



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CAMPUS I – CAMPINA GRANDE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS
MESTRADO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS**

JAILMA SOUZA THOMAZ

**SELEÇÃO DE LINHAGENS DE ALGODOEIRO EM CONDIÇÕES DE
SEQUEIRO NO AGRESTE PARAIBANO**

**CAMPINA GRANDE – PB
2023**

**SELEÇÃO DE LINHAGENS DE ALGODOEIRO EM CONDIÇÕES DE
SEQUEIRO NO AGRESTE PARAIBANO**

JAILMA SOUZA THOMAZ

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: Agrobioenergia e Agricultura Familiar. Linha de pesquisa: Biotecnologia e Melhoramento Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. José Jaime Vasconcelos Cavalcanti
Coorientador: Prof. Dr. Francisco José Correia Farias

CAMPINA GRANDE-PB
ABRIL DE 2023

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.

T465s Thomaz, Jailma Souza.

Seleção de linhagens de algodoeiro em condições de sequeiro no agreste paraibano [manuscrito] / Jailma Souza Thomaz. - 2023.

86 p. : il. colorido.

Digitado.

Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, 2023.

"Orientação : Prof. Dr. José Jaime Vasconcelos Cavalcanti, Embrapa Algodão."

"Coorientação: Prof. Dr. Francisco José Correia Farias , Embrapa Algodão"

1. Estresse hídrico. 2. Melhoramento genético. 3. Tolerância à seca. 4. Algodoeiro. I. Título

21. ed. CDD 633.51

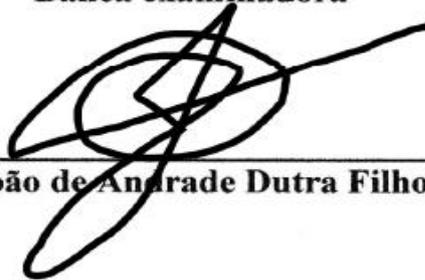
SELEÇÃO DE LINHAGENS DE ALGODOEIRO EM CONDIÇÕES DE SEQUEIRO NO AGRESTE PARAIBANO

JAILMA SOUZA THOMAZ

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: Agrobioenergia e Agricultura Familiar. Linha de pesquisa: Biotecnologia e Melhoramento Vegetal.

Aprovada em 27 de abril de 2023

Banca examinadora



Prof. Dr. João de Andrade Dutra Filho – UFPE



Profª. Drª. Liziane Maria de Lima – Embrapa Algodão



Prof. Dr. Francisco José Correia Farias – Embrapa Algodão
Coorientador



Prof. Dr. José Jaime Vasconcelos Cavalcanti – Embrapa Algodão
Orientador

À minha mãe, Lucineide Souza Thomaz. Ao meu pai, José Thomaz de Araújo. Aos meus irmãos, Júnior e Thaysa. E ao meu esposo Robson, por estarem sempre ao meu lado, apoiando e incentivando cada conquista.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

À DEUS, por jamais desistir de mim. Por me guiar, conceder força, sabedora e permitir a concretização desse sonho.

Ao meu orientador, Dr. José Jaime Vasconcelos Cavalcanti, pela oportunidade, dedicação, apoio e ensinamentos tão importantes para a realização deste trabalho e para minha evolução acadêmica e profissional. Por toda confiança em mim depositada.

Ao coorientador Dr. Francisco José Correia Farias, pelas valiosas contribuições.

Ao Dr. Jean Pierre Cordeiro Ramos e ao Dr. Rennan Fernandes Pereira, por todo apoio e colaboração.

Aos componentes da banca, Dr João de Andrade Dutra Filho e Dr^a. Liziane Maria de Lima, por aceitar o convite e contribuir para o aperfeiçoamento deste trabalho.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias UEPB pela oportunidade de realização do curso e a CAPES pela concessão da bolsa.

À Embrapa Algodão pelo apoio e infraestrutura disponibilizada para condução da pesquisa.

Aos professores Carlos Henrique Salvino Gadêlha Meneses (UEPB), Dr. Evandro Franklin de Mesquita (UEPB), Dr. Josemir Moura Maia (UEPB), Dr. José Jaime Vasconcelos Cavalcanti (EMBRAPA), Dr. Francisco José Correia Farias (EMBRAPA), Dr^a Nair Helena Castro Arriel (EMBRAPA) por todos os ensinamentos transmitidos durante suas disciplinas.

Aos meus pais e irmãos, Lucineide, José Thomaz, Thaysa e Junior, por todo apoio e confiança sempre.

Ao meu esposo, Robson, por todo amor, companheirismo e cuidado; por incentivar e apoiar cada sonho meu.

Aos colegas de pós-graduação Larissa, Izamara, Andreza, Camila, Gaby, Luana, Marcelo, Sabrina, Severino e demais, por dividir os momentos de lutas e de conquistas ao longo do processo.

A todos os funcionários da Embrapa, em especial aos técnicos que acompanharam comigo o experimento em Alagoinha - PB, Adelardo, Mário, Whashington, Júnior, Juarez, Célio, Roberto, Jorge e Zildo pela receptividade, apoio e ensinamentos. Bem como aos funcionários da estação experimental de Alagoinha - PB, pela receptividade e apoio, em especial a seu Naldo (sempre fazia meu transporte para o campo), seu Bil e dona Rosa.

