo os melhores resultados obtidos pelas cultivares CNPA 2013 – 2235 RF FL (3567,75), CNPA 2012 – 160 RF FL (3294,25) e CNPA 2013 – 2064 RF FL (3122,00). Sobrinho et al. (2015) verificou valores de 2850,0 em regime recomendado de irrigação para a cultura. Os valores obtidos neste estudo foram mais próximo aos encontrados por Albuquerque (2017) com valores variando entre 2772,50 a 3133,27.

5.3 Seleções Direta e Indireta e Correlações

A seleção desses indivíduos é a principal e mais complexa etapa do melhoramento, pois envolve todos os caracteres concomitantemente e isso dificulta a tomada de decisão. Para isto existem vários métodos de seleção e vários aspectos a ser considerado, como método de seleção direta e indireta, o índice de soma de “ranks” (MULAMBA & MOCK, 1978) que é um dos mais utilizados (CRUZ, REGAZZI e CARNEIRO, 2014; RAMALHO, 2012). O estudo de correlações também é muito importante para auxiliar os melhoristas na tomada de decisões. As correlações podem ocorrer de forma positivas ou negativas, ou seja, uma característica pode ter ganho genético ou perda em função da seleção de outra, o que pode ser explicado pela ação de um gene ou conjunto de genes que é expresso por um caráter está diretamente ligado a outros genes vindo a influenciar em outros caracteres (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2012; RAMALHO, 2012).

Na Tabela 5 encontram-se as estimativas de ganhos por seleção direta e indireta. Pode-se observar que para seleção direta, ou seja, a seleção de um determinado caráter sem considerar os demais, foi encontrado ganhos genéticos favoráveis para características de produção PROD (8,49%), %FIBRAS (5,49%), PRODF (12,96%). Para as características de fibra os ganhos foram pra UHM (5,17%), STR (5,5%), UNF (0,41), ELG (9,75%), MIC (-5,2%) e SFI (-2,34), valores encontrados na diagonal da tabela. Para esses dois últimos caracteres, são considerados ganhos porque os valores negativos são considerados os desejáveis para as indústrias têxteis (CARVALHO, 2018).

Tabela 5. Estimativas dos ganhos de seleção (GS%), pelo índice de seleção direta obtida para 10 variáveis avaliadas para as 9 cultivares de algodoeiro testado em condições de campo em região semiárida. Quixeramobim -CE.

VARIÁVEL	PROD	% FIBRAS	PRODF	UHM	UNF	SFI	STR	ELG	MIC	CSP	GENÓTIPOS SELECIONADOS
PROD	8,49	3,31	13,33	-0,83	-0,12	0,39	-0,59	-1,34	1,04	-1,88	8, 3 e 5
%FIBRAS	-2,1	5,92	1,70	-3,7	-0,27	1,45	-4,26	5,48	0,57	-6,43	3, 1 e 2
PRODF	8,49	3,31	13,33	-0,83	-0,12	0,39	-0,59	-1,34	1,04	-1,88	3, 8 e 5
UHM	0,76	-6,58	-3,78	5,17	0,35	-2,34	5,5	-8,28	-1,46	8,78	9, 7 e 8
UNF	-2,65	-6,65	-8,13	4,21	0,41	-2,17	4,24	-6,41	0,1	7,32	9, 7 e 4
SFI	1,89	-2,87	0,37	3,59	0,27	-2,34	3,6	-2,0	0,57	5,65	8, 9 e 4
STR	0,76	-6,58	-3,78	5,17	0,35	-2,34	5,5	-8,28	-1,46	8,78	9, 7 e 8
ELG	-3,79	2,44	-3,24	-1,92	-0,15	0,45	-1,97	9,75	-0,99	-2,7	1, 4 e 6
MIC	-5,99	-2,38	-9,40	1,07	0,0	0,28	1,0	2,81	-5,2	3,08	9, 6 e 1
CSP	0,76	-6,58	-3,78	5,1	0,35	-2,34	5,5	-8,28	-1,46	8,78	9, 7 e 8

PROD – Produtividade; % FIBRAS - Porcentagem de fibra; PROD F – Produtividade de fibra; UHM – Comprimento da fibra; UNF – Uniformidade da fibra; SFI – Índice de Fibras Curtas; STR – Resistência; ELG – Alongamento a Ruptura %; MIC – Índice de Micronaire; CSP – Índice de Fiabilidade, Quixeramobim-CE, 2018.

Ao considerar a seleção indireta, observando o efeito de seleção de um determinado caráter em relação aos outros caracteres, verificou-se que ocorreram ganhos e perdas para todas as características. Por exemplo, no caso da seleção de PROD há ganhos positivos indiretos também para % FIBRAS (3,31%), PRODF (13,33%) e MIC (1,04%), e negativos para UHM (-0,83%), UNF (-0,12), SFI (-0,39%), STR (-0,59), ELG (-1,34) e CSP (-1,88). Estes resultados indicam que a produtividade está diretamente relacionada com ganhos de seleção para UHM, STR, UNF, ELG, SFI e MIC, que pode ser explicada em função de um grande número de genes que controlam esses caracteres serem os mesmos e, ou que estejam ligados aos dos outros caracteres (CRUZ, REGAZZI e CARNEIRO, 2014; RAMALHO, 2012).