A todos que contribuíram direta ou indiretamente para a concretização desse projeto.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	v
LISTA DE FIGURAS	vi
RESUMO	vii
ABSTRACT	viii
1. INTRODUÇÃO	10
1.1 OBJETIVOS	13
2. REVISÃO DE LITERATURA	14
2.1. Características gerais da cultura do algodoeiro	14
2.2. A fibra de algodão	18
2.3. Melhoramento genético	23
2.4. Métodos de melhoramento do algodoeiro	26
2.5. Parâmetros genéticos e seleção.....	29
2.6. Estresse hídrico.....	32
3. MATERIAL E MÉTODOS	38
3.1. Local do experimento	38
3.2. Genótipos.....	40
3.3. Descrição do experimento	41
3.4. Características avaliadas.....	43
3.4.1. Características agrônômicas.....	43
3.4.2. Características de fibra.....	43
3.5. Análise estatística	44
3.5.1. Análise de variância individual.....	44
3.5.2. Análise de variância conjunta	45
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	48
4.1. Análise de Variância e teste de agrupamento de médias individuais	48
4.2. Análise de variância conjunta.....	53
4.3. Teste de agrupamento de médias	55
4.4. Coeficiente de correlação de Pearson	61
4.5. Seleções direta e indireta	63
4.6. Seleção simultânea	65
5. CONCLUSÕES	68
6. REFERÊNCIAS.....	69

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Características físico-químicas do solo da área experimental. Alagoinha - PB, 2022.....	38
Tabela 2: Exposição dos vinte genótipos do algodoeiro avaliados no experimento de campo conduzido no município de Alagoinha – PB nos anos de 2021 e 2022 para avaliação da tolerância à seca.....	40
Tabela 3: Esquema da análise de variância individual segundo Cruz et al (2012).....	44
Tabela 4: Esquema da análise de variância conjunta G (fixo) x A (fixo) segundo Cruz et al (2012).....	45
Tabela 5: Análise de variância individual para as 10 características avaliadas em linhagens de algodoeiro submetidas a condição de sequeiro. Alagoinha - PB, 2021.....	48
Tabela 6: Agrupamento de médias pelo teste de Scott-Knott (1974) para os caracteres agronômicos e de qualidade de fibra das linhagens de algodoeiro avaliadas em condições de sequeiro. Alagoinha - PB, 2021.....	49
Tabela 7: Análise de variância individual para as 10 características avaliadas em linhagens de algodoeiro submetidas a condição de sequeiro. Alagoinha - PB, 2022.....	50
Tabela 8: Agrupamento de médias pelo teste de Scott-Knott (1974) para os caracteres agronômicos e de qualidade de fibra das linhagens de algodoeiro avaliadas em condições de sequeiro. Alagoinha - PB, 2022.....	52
Tabela 9: Análise de variância conjunta e das estimativas dos parâmetros genéticos e fenotípicos para as 10 características avaliadas em linhagens de algodoeiro submetidas a condição de sequeiro. Alagoinha - PB, 2021 e 2022.....	54
Tabela 10: Agrupamento de médias pelo teste de Scott-Knott (1974) para os caracteres agronômicos e de qualidade de fibra das linhagens de algodoeiro avaliadas em condições de sequeiro. Alagoinha - PB, 2021 e 2022.....	56
Tabela 11: Coeficientes de correlação de Pearson entre os 10 caracteres avaliados das linhagens de algodoeiro em condições de sequeiro. Alagoinha PB, 2021 e 2022.....	62
Tabela 12: Estimativas dos ganhos de seleção (GS%), pelo índice de seleção direta e indireta obtida para 10 variáveis avaliadas para 20 genótipos de algodoeiro testados em condição de sequeiro. Alagoinha - PB, 2021 e 2022.....	64
Tabela 13: Estimativas da média da população original (X_0), média da população selecionada (X_s), coeficiente de determinação genotípico (CDG) e ganho de seleção (GS), obtidas para as 10 variáveis avaliadas pelo índice de seleção de Mulamba & Mock (1978). Alagoinha - PB, 2021 e 2022.....	66

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Sequência de surgimento das flores do algodoeiro. Fonte: Beltrão (2011) adaptada de Passos (1977).....	15
Figura 2: Fases fenológicas do algodão. O estágio V corresponde a fase vegetativa e vai de V0 até Vn. O estágio B corresponde a formação dos botões florais, marcando o início da fase reprodutiva. O estágio F corresponde a floração e o estágio C corresponde a abertura dos capulhos. Fonte: Marur e Ruano (2004).....	17
Figura 3: Representação esquemática da estrutura de uma fibra madura de algodão. Fonte: Bachelier e Gurlot, (2018) adaptado de Parry (1981).....	19
Figura 4: Precipitação pluviométrica durante condução do experimento em 2021.....	39
Figura 5: Precipitação pluviométrica durante condução do experimento 2022.....	39
Figura 6: Riscando as linhas para o plantio (A), plantio manual do algodão (B) e visão geral do experimento (C). Fonte: Autora.....	41
Figura 7: Coleta das amostras padrão (A), visão geral do experimento com capulhos abertos (B) e (C). Fonte: Autora.....	42