Em relação à seleção para o caráter %FIBRAS, houve ganhos positivos para PRODF (1,70%), SFI (1,45%), ELG (5,48) e MIC (0,57%) e ganhos negativos para as características PROD (-2,10%), UHM (-3,70%), UNF (-0,27), STR (-4,26%) e CSP (-6,43).

Quando o caráter selecionado é MIC, observa-se ganhos indiretos positivos para UHM (1,07%), SFI (0,28%), STR (1,0%), ELG (2,81%) e CSP (3,08%) indicando ganhos genéticos favoráveis para as características de fibras, porém ganhos negativos para outros caracteres: PROD (-5,99%), %FIBRAS (-2,38%) e PRODF (-9,40%) indicando que este caráter pode apresentar maiores dificuldades na seleção em função, principalmente, de sua correlação negativa com a finura. Resultados semelhantes foram observados por Resende et al. (2014) verificou que houve correlação positivas entre as características de fibras com maior valor (0,48) associado ao Índice de Micronaire, enquanto que Albuquerque (2017), aplicando a seleção direta, verificou que houve correlação positiva para as características de fibras em relação à micronaire e correlação negativa em relação à produção.

Como visto, a seleção direta de uma característica ocasiona ganhos indiretos em outras características, ou perdas. Assim, o melhorista deve ter cuidado e usar técnicas para dirimir esse problema, uma vez que são fundamentais ganhos de seleção nas principais características e evitar prejuízos nas demais.

Como forma de reduzir tais problemas, tem-se utilizados métodos alternativos de seleção (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2012).

5.4 Índice De Mulamba e Mock (1978)

O índice de seleção é um dos métodos que efetua a combinação de valores fenotípicos proporcionando um novo valor, o qual concentra os ganhos e perdas de cada genótipo avaliado em função de várias características (VITORAZZI et al., 2013). Este

método permite inferir que sua utilização pode produzir resultados relativamente superiores, porém pode ocorrer redução sobre o ganho direto para determinado caráter que pode ser compensado com uma melhor divisão dos ganhos genéticos favoráveis para as demais características (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2012).

De um modo geral, o ganho direto sobre o caráter é reduzido, entretanto esta redução é compensada pela melhor distribuição de ganhos favoráveis nos demais caracteres. Diferentes índices representam diferentes alternativas de seleção e, conseqüentemente, de ganhos, identificando de forma célere e eficaz, os genótipos mais adequados aos objetivos do programa de melhoramento (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2012).

Entre os métodos multivariados de seleção mais usados, o Índice proposto por Mulamba e Mock (1978) tem sido bastante utilizado. O mesmo baseia-se na classificação dos genótipos ou materiais utilizados em relação a cada característica avaliada, em ordem favorável ao melhoramento seguido da soma dos ranks ou ordens de classificação de cada material em relação a cada característica, resultando no índice de seleção (CRUZ et al. 2012).

Na Tabela 6 encontram-se os resultados obtidos para o Índice de Mulamba e Mock, e o agrupamento das médias das cultivares com as estimativas do coeficiente de determinação genotípico e os ganhos de seleção (GS%) para as características avaliadas. Pode-se perceber que houve ganho de seleção expressivos para PRODF (11,81%) e PROD (7,09%). Segundo Carvalho et al., (1977), na seleção de genótipos quando ocorrem ganhos acima de 1% ao ano, o mesmo se apresenta como expressivo nos casos de ambientes com restrição hídrica como é o caso do semiárido brasileiro.

Tabela 6. Estimativas dos ganhos de seleção (GS), população inicial (X_o), população selecionada (X_s) e coeficiente de determinação genotípico (CDG) obtidas para 10 caracteres pelo índice da soma de “ranks” de Mulamba & Mock (1978), para as 9 cultivares de algodoeiro testados. Quixeramobim -CE. 2018.

VARIÁVEL	X_o	X_s	CDG %	GS	GS %
PROD	2117,37	2361,38	61,50	150,07	7,09
%FIBRAS	38,48	39,91	98,51	1,40	3,65
PRODF	816,71	943,74	75,93	96,46	11,81
UHM	29,29	29,66	86,82	0,32	1,09
UNF	85,64	85,58	46,32	-0,02	-0,03
SFI	6,77	6,56	45,27	-0,09	-1,39
STR	32,89	33,14	86,22	0,21	0,66
ELG	5,47	5,63	87,79	0,13	2,54
MIC	4,46	4,60	83,57	0,11	2,60
CSP	3025,97	3025,08	87,97	-0,78	-0,03

Nas características de fibras os ganhos mais expressivos foram observados em MIC (2,60%), ELG (2,54%), UHM (1,09%) e STR (0,66%), porém notou-se que houve ganho negativo indesejável apenas para CSP (-0,03%). Carvalho et al., (2017) desenvolveram pesquisa em dois ambientes no semiárido nordestino avaliando 22 linhagens de algodoeiro e verificaram valores baixos para o ganho genético da característica UHM (0,26%), inferiores aos obtidos neste estudo, o que indica a dificuldade seleção para a característica especialmente devido à correlação negativa com a finura da fibra. Carvalho (2018) avaliou o desempenho de 18 linhagens de algodoeiro em região semiárida do Nordeste, durante dois anos e encontrou valores inferiores pra STR (0,31%) e valores negativos para UHM (-0,37%).

Para resistência (STR) e comprimento (UHM) os valores obtidos foram baixos, isso não indica que houve falha na seleção dos genótipos de algodão, visto que os valores estão próximos ao exigido na indústria têxtil, o mesmo pode-se dizer sobre os valores negativos, pois esses ainda podem ser desejáveis para a cultura, tendo em vista que algumas reduções podem vir a contribuir para alcançar melhores resultados para essas características avaliadas. Carvalho et al. (2017) obteve valores bem superiores para STR (1,87%) ao encontrados neste estudo ao testar 22 linhagens de algodoeiro em condições de campo no seminário nordestino.

Resende et al. (2014), Albuquerque (2017) e Carvalho (2018) também utilizaram o Índice de Mulamba e Mock (1978) classificando-o como eficiente e bastante prático com relação direta na seleção dos genótipos mais promissores considerando todas as características avaliadas.

O resultado da seleção efetuada por meio do Índice de Mulamba e Mock (1978) apresentou os genótipos CNPA 2013 – 2064 RF FL, FM 944 GL e CNPA 2012 – 120 RF como os mais promissores, com as melhores distribuições dos ganhos por características e ganho significativo para PROD, % FIBRAS e PRODF, sem alteração significativa para os outros, que praticamente mantiveram suas médias, o que se configura numa situação bastante desejável para as condições do semiárido.

6. CONCLUSÕES

Há variabilidade genética entre as cultivares para as características agronômicas e de qualidade de fibra com possibilidade de ganhos genéticos expressivos nos programas de seleção visando selecionar cultivares para produção em condições de sequeiro.

As estimativas de CDG observadas para as características testadas indica que existe variabilidade suficiente para proporcionar ganhos nos programa de melhoramento.

As cultivares mais promissoras são CNPA 2013 – 2064 RF FL, FM 944 GL, CNPA 2012 – 120 RF, por apresentarem resultados satisfatórios para produção e boas qualidades de fibra em condições de sequeiro, sendo estes aptos para uso em programas de melhoramento voltados para o cultivo da região semiárido do Brasil e grande potencial para se tornarem cultivares comerciais.

7. REFERENCIAS

ABA - Anuário Brasileiro do Algodão 2015. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta. Santa Cruz, 2015. **Agronomy Journal**, v.105, n.6, p.1536-1544, 2013.

ALBRECHT, L. P.; BRACCINI, A. L.; ÁVILA, M. R.; BARBOSA, M. C.; RICCI, T. T.; ALBRECHT, A. J. A. P. Aplicação de biorreguladores na produtividade de algodoeiro e qualidade de fibra. **Scientia Agraria**. (online)-2018. Disponível em: <http://www.redalyc.org/html/995/99515223003/>. Acesso em: 12 de janeiro de 2019.

AKINCI, S.; LÖSEL, D. M. **Plant water-stress response mechanisms**. Water Stress, p. 15-42, 2012.

ALBUQUERQUE, R. R. S. **Seleção de genótipos de algodoeiro de fibra colorida para as condições da região semiárida do Nordeste**. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias). 2017. 63 p.

ALMEIDA, E. S. A. B.; PEREIRA, J. R.; AZEVEDO, C. A. V.; ARAUJO, W. P.; ZONTA, J. H.; CORDÃO, M. A. Algodão herbáceo submetido a déficit hídrico: Produção. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 13, n. 1, p. 22-28, 2017.

ALVES, G. F.; RAMALHO, M. A. P.; SOUZA, J. C. Alterações nas propriedades genéticas da população CMS 39 submetida à seleção massal para prolificidade. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.1, n.3, p.78 – 88, 2002.

AQUINO, L. A.; AQUINO, R. F. B. A.; SILVA, T. C.; SANTOS, D. F.; BERGER, P. G. Aplicação do fósforo e da irrigação na absorção e exportação de nutrientes pelo algodoeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, p. 355-361, 2012.

ARAUS, J. L.; CAIRNS, J. E. Field high-throughput phenotyping: the new crop breeding frontier. **Trends in Plant Science**, v. 19, p. 52-61, 2014.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.tplants.2013.09.008>

ARAÚJO, J. L. O. **Mobilização de reservas durante o crescimento pós-germinativo em girassol sob estresse salino e osmótico aplicados de forma isolada e combinada**. Dissertação (Dissertação de Mestrado em Fitotecnia) 73 p. 2013.

ARAÚJO, W. P., PEREIRA, J. R., DE ALMEIDA, É. S., ARAÚJO, V. L., DE LIMA, F. V., e SOBRINHO, F. P. C. Componentes da fibra de cultivares de algodoeiro herbáceo sob lâminas de água. **Revista de Educação Agrícola Superior**, v.28, p.78-81, 2013.

ATTIA, A.; RAJAN, N.; RITCHIE, G.; CUI, S.; IBRAHIM, A.; HAYS, D.; XUE, Q. E WILBORN, J. Yield, Quality, and Spectral Reflectance Responses of Cotton under Subsurface Drip Irrigation. **Agronomy Journal**, v. 107, n. 4, p. 1355-1364, 2015.

BELTRÃO, N. E. M.; SOUZA, J. G. **Fitologia do algodão herbáceo: sistemática, organografia e anatomia**. In: BELTRÃO, N. E. M (Org.). O agronegócio do algodão no Brasil. v. 1. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 1999. p. 55-85.