RESUMO

O algodoeiro é uma cultura de grande importância para as regiões semiáridas, pois apresenta certa tolerância à seca. A cotonicultura de sequeiro torna-se uma estratégia significativa utilizada pelos produtores da região para a geração de emprego e renda. Diante disso, o objetivo do presente trabalho foi selecionar genótipos de algodoeiro tolerantes ao estresse hídrico no Agreste Paraibano. Foram avaliadas 20 linhagens de algodoeiro em ensaios conduzidos em regime de sequeiro na Estação Experimental da Empaer, na cidade de Alagoinha-PB, nos anos de 2021 e 2022. As variáveis avaliadas foram: produtividade de algodão em caroço, produtividade de fibra, porcentagem de fibra, comprimento, uniformidade, índice de fibras curtas, resistência, alongamento, índice de micronaire e índice de fiabilidade. Realizou-se análises de variância individual e conjunta, teste de agrupamento de médias Scott-Knott e o índice de seleção proposto por Mulamba e Mock. Os materiais avaliados apresentam alto coeficiente de determinação genotípico para todos os caracteres analisados, demonstrando a presença de variabilidade, com possibilidade de ganhos genéticos desejáveis. As variáveis comprimento, uniformidade, índice de fibras curtas, resistência e índice de fiabilidade demonstram médias dentro do padrão exigido pela indústria têxtil para todas as linhagens. As características com ganhos de seleção mais expressivos são produtividade de fibra (8,62%) e produtividade de algodão em caroço (6,83%). As linhagens selecionadas como mais promissoras são: BRS 286^(T), CNPA SA 2019 – 204, CNPA SA 2019 – 115, CNPA SA 2019 – 185, CNPA SA 2019 – 206, pois apresentam melhor desempenho para a maioria dos caracteres de rendimento e qualidade de fibra, sendo indicadas para formar novas populações no programa de melhoramento do algodoeiro. Dentre os materiais selecionados, as três primeiras linhagens obtiveram destaque ano de 2021, que apresentou disponibilidade hídrica muito reduzida. Em vista disso, podem apresentar resultados ainda mais promissores para a região semiárida, sendo necessários estudos mais aprofundados.

Palavras-chave: Estresse hídrico; Melhoramento genético; *Gossypium hirsutum* L.; Tolerância à seca.

ABSTRACT

Cotton is a crop of great importance for semi-arid regions, as it has a certain tolerance to drought. Rainfed cotton farming becomes a significant strategy used by producers in the region to generate employment and income. That said, the objective of the present work was to select cotton genotypes tolerant to water stress in the Agreste of Paraíba. 20 cotton lineages were evaluated in trials conducted at the Empaer Experimental Station, in the city of Alagoinha-PB, in 2021 and 2022. The variables evaluated were: seed cotton yield, fiber yield, fiber percentage, length, uniformity, short fiber index, resistance, elongation, micronaire index and reliability index. Individual and joint analyzes of variance, Scott-Knott mean grouping test and the selection index proposed by Mulamba and Mock were performed. The evaluated materials present a high coefficient of genotypic determination for all analyzed traits, demonstrating the presence of variability, with the possibility of desirable genetic gains. The variables length, uniformity, short fiber content, strength and reliability index show averages within the standard required by the textile industry for all strains. The traits with the most expressive selection gains are fiber yield (8.62%) and seed cotton yield (6.83%). The lines selected as the most promising are: BRS 286(T), CNPA SA 2019 – 204, CNPA SA 2019 – 115, CNPA SA 2019 – 185, CNPA SA 2019 – 206, as they present better performance for most yield traits and fiber quality, being indicated to form new populations in the cotton improvement program. Among the selected materials, the first three lineages stood out in the year 2021, which presented very low water availability. In view of this, they may present even more promising results for the semi-arid region, requiring further studies.

Keywords: Hydrical stress; Genetical enhancement; *Gossypium hirsutum* L.; Drought tolerance.

1. INTRODUÇÃO

O algodoeiro herbáceo (*Gossypium hirsutum* L.) é uma espécie de grande importância socioeconômica em todo o mundo, pois produz matéria prima para movimentar diferentes setores da economia. Seu principal produto é a fibra, utilizada na indústria têxtil. Além disso, o algodoeiro produz o óleo vegetal (alimentação humana) e o farelo (alimentação animal) (CHITARRA, 2014; ZONTA et al., 2016; ALVES et al., 2019). Por fornecer três produtos finais, a espécie também é chamada de trina (BELTRÃO e AZEVEDO, 2008).

Caracterizada como uma das principais culturas de fibras do mundo, a cotonicultura é responsável pela movimentação mundial de aproximadamente US\$ 12 bilhões ao ano. Cultivado por mais de 60 países, o cultivo do algodoeiro ocupa cerca de 35 milhões de hectares a cada ano, em todo o mundo, e mais de 350 milhões de pessoas participam de seu ciclo produtivo (ABRAPA, 2023).

O Brasil é o quarto maior produtor mundial de algodão, ficando atrás apenas da Índia, China e EUA (ICAC, 2023). Destaca-se também entre os maiores consumidores de algodão em pluma e entre os maiores exportadores mundiais. Atrelado a isso, integra o primeiro lugar na produção em condições de sequeiro (ABRAPA, 2023). De origem tropical, o algodoeiro é adaptável a várias condições de cultivo, sendo extremamente importante para o semiárido por apresentar tolerância à seca. Além de ser bastante cultivado no Brasil, o cultivo do algodoeiro está envolvido na renda de milhões de pessoas em todo o mundo (VIDAL NETO e FREIRE, 2013).

Diante do exposto, a previsão é que ocorra um aumento de 2,6% na área a ser plantada na safra 2022/23, totalizando 1,64 milhão de ha. Quanto à produção de algodão em pluma, estima-se que alcance 2,98 milhões de toneladas, o que corresponde a um acréscimo de 16,7% sobre a produção da safra 2021/22. No ano de 2022 a exportação brasileira atingiu 1,80 milhão de toneladas de algodão e espera-se que em 2023 seja exportada 1,98 milhão de toneladas (CONAB, 2022). Os maiores produtores nacionais são Mato Grosso, Bahia, Mato Grosso do Sul, Goiás, Minas Gerais, e Maranhão (ABRAPA, 2023; CONAB, 2023).

No passado, o Nordeste encontrava-se entre as três maiores regiões brasileiras produtoras de algodão, entretanto, a partir da década de 1980, a cotonicultura entrou em uma forte crise, decorrente de diversos fatores. O surgimento do *Anthonomus grandis* Boheman, 1843 (bicudo-do-algodoeiro) foi o principal deles, mas não foi o único. Fatores como o longo período de seca que se estendeu entre 1979 e 1983, o sucateamento da extensão rural e da assistência técnica, a redução dos financiamentos agrícolas e a falta de organização dos pequenos produtores também

contribuíram para o declínio do algodão nesse período (VIDAL NETO e FREIRE, 2013; COELHO, 2019).

Como forma de mitigar a crise, buscou-se novas áreas produtivas no cerrado, com abrangência das regiões Centro-Oeste e Nordeste. O modo de produção empresarial é caracterizado pela cotonicultura em grande escala e muito mecanizada, a qual ocorre basicamente no cerrado do Centro-Oeste e no Nordeste, incluindo o cerrado da Bahia (Oeste), Piauí e Maranhão.

Contudo, como no Nordeste a cotonicultura é desenvolvida em dois tipos de ecossistemas distintos, além do modo empresarial há também o modo de produção no semiárido (Agreste e Caatinga), desenvolvido em pequena escala e marcado pela exploração familiar, com ocorrência no sertão do Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco e sul da Bahia. A produção de algodão no semiárido requer adaptação, precocidade e tolerância à seca (VIDAL NETO e FREIRE, 2013; COELHO, 2019).

Mesmo o semiárido possuindo uma produção de algodão bem menor que a do cerrado nordestino, ele tem papel importantíssimo, produzindo o algodão convencional e transgênico em escala empresarial predominantemente nos estados da Bahia (segundo maior produtor nacional) e do Ceará. Nos estados do Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco e Bahia predomina o cultivo de algodão orgânico e agroecológico. Esses locais de produção são utilizados por institutos de pesquisa nacionais e estaduais, projetos governamentais e ONGs, como seus campos de atuação (COELHO, 2019).

A baixa produção de algodão no semiárido brasileiro pode ser atribuída a diversos fatores, entre eles podemos citar as condições ambientais, como períodos frequentes de escassez hídrica. Arelado a isso, a reduzida utilização de tecnologias aumenta os gastos com mão de obra e contribui para a redução da produção. Assim, os produtores do semiárido têm utilizado a cotonicultura de sequeiro como estratégia para geração de renda, focando seus esforços em mercados distintos, como a produção de algodão colorido e o agroecológico. Esse modo de produção possibilita ampliar o rendimento e a lucratividade por área, pois os valores diferem do algodão convencional. Além disso, geralmente a colheita é manual, o que amplia a qualidade do produto e reduz a possibilidade de contaminação da fibra (EMBRAPA, 2014).

Contudo, atualmente, busca-se cada vez mais implantar a colheita mecanizada na agricultura familiar, devido ao aumento da demanda e o alto custo da mão de obra, que está cada vez mais escassa e cara, fator que acaba limitando a área de cultivo do pequeno produtor (EMBRAPA, 2018).

Tendo em vista que o estresse causado pela seca pode reduzir substancialmente a capacidade produtiva da planta além de afetar a qualidade e o rendimento da fibra em genótipos não tolerantes à seca (KHAN et al., 2018) e diante da importância da cotonicultura de sequeiro para a região, torna-se evidente a necessidade de selecionar genótipos de algodão adaptados às condições ambientais semiáridas, pois é uma maneira de assegurar a produtividade da espécie e ampliar o potencial competitivo da região, além de contribuir com o progresso local, gerando emprego e renda para pequenos e médios produtores locais (SILVA et al., 2020; GOMES et al., 2022), aumentando a sustentabilidade do seu cultivo.

Nesse contexto, o programa de melhoramento do algodoeiro, da Embrapa algodão, objetiva desenvolver novas cultivares com características favoráveis às condições do semiárido nordestino, visando substituir aquelas que vêm sendo utilizadas pelos produtores. Os melhoristas buscam cultivares produtivas e precoces, resistentes ao bicudo, aclimatação, além de características como: fibra longa, fibra colorida e tolerância à seca.

Para alcançar tais objetivos, o programa de melhoramento da Embrapa algodão promove, anualmente, redes de ensaios de Valor de Cultivo e Uso (VCU) em diversas regiões produtoras do país, avaliando todas as linhagens que têm capacidade de serem lançadas futuramente para a região. O desenvolvimento de novas cultivares pelo programa de melhoramento é mutável, contínuo e segue as determinações do Serviço Nacional de Proteção de Cultivares (SNPC) do Ministério da Agricultura e Abastecimento (FARIAS et al., 2017a; FARIAS et al., 2017b).

Diversos estudos vêm sendo realizados com o objetivo de evoluir na busca por genótipo de algodoeiro adaptados às condições da região semiárida, visando o incremento na produtividade e a obtenção de fibras que atendam às exigências do mercado. Gomes et al. (2022) selecionou linhagens de algodão tolerantes ao estresse hídrico, com base na produtividade e qualidade da fibra em regime de sequeiro. Alves et al. (2019) avaliou o desempenho de genótipos de algodão herbáceo cultivados em sistema de sequeiro e destacou os genótipos superiores indicados para o desenvolvimento de futuras pesquisas. Lima et al. (2019) em seu estudo avaliou comportamento produtivo e a qualidade de fibra de diferentes cultivares de algodoeiro em condições de sequeiro e destacaram as cultivares BRS 416, BRS 286 e BRS 293 por apresentarem melhores desempenhos para produtividade de pluma e para as características de fibras. Todos os trabalhos desenvolvidos no semiárido nordestino.