BEZERRA, J. R. C.; ZONTA, J. H.; PEREIRA, J. R. Manejo da irrigação. In: BORÉM, A.; FREIRE, E. C. (Eds.). **Algodão: do plantio à colheita**. Viçosa: Editora UFV, 2014. p. 271-294.

BOWMAN, D.T. Common use of the CV: a statistical aberration in crop performance trials. **The Journal of Cotton Science**, v.5, p.137-141, 2001.

BORÉM, A.; MIRANDA, G. **Melhoramento de plantas**. 5ª edição. Viçosa: Editora UFV. p, v. 529, 2009.

BONIFÁCIO, D. O. C; MUNDIM, F. M.; SOUZA, L. B. de. Variabilidade genética e coeficiente de determinação em genótipos de algodoeiro quanto a qualidade da fibra. **Revista Verde**, v. 10, n. 3, p. 66-71, 2015.

BRITO, G. G. et al. Physiological traits for drought phenotyping in cotton. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 33, n. 1, p. 117-125, 2011.

BRITO, G. G. de; FERREIRA, A. C. de B.; BORIN, A. L. D. C. Ethylene inhibitors increase net assimilation rate and cotton boll dry matter under drought. **Journal of Agricultural Science**, v. 6, p. 197-206, 2014b. <http://dx.doi.org/10.5539/jas.v6n10p197>

BUAINAIN, A. M. e BATALHA, M. O. **Cadeia produtiva do algodão**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Série Agronegócios, Brasília, v.4, 2007

CARGNELUTTI FILHO, A.; STORCK, L. Estatísticas de avaliação da precisão experimental em ensaios de cultivares de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n.1, p.17 - 24, 2007.

CARVALHO, L. P.; BARBOSA, M. H. P.; COSTA, J. N.; FARIAS F. J. C.; SANTANA J. C. F.; ANDRADE, F. P. Progresso genético do algodoeiro herbáceo no Nordeste. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 32: 283-291. (1997).

CARVALHO, L.P.; COSTA, J.N.; FREIRE, E. C.; FARIAS, F.J.C. Adaptabilidade e estabilidade de linhagens de algodoeiro originários de materiais silvestres. **Revista Ceres**, v. 47, n.271, p. 303-310, 2001.

CARVALHO, L. P. O gênero *Gossypium* e suas espécies cultivados e silvestres. In: BELTRÃO, N. E. D. M.; AEZEVEDO, D. M., P(Ed.). **O agronegócio do algodão no Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica. 2008. p. 251- 270.

CARVALHO, L. P.; SALGADO, C. C.; FARIAS, F. J. C. Estabilidade e adaptabilidade de genótipos de algodão de fibra colorida quanto aos caracteres de fibra. **Ciência Rural**, v. 45, n. 4, p. 598-605, 2015.

CARVALHO, L. P.; FARIAS, F. J. C.; LELLIS, M. C.; TEODORO, P. E. Uso da metodologia REML/BLUP para seleção de genótipos de algodoeiro com maior adaptabilidade e estabilidade produtiva. **Bragantia**, v. 75, n. 3, p. 314 – 321, 2016.

CARVALHO, L. P.; RODRIGUES, J. I. S.; FARIAS, F. J. C. Selection of cotton lines for high oil content. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 52: 530-538. (2017).

CARVALHO, J. F. **Seleção de genótipos de algodoeiro herbáceo submetidos ao estresse hídrico e a irrigação suplementar no semiárido**. Tese (Doutorado em Ciências Agrárias). 2018. 71 p.

CHASTAIN, D, R; SNIDER, J, L; COLLINS, G, D.; PERRY, C, D; WHITAKER, J.; BYRD, S. Water deficit in field-grown *Gossypium hirsutum* primarily limits net photosynthesis by decreasing stomatal conductance, increasing photorespiration, and increasing the ratio of dark respiration to gross photosynthesis. **Journal of Plant Physiology**. v. 171, p.1576–1585, 2014.

CLIMA-DATA.ORG: **Informações climáticas**. Disponível em <https://pt.climate-data.org>, acessado em 20 de dezembro de 2018.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento (2018) **Acompanhamento da Safra Brasileira: Grãos 2017/2018 (2019)**. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 12 de Fevereiro de 2019.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos 2016/2017**. Quarto Levantamento, janeiro de 2017. Disponível em:http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_01_11_11_30_39_boletim_graos_janeiro_2017.pdf>. Acesso em: 27 de setembro de 2018.

COOK, C. G.; EL-ZIK, M. Cotton seeding and first-bloom plant characteristics: relationships with drought-influenced boll abscission and lint yield. **Crop science**, v 32, n. 6, p. 1464-1467, 1992.

CORDÃO SOBRINHO, F. P., GUERRA, H. O., ARAÚJO, W. P., PEREIRA, J. R., ZONTA, J. H., & BEZERRA, J. R. Fiber quality of upland cotton under different irrigation depths. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, n.11, p.1057-1063, 2015.

CPTEC/INPE – Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos. **Previsão para o trimestre Dezembro de 2015 e janeiro-fevereiro de 2016 para o Semiárido**. Acessado em 20 de Dezembro de 2018.

CRISÓSTOMO, J. R. **Avaliação da estrutura e do potencial genético de uma população de algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.) parcialmente autógama**. 1989. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” Piracicaba- SP.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa, MG: UFV, 2004. Cap. VII, p. 223-375.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, 2012.