Diante do exposto, a presente pesquisa tem a finalidade de contribuir com o Programa de Melhoramento do Algodoeiro da Embrapa Algodão na busca por genótipos de algodoeiro tolerantes ao estresse hídrico, favorecendo o desenvolvimento socioeconômico local.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral:

Selecionar genótipos de algodoeiro tolerantes ao estresse hídrico no Agreste Paraibano.

1.1.2 Objetivos Específicos:

- Avaliar o desempenho agronômico de vinte linhagens de algodoeiro submetidas ao plantio em condição de sequeiro;
- Analisar variáveis de qualidade de fibra de vinte linhagens de algodoeiro submetidas ao plantio em condição de sequeiro;
- Identificar e selecionar linhagens de algodoeiro com base no desempenho agronômico e de qualidade de fibra em regime de sequeiro;
- Estimar parâmetros fenotípicos e genéticos entre caracteres agronômicos e de qualidade de fibra;
- Estimar o ganho de seleção derivado dos genótipos selecionados para dá continuidade ao programa de melhoramento do algodoeiro da Embrapa Algodão.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Características gerais da cultura do algodoeiro

O algodoeiro herbáceo, também chamado de anual é classificado botanicamente como uma dicotiledônea pertencente à família *Malvaceae*, gênero *Gossypium* (LIMA et al., 2014) e tribo *Hibiceae*, de origem tropical (CARVALHO, 2008), entre o México e a América Central (CARVALHO et al., 2000). O gênero *Gossypium* possui ampla distribuição geográfica, com mais de 50 espécies reconhecidas (GROVER et al., 2014), com disseminação entre regiões áridas e semiáridas, trópicos e subtropicais (WENDEL e GROVER, 2015).

Todas as espécies possuem um número básico de cromossomos ($n=13$). Dentre o total de espécies, apenas quatro são domesticadas, visto que possuem fibras com valor comercial, entre as quais, duas são diplóides ($2n = 2x = 26$) da África-Ásia (*G. arboreum* e *G. herbaceum*) e duas alopoliplóides ou tetraploides ($2n = 4x = 52$) das Américas (*G. hirsutum* e *G. barbadense*) (BELTÃO, 1999; LIMA et al., 2014; WENDEL e GROVER, 2015). As espécies diplóides também são chamadas de algodoeiros do Velho Mundo enquanto as alopoliplóides são conhecidas como algodoeiros do Novo Mundo (FUZATTO, 1999).

A espécie *Gossypium hirsutum* L. apresenta destaque entre as espécies domesticadas para a produção de fibra de algodão, sendo responsável por 90% da produção mundial. Seu principal produto, a fibra é utilizada na indústria têxtil e veste praticamente metade da população humana. Além da fibra, também são utilizadas as sementes, com aplicação na indústria de alimentação animal (farelo) e humana (óleo) (CARVALHO, 2008b; SOUZA, 2010; SILVA, 2016;).

O sistema reprodutivo do algodoeiro é considerado intermediário. A planta realiza autofecundação com mais frequência, entretanto, na presença de agentes polinizadores ou dependendo das condições ambientais a taxa de polinização cruzada pode ultrapassar 80% (LIMA et al., 2014). Conhecer o sistema reprodutivo e a taxa de cruzamento do algodoeiro é de extrema importância, pois influencia diretamente na escolha dos métodos de melhoramento, bem como na preservação da pureza dos genótipos e na produção de sementes (CARVALHO, 1993; VIDAL NETO e FREIRE, 2013).

Sua flor é hermafrodita, recém aberta possui coloração que pode variar entre creme e branco e quando fecundada sofre alteração na cor, que passa a ser rosada ou violácea. Geralmente a abertura ocorre pela manhã, estimulada pelo sol e pelo aumento da temperatura (FREE, 1993; SANCHEZ JUNIOR e MALERBO-SOUZA, 2004; BELTRÃO et al., 2011). A planta possui

tricomas e glândulas internas, no caule, onde armazena gossipol, substância fenólica que atua na defesa contra pragas e doenças (LIMA et al., 2014).

O padrão de crescimento da flor é peculiar, ocorrendo em espiral, conforme apresentado na Figura 1. Surge a primeira flor do primeiro ramo frutífero, em seguida surge a primeira flor do segundo ramo frutífero e, posteriormente, a primeira flor do terceiro ramo frutífero. Nesta sequência surge a segunda flor do primeiro ramo frutífero (BELTRÃO et al., 2011). Em geral, a antese das primeiras flores do algodoeiro ocorre entre cinquenta e sessenta dias após a germinação, podendo ocorrer variação nesse período devido às condições ambientais (ECHER et al., 2018).