CRUZ, C.D GENES: A software package for analysis in experimental statistic and quantitative genetics. **Acta Scientiarum** 35: 271-276. (2012).

CRUZ, C. D; REGAZZI, A; CARNEIRO, P. C. S. **Análise dialélica**. In: **CRUZ, C, D. Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 4. Ed. Viçosa, MG: Ed. UFV, p.236-367. (2012).

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 3. ed. Viçosa: Editora UFV, 2014.

DABBERT, T. A.; GORE, M. A. Challenges and perspectives on improving heat and drought stress resilience in cotton. **The Journal of Cotton Science** 18: 393-409. (2014).

D’ECKENBRUGGE, G. C.; LACAPE, J.-M. Distribution and differentiation of wild, feral, and cultivated populations of perennial upland cotton (*Gossypium hirsutum* L.) in Mesoamerica and the Caribbean. **PLoS ONE**, v. 9, n. 9, p. 1- 19, 2014.

DEEB, SANJAY, R.; ASHWARYA, M.; S, Y. K. S.; PRAMOD A.S.; VIVEK, P. Physiological and proteomic responses of cotton (*Gossypium herbaceum* L.) to drought stress. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 53, p. 6-18, 2012. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0981942812000046?via%3Dihub>. Acessado em 26 de janeiro de 2019.

DETAR, W. R. Yield and growth characteristics for cotton under various irrigation regimes on sandy soil. **Agricultural Water Management**, v.95, p.69-76, 2008.

EMBRAPA – **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**. Disponível em <https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Algodao/AlgodaoAgriculturaFamiliar/subprodutos.html>. Acesso em 12 de março de 2018.

FANG, Y.; XIONG, L. General mechanisms of drought response and application in drought resistance improvement in plants. **Cellular Molecular Life Science**, V 72, 673-689, 2015.

FAO - **FOOD AND AGRICULTURAL ORGANIZATION. FAOSTAT**- Statistics Division (2016). Disponível em: http://www.fao.org/es/ess/index_en.asp. Acesso em: 01 de agosto de 2018.

FARIAS, F. J. C.; FREIRE, E. C.; BELTRÃO, N. E. M.; BÉLOT, J. L., CARVALHO, L. P. Caracteres de importância econômica no melhoramento do algodoeiro. In: BELTRÃO, N. E. M.; AZEVEDO, D. M. P. (Ed) **O agronegócio do algodão no Brasil**. 2nd Ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, p.413-430. 2008.

FARIAS, F. J. C.; SILVA FILHO, J. L.; MORELLO, C. L.; SUASSUNA, N. D.; PEDROSA, M. B.; LAMAS, F. M.; RIBEIRO, J. L. **Resultados do ensaio nacional de cultivares de algodoeiro herbáceo nas condições do cerrado - safra 2013 - 14**. Campina Grande- PB: Embrapa Algodão, 2015, p. 1 - 51. (Documentos, 257).

FARIAS, F. J. C.; CARVALHO, L. P.; SILVA FILHO, J. L.; TEODORO, P. E. Biplot analysis of phenotypic stability in upland cotton genotypes in Mato Grosso. **Genetics and Molecular Research**, v. 15, n. 2, p. 1 – 10, 2016.

FERNANDES, P. D. Metabolismo do algodoeiro em ambientes adversos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 5, 2005, Salvador. **Anais**. Salvador: Embrapa Algodão, 2005.

FERRARI, E.; PAZ, A.; SILVA, A. C. Déficit hídrico no metabolismo da soja em semeaduras antecipadas no Mato Grosso. **Revista Nativa**, v. 3, n. 1, p. 67-77, 2015.

FONTES, E. M. G. et al. The Cotton Agricultural Context in Brazil. **Environmental risk assessment of genetically modified organisms**. p. 21, 2006.

FREIRE, E. C. **Métodos de melhoramento disponíveis para o algodoeiro**. São Paulo: ESALQ/USP, 1983. 111p.

FREIRE, E. C.; FARIAS, F. J. C. **Melhoramento do algodoeiro para as condições do Cerrado e Agricultura Familiar do Mato Grosso**. Primavera do Leste: Embrapa/ Fundação Centro Oeste. 2005, 53p. Projeto apresentado ao FACUAL.

FREIRE, E. C.; VIDAL NETO, F. C. Melhoramento Genético do Algodão. In: VIDAL NETO, F. C.; CAVALCANTI, J. J. V. (Ed.) **Melhoramento Genético de Plantas no Nordeste** – Brasília, DF: Embrapa, 2013. Cap. 3, p. 49-83.

FREIRE, E. C. **Melhoramento no Brasil. In: Algodão: do plantio à colheita**. BORÉM, A.; FREIRE, E. C. (Eds.). Viçosa: Editora UFV, 2014. p. 113-132.

FREIRE, E. C.; MORELLO, C. L.; FARIAS, F. J. C.; PEDROSA, M. B.; FILHO, J. L. S. Melhoramento do algodoeiro: cultivares convencionais e transgênicas para o cerrado. In: FREIRE, E. C. (Ed.) **Algodão no cerrado do Brasil**. 3 ed. Brasília, DF: Associação Brasileira dos Produtores de Algodão – ABRAPA, v. 1, 2015. Cap. 6, p. 151 – 201.