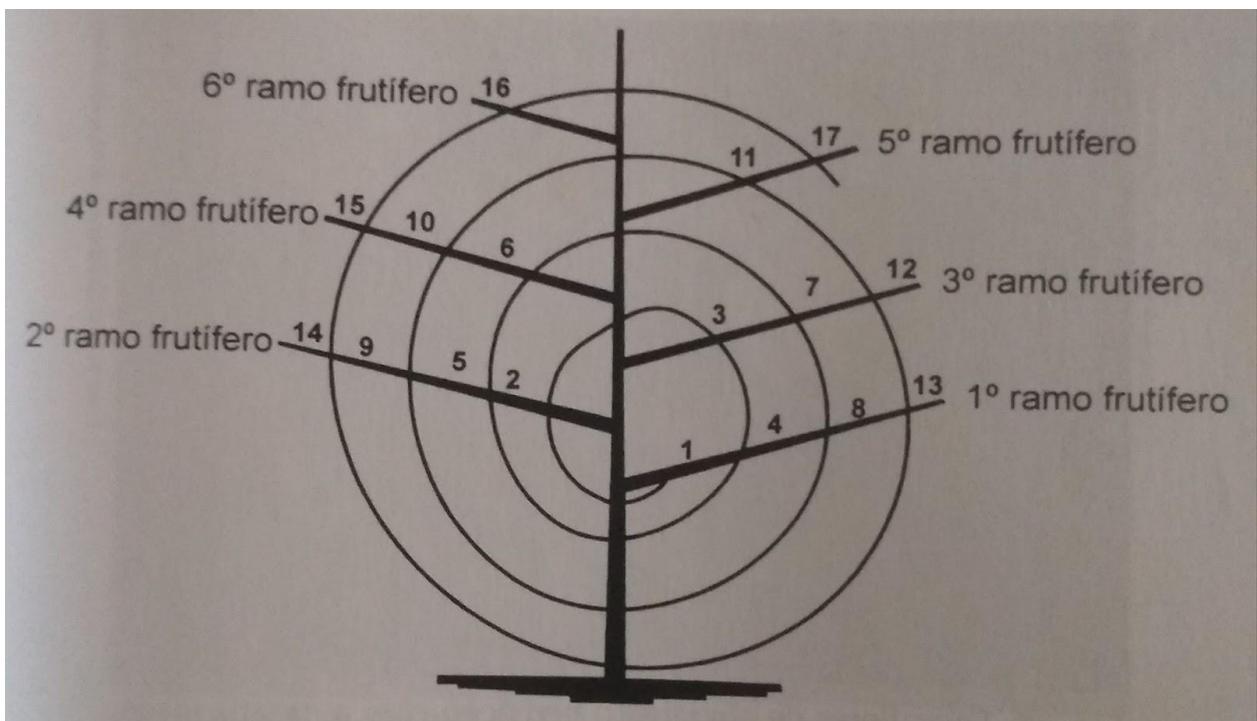


Figura 1: Sequência de surgimento das flores do algodoeiro em espiral.

Fonte: Beltrão (2011) adaptada de Passos (1977).

O padrão de crescimento do algodoeiro é indeterminado (ROSSI et al., 2020), com ampliação exponencial do número de folhas e de estruturas reprodutivas ao longo do tempo. Tais estruturas disputam pelos nutrientes disponíveis na planta (BELTRÃO et al., 2011). Diante disso, um crescimento excessivo da parte vegetativa pode desequilibrar a relação fonte/dreno e consequentemente reduzir a produtividade (ROSSI et al., 2020). Em condições favoráveis de disponibilidade de água e nutrientes, a planta apresenta crescimento vegetativo excessivo, o que

pode causar abscisão das estruturas reprodutivas, apodrecimento e maturação desigual dos frutos prejudicando a colheita e a produtividade (JOST et al., 2006; LAMAS e FERREIRA, 2014).

Em ambientes semiáridos, o ciclo fenológico da planta pode variar entre 100 e 190 dias, podendo apresentar respostas distintas no desenvolvimento, a depender da cultivar e das condições ambientais (clima e altitude, especialmente) (FONTES, 2006; ALBUQUERQUE, 2017). O ciclo de cultivares precoces pode ter duração de até 130 dias, o ciclo médio varia entre 140 e 160 dias e cultivares tardias apresentam ciclo que ultrapassa 170 dias (FUZATTO, 1999; BELTRÃO et al., 2011).

Conhecer as fases fenológicas do algodoeiro é essencial para estipular as práticas de manejo com precisão de acordo com as necessidades da cultura. Conforme a escala do algodão, estratégia utilizada para identificar os estádios de desenvolvimento da cultura, o ciclo da espécie é dividido em quatro fases: vegetativa (V), formação dos botões florais (B), abertura das flores ou florescimento (F) e abertura de capulhos (C) (MARUR e RUANO, 2001; ROSOLEM, 2011).

A fase vegetativa inicia na emergência e prolonga-se até o surgimento das folhas. Nesta fase, a parte aérea cresce lentamente enquanto o sistema radicular cresce rapidamente. A fase de surgimento do botão floral tem início com a aparecimento do primeiro botão (B1) até pouco tempo antes da abertura da primeira flor (Bn) (ROSOLEM, 2011). Na fase de surgimento dos botões a planta inicia o crescimento linear, expandindo a altura e o acúmulo de matéria seca (SANTOS JÚNIOR et al., 2018). A fase de floração inicia com a antese da primeira flor (F1) e segue até Fn, ocorrendo intensa competição entre o crescimento vegetativo e reprodutivo. A fase de capulho tem origem quando a primeira maçã se transforma em capulho (C1) e finaliza com a abertura do último capulho (Cn), nessa fase, geralmente ocorre a aplicação de desfolhantes e/ou maturadores para iniciar a colheita mecânica (ROSOLEM, 2011) (Figura 2).

O período vegetativo corresponde ao primeiro estágio de desenvolvimento e é composto por diferentes estádios: V_0 corresponde ao intervalo entre a emergência da plântula até que a primeira folha verdadeira atinja 2,5 cm. V_1 parte do limite anterior até que a segunda folha verdadeira atinja 2,5 cm. Seguindo o mesmo preceito a planta avança para os estádios V_2 , V_3 , V_n etc. A folha é considerada verdadeira expandida quando atingir comprimento superior a 2,5 cm. A fase reprodutiva inicia quando o primeiro botão floral estiver visível e corresponde ao estágio B1, quando o primeiro botão floral do segundo capulho se tornar visível está no estágio B2. O estágio B3 representa o período em que o primeiro botão floral do terceiro ramo reprodutivo está visível, período em que também se torna visível, o segundo botão floral do primeiro ramo. Seguindo o mesmo preceito a planta avança para os estádios Bn (MARUR e RUANO, 2004).