FREIRE, E. C. Fatores que afetam a qualidade das fibras. In: FREIRE, E. C. (Ed.) **Algodão no cerrado do Brasil**. 3 ed. Brasília: Gráfica e Editora Positiva, 2015. p. 751-766.

FUNDAÇÃO MT (Rondonópolis, MT). **Liderança e Competividade**. Rondonópolis, MT, p.182, 1999.

GOMES, W. S.; BORÉM, A. Biotecnologia: novo paradigma do agronegócio. **Revista de Economia e Agronegócio**. VOL.11, Nº 1. 2013. p. 115-136. Disponível em: [http://ageconsearch.umn.edu/bitstream/164096/2/Artigo 4.pdf](http://ageconsearch.umn.edu/bitstream/164096/2/Artigo%204.pdf).

GRIDI-PAPP, I. L. Genética e melhoramento do algodoeiro. In: KERR, W.W. **Melhoramento e genética**. São Paulo: USP, 1969. cap.4, p.75-93.

GUIMARÃES, C. M.; CASTRO, A. P. de; STONE, L. F.; OLIVEIRA, J. P. de. Droughttolerance in upland rice: identification of genotypes and agronomic characteristics. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 38, p. 201-206, 2016. <http://dx.doi.org/10.4025/actasciagron.v38i2.27164>

HALLAUER, A. R.; MIRANDA FILHO, J. B. **Quantitative genetics in maize breeding**. Ames: Iowa State University, 1981. 468p.

HUSSEIN, F.; JANAT, M.; YAKOUB, A. Assessment of yield and water use efficiency of drip-irrigated cotton (*Gossypium hirsutum* L.) as affected by deficit irrigation. **Turkish Journal of Agriculture & Forestry**, v. 35, p. 611-621, 2011.

INMET – **Instituto Nacional de Meteorologia**. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home2/index>. Acessado em 02/12/2018.

KAZAMA, E. H.; FERREIRA, F. M.; SILVA, A. R. B.; FIORESE, D. A. Influência do sistema de colheita nas características da fibra do algodão. **Revista Ceres**. Vol. 63 nº5. Viços. Sept/ Oct. 2016. DOI: <https://dx.doi.org/10.1590/0034-737x20163050006>.

KHAN, N. U. et al. Genetic variation and heritability for cotton seed, fiber and oil traits in *Gossypium hirsutum*. L. **Pakistan Journal Botany**, v. 42, n. 1, p. 615-625, 2010.

KUAI, J; ZHOU, Z; WANG, Y; MENG, Y; CHEN, B; ZHAO, W. The effects of short-term water logging on the lint yield and yield components of cotton with respect to boll position. **European Journal of Agronomy**. v. 67, p. 61–74, 2015.

LIMA, T. C; AQUINO, L. A; BERGER, P.G. Botânica. In: **Algodão: do plantio à colheita**. Ed: BORÉM, A.; FREIRE, E. C. Viçosa, MG. p.50-66. 2014.

LOKA, D. A.; OOSTERHUIS, D. M. Water stress and reproductive development in cotton. In: OOSTERHUIS, D. M.; COTHREN, J. T. (Eds). Flowering and fruiting in cotton. **Cordova: The Cotton Foundation**, 2012. p. 51-57.

LUO H.; MEROPE, T.; ZHANG, Y.; ZHANG, W. Combining gas exchange and chlorophyll a fluorescence measurement to analyze the photosynthetic activity of drip-irrigated cotton under different soil water deficits. **Journal of Integrative Agriculture**, v. 15, p. 1256-1266, 2016. [http://dx.doi.org/10.1016/S2095-3119\(15\)61270-9](http://dx.doi.org/10.1016/S2095-3119(15)61270-9).

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Culturas: Algodão**. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/algodao>>. Acesso em: 12 de outubro de 2018.

MAPA- Ministério da agricultura, pecuária e abastecimento. **Zoneamento Agrícola**. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/politica-agricola/zoneamento-agricola/cultivares-de-zoneamento-por-safra>. Acesso: 01 de Junho de 2018.

MOLLER, I. M.; JENSEN, P. E.; HANSSON, A. Oxidative modifications to cellular components in plants. **Annual Review of Plant Biology**, v. 58, p. 459-481, 2007.

MORADI, P. Key plant products and common mechanisms utilized by plants in water deficit stress responses. **Botanical Sciences**, v. 94, n. 4, p. 671, 2016.

MORELLO, C. L.; PEDROSA, M. B.; SUASSUNA, N. D.; FARIAS, F. J. C.; SILVA FILHO, J. L.; PERINA, F. J.; FREIRE, E. C.; ALENCAR, A. R.; TAVARES, J. A.; OLIVEIRA, W. P. **Desempenho de cultivares de algodoeiro no cerrado do Estado da Bahia – safra 2013/2014**. Campina Grande – PB. Embrapa Algodão, 2015, (documento 253).

MORELLO, C. L.; PEDROSA, M. B.; SUASSUNA, N. D.; SILVA FILHO, J. L.; FREIRE, E. C.; PERINA, F. J.; ALENCAR, A. R.; TAVARES, J. A.; OLIVEIRA, W. P.; OLIVEIRA, A. R.; SOUZA, M. M. **Comportamento de linhagens de algodoeiro no cerrado baiano – safra 2014/2015**. Campina Grande – PB. Embrapa Algodão, junho de 2016.

MULAMBA, N. N.; MOCK, J. J. Improvement of yield potential of the Eto Blanco maize (*Zea mays* L.) population by breeding for plant traits. **Egyptian Journal of Genetics and Cytology**, v. 7, p. 40-51.1978.

NILES, G.A.; FEASTER, C.V. Breeding. In: KOHER, R.J.; LEWIS, C.F. Cotton. **Madison: American Society of Agronomy**, 1984. cap. 7, p 202-229.

OLIVEIRA, F. A.; MEDEIROS, J. F.; OLIVEIRA, F. R. A.; FREIRE, A. G.; SOARES, L. C. S. Produção do algodoeiro em função da salinidade e tratamento de sementes com regulador de crescimento. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.43, n.3, p. 484-492, 2012.

ORGAZ, F.; MATEOS, L.; FERERES, E. Season length and cultivar determine optimum evapotranspiration deficit in cotton. **Agronomy Journal Madison**, v. 84, n. 4, p. 700-706, 1992.

PASRIDA, A. K.; DAGAONKAR, V. S.; PHALAK, M. S.; AURANGABADKAR, L. P. Differential responses of the enzymes involved in proline biosynthesis and degradation in drought tolerant and sensitive cotton genotypes during drought stress and recovery. **Acta Physiol Plant**, v. 30, n. 05, p. 619–627, 2008.

PEREIRA, J. W., MELO FILHO, P. A., ALBUQUERQUE, M. B., NOGUEIRA, R. M., e SANTOS, R. C. Mudanças bioquímicas em genótipos de amendoim submetidos a déficit hídrico moderado. **Revista Ciência Agronômica**, v.43, n.4, p. 766-773, 2012.

PEREIRA, R. F. **Prospecção de genótipos de algodoeiro tolerantes ao estresse hídrico baseada em caracteres agrônômicos e fisiológicos.** Tese (Tese de doutorado em Agronomia) Universidade Estadual da Paraíba. Campina Grande, 72 p. 2017

PETTIGREW, W. T. Moisture deficit effects on cotton lint yield, yield components, and boll distribution. **Agronomy Journal**, v.96, n.2, p.377-383, 2004.

PIMENTEL-GOMES, F. 2009. Curso de Estatística Experimental. **FEALQ**, Piracicaba, Brasil, 451 p.

QUEIROZ, D. R.; FARIAS, F. J. C.; CAVALANTI, J. J.; CARVALHO, L. P.; SOUSA, L.S. S. Parâmetros genéticos de caracteres agrônômicos em genótipos de algodoeiro herbáceo (*Gossypium hisutum*). **Anais do 11º Congresso Brasileiro do Algodão – Melhoramento Vegetal**, n 173. Maceió – AL. 2017.

RAMALHO, M. A. P., ABREU, A. F. B., SANTOS, J. B. E NUNES, J. A. R. **Aplicações da genética quantitativa no melhoramento de plantas autógamas.** Lavras: UFLA. (2012).

REDDELL, D.; PROCHASKA, J.; CUDRAK, A. Sequential water stress in cotton: A stress day index model. **St. Joseph: ASAE**, 1987.24 p.

RESENDE, M. D. V. E DUARTE, J. B. Precisão e controle de qualidade em experimentos de avaliação de cultivares. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, 37, 182-194. (2007).

RESENDE, M. A. V. et al. Divergência genética e índice de seleção via BLUP em acessos de algodoeiro para características tecnológicas da fibra. **Pesquisa Agropecuária Tropical (Agricultural Research in the Tropics)**, v. 44, n. 3, p., 2014.

RNC. **Registro nacional de cultivares.** Disponível em: http://sistemas.agricultura.gov/snpc/cultivarweb/cultivares_registradas.php. Acesso em 21 de dezembro de 2018.

RODRIGUES, J. D.; SILVA, C. R. C.; PEREIRA, R. F.; RAMOS, J. P. C.; MELO FILHO, P. A.; CAVALCANTI, J. J. V.; SANTOS, R. C. Characterization of water- stress tolerant cotton cultivars based on plant growth and in activity of antioxidant enzymes. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 39, p. 3763-3770, 2016.

SCOTT, A. J.; KNOTT, M. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**, v,30, n. 3, p. 507-512, 1974.

SEAGRI - Secretaria de Agricultura, Irrigação e Reforma Agrária. **Cultura do Algodão**. Disponível em: <<http://www.seagri.ba.gov.br/Algodao.htm>>. Acesso em: 30 de março de 2017.

SILVA FILHO, J. L.; PEDROSA, M. B.; SUASSUNA, N. D.; MORELLO, C. L.; FARIAS, F. J. C.; PERINA, F. J. **Avaliação de cultivares de algodão no cerrado da Bahia – safra 2014/2015**. Campina Grande – PB. Embrapa Algodão, 2016, p 1-14. (documento 260).

SILVA, G. P. **Estimativas de parâmetros genéticos e estabilidade fenotípica em cultivares de algodoeiro herbáceo**. 2018. 69 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Universidade Estadual da Paraíba. Campina Grande, 2018.

SNOWDEN, C., RITCHIE, G., CAVE, J., KEELING, W. e RAJAN, N. Multiple irrigation levels affect boll distribution, yield, and fiber micronaire in cotton. **Agronomy Journal**, v.105, n.6, p.1536-1544, 2013.