O estágio deixa de ser indicado por B e passa a ser representado por F1 quando o primeiro botão floral do primeiro ramo se transforma em flor. O estágio F3 inicia quando o primeiro botão floral do terceiro ramo se transforma em flor. Nessa fase também ocorre a abertura da flor na segunda estrutura do primeiro ramo. E o ciclo segue sucessivamente até o estágio Fn. Quando a primeira maçã do primeiro ramo se transforma em capulho inicia o estágio C1 e sucessivamente o estágio será Cn quando ocorrer a abertura do primeiro capulho no ramo n. Então a fase de maturação termina chegando à colheita (MARUR e RUANO, 2004).

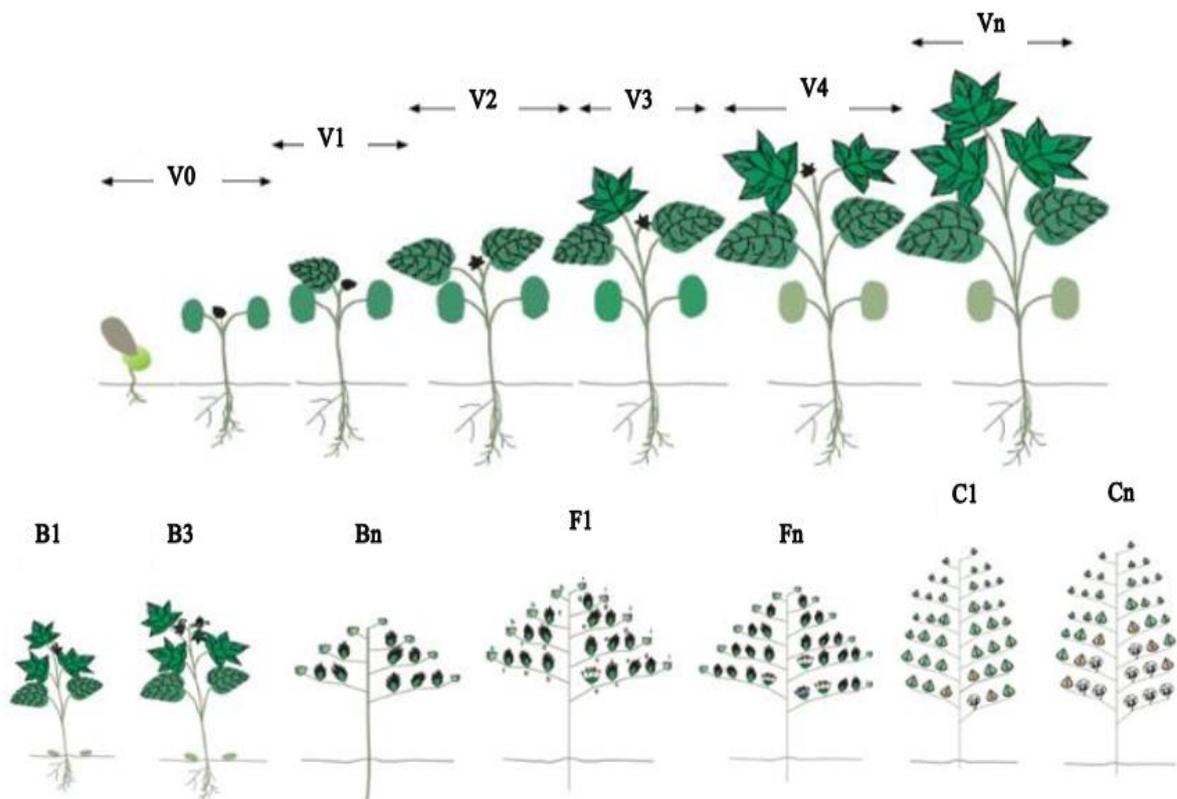


Figura 2: Fases fenológicas do algodão. O estágio V corresponde a fase vegetativa e vai de V₀ até V_n. O estágio B corresponde a formação dos botões florais, marcando o início da fase reprodutiva. O estágio F corresponde a floração e o estágio C corresponde a abertura dos capulhos.

Fonte: adaptada de Marur e Ruano (2004).

A cotonicultura requer solos férteis, ricos em matéria orgânica, fósforo e potássio, e com teores de nutrientes equilibrados, sendo necessário um sistema de produção específicos, principalmente a rotação com espécies leguminosas e gramíneas. Assim, solos ácidos ou pobres

em nutrientes, úmidos ou sujeitos a encharcamento, rasos e compactados são desvantajosos (BUAINAIN e BATALHA, 2007).

Por possuir tolerância à seca, o algodoeiro é de extrema importância para o semiárido nordestino, que é caracterizado por apresentar irregularidades pluviométricas que comprometem o crescimento e o desenvolvimento das culturas (ZONTA et al., 2016; ALMEIDA et al., 2017). Essa característica está relacionada à sua capacidade de expandir o aprofundamento do sistema radicular em condições de déficit hídrico, permitindo que a planta amplie o aproveitamento de água e nutrientes em camadas mais profundas do solo (KHAN et al., 2018).