SOBRINHO, F. P. C. GUERRA, H. O. C.; ARAÚJO, W. P.; PEREIRA, J. R.; ZONTA, J. H.; BEZERRA, J. R. C. Fiber quality of upland cotton under different irrigation depths. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola**. Ambiental, v. 19, n. 11, p. 1057-1063, 2015.

TEODORO, P. E.; CARVALHO, L.P.; RODRIGUES, J. I. S.; FARIAS, F. J. C.; CARNEIRO, P. C. S.; BHERING, L. L. Interrelations between agronomic and technological fiber traits in upland cotton. **Acta Scientiarum Agronomy**. vol.40, Maringá, 2018. pub July 16, 2018. <http://dx.doi.org/10.4025/actasciagron.v40i1.39364>.

ULLAH, A.; SUN, H.; YANG, X.; ZHANG, X. Drought coping strategies in cotton: increased crop per drop. **Plant Biotechnology Journal**, v. 15, n. 3, p. 271-284, 2017.

ULLOA, M. The diploid D genome cottons (*Gossypium* spp.) of the new world. **World Cotton Germplasm Resources**, 2014.

USDA - United States Department of Agriculture. **Cotton: world markets and trade**. Abril de 2018. Disponível em: <fas.usda.gov>. Acesso em: 18 abr. 2018.

VASCONCELOS, U. A. A. **Análise dialélica em algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.) para tolerância à seca**. 2016. 46 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Universidade Estadual da Paraíba. Campina Grande, 2016.

VASCONCELOS, W. S. **Análise genética para caracteres de fibra em genótipos de algodoeiro submetidos a estresse hídrico**. 2016. 59 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Universidade Estadual da Paraíba. Campina Grande, 2016.

VASCONCELOS, U. A. A.; CAVALCANTI J. J.V.; FARIAS, F. J. C.; VASCONCELOS, W. S.; SANTOS, R. C. Análise dialéctica em algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.) para tolerância à estresse hídrico. **Revista São Paulo em Perspectiva- Criação de Colheita e Biotecnologia Aplicada. Raça de Colheita. Appl. Biotechnol.** vol.18, nº1 Viçosa Jan./Mar. 2018 <http://dx.doi.org/10.1590/1984-70332018v18n1a4>. 2018.

VASCONCELOS, V. A.A.; CAVALCANTI, J. J. V.; FARIAS, F. J.C.; VASCONCELOS, W. S.; SANTOS, R. C. Diallel analysis in cotton (*Gossypium hirsutum* L.) for water stress tolerance. **Crop Breeding and Applied Biotechnol** 18: 24-30. (2018).

VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. Genética biométrica no fito-melhoramento. **Revista Brasileira de Genética**, 496p. 1992.

VIDAL NETO, F. C.; FREIRE, E. C. Melhoramento do algodoeiro. **Anais. Simpósio nordestino de genética e melhoramento de plantas**, 1, 2009, Fortaleza. Embrapa Agroindústria Tropical, 2009. p. 102-120.

VIDAL NETO, F. C.; FREIRE, E. C. Melhoramento genético do algodão. In: VIDAL NETO, F. C.; CAVALCANTI, J. J. V. (Eds.). **Melhoramento genético de plantas no Nordeste**. Brasília: Embrapa, 2013. p. 49-83.

VITTORAZZI, C. et al. Selecting pre-cultivars of popcorn maize based on nonparametric indices. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, n. 2, p. 356-362, 2013

WEN, Y.; ROWLAND, D.L.; PICCINNI, G.; COTHREN, J. T.; LESKOVAR, D. I.; KEMANIAN, A.R. e WOODARD, J.D. Lint yield, lint quality, and economic returns of cotton production under traditional and regulated deficit irrigation schemes in southwest Texas. **The Journal of Cotton Science**, v. 17, n. 1, p. 10-22, 2013.

WENDEL, J. F.; GROVER, C. E. Taxonomy and evolution of the cotton genus, *Gossypium*. **The Plant Genetics and Genomics**. 57, p. 25-44, 2015. DOI: 10.2134/agronmonogr57.2013.0020

YEATES, S. J. Efeitos do estresse hídrico na fisiologia do algodoeiro. In: ECHER, F. R. (Ed.). **O algodoeiro e os estresses abióticos: temperatura, luz, água e nutrientes**. Cuiabá: Instituto Mato-Grossense do Algodão, 2014. p. 63-77.

ZONTA, J. H. et al. Yield of cotton cultivars under different irrigation depths in the Brazilian semi-arid region. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 8, p. 748-754, 2015a.

ZONTA, J. H., BEZERRA, J. R. C., SOFIATTI, V., FARIAS, F. J. C., e DE CARVALHO, L. P. Efeito da irrigação no rendimento e qualidade de fibras em cultivares de algodoeiro herbáceo. **Revista Caatinga**, v.28, n.4, p.43-52, 2015b.

ZONTA, J. H.; BRANDÃO, Z. N.; SOFIATTI, V.; BEZERRA, J. R. C.; MEDEIROS, J.C. Irrigation and nitrogen effects on seed cotton yield, water productivity and yield response factor in semi-arid environment. **Australian Journal of Crop Science**, v.10, n.1, p.118 - 126, 2016.

ZUMBA, J.; RODGERS, J.; INDEST, M. Impact of temperature and relative humidity on the near infrared spectroscopy measurements of cotton fiber micronaire. **Textile Reserach Journal** 0: 1-13. (2017).