2.2. A fibra de algodão

A fibra, principal produto do algodoeiro, destaca-se por sua aplicação na indústria de diversos produtos. A matéria prima é utilizada na produção de fios, tecidos, linhas, cotonetes, ataduras, algodão hidrófilo, fonte de celulose para produção de papel entre outros (MANIÇOBA et al., 2021).

A fibra de algodão tem origem nas células epidérmicas da semente e é composta principalmente por celulose (varia entre 88 e 96% da composição total) (CARDOSO, 2018), além de conter ceras, proteínas, pectinas, açúcares redutores e cinzas em pequenas quantidades (ECHER et al., 2018). A concentração de celulose aumenta na fibra à medida que se aproxima da maturidade, enquanto os demais componentes diminuem (BELTRÃO et al., 2008b). Existem as fibras curtas que ficam aderidas a semente e são chamadas de línter e as fibras longas, sendo cada fibra oriunda de uma única célula (CARDOSO, 2018). A fibra de algodão é um tricoma de semente originado da parte externa do tegumento da semente que cresce no interior do ovário da flor, o qual transforma-se em fruto maduro que abriga fibras e sementes (KIM, 2015).

Por ser um pelo unicelular, a fibra tem conformação de uma célula vegetal não clorofiliana, sendo composta por um núcleo, um citoplasma e as organelas associadas. Tais componentes são envoltos por uma membrana plasmática, duas paredes, uma externa ou primária e outra interna ou secundária. Além de apresentar um canal central vazio, o lúmen. A parede primária é revestida pela cutícula e a parede secundária regula três camadas concêntricas, dispostas em espiral: uma externa, uma média (mais espessa e formada por celulose) e uma interna (Figura 3) (BACHELIER e GOURLOT, 2018).

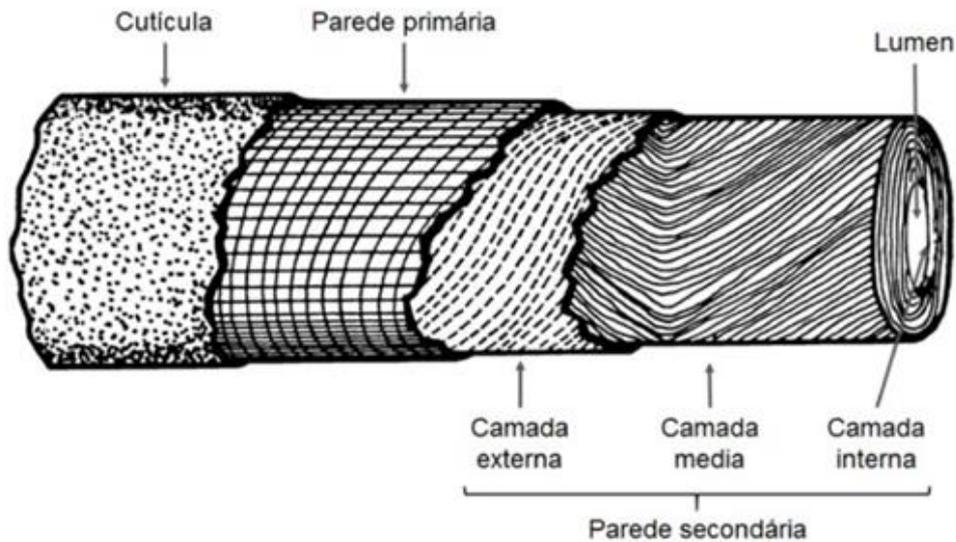


Figura 3: Representação esquemática da estrutura de uma fibra madura de algodão.
 Fonte: Bachelier e Gourlot, (2018) adaptado de Parry (1981).

Apesar da fibra se constituir de uma célula simples e inanimada, durante sua formação e desenvolvimento é uma célula viva que sofre interferência de fatores ambientais, assim, suas características podem ser alteradas devido às variações ambientais. Sua produção inicia após a fecundação da flor e a duração do processo de produção varia entre cinquenta e sessenta dias após a fecundação (ECHER et al., 2018), alguns dias antes da deiscência (GIPSON e JOHAM, 1969; CARNEIRO, 2021). A diferenciação das células da epiderme do óvulo em células de fibra inicia entre 2 e 3 dias antes da antese, continuando em um estágio latente até iniciar os estímulos hormonais relacionados à abertura e à fecundação (ECHER et al., 2018). O processo de produção da fibra é dividido em três etapas: (1) iniciação, (2) alongação ou crescimento em comprimento e (3) crescimento em espessura da parede secundária ou maturação (ECHER et al., 2018).

A fase de iniciação começa imediatamente após a antese, quando já começa uma rápida alongação. Geralmente o período de crescimento em comprimento da fibra varia entre 25 e 30 dias após a fecundação até que ela atinja seu comprimento máximo. Após esse período inicia a fase de maturação da fibra, na qual ocorre o crescimento da espessura da parede celular devido ao acúmulo de celulose nas camadas internas. Em geral, a duração da fase de maturação varia entre 45 e 75 dias após a fecundação, podendo variar de acordo com o genótipo e com as condições ambientais. O fruto se abre devido ao aumento da pressão interna ocasionada pela expansão das fibras e pela evaporação interna de água decorrente da exposição a altas temperaturas (ECHER et al., 2018).

A fase de alongação determina o comprimento da fibra enquanto a fase de maturação determina o diâmetro da fibra e a quantidade de celulose depositada na célula determina a maturidade, a resistência e o índice micronaire. Tais características são fortemente influenciadas tanto pelo genótipo quanto pelo ambiente e definem as qualidades tecnológicas da fibra (CHIAVEGATO et al., 2009; MARTINS, 2020).

As características de qualidade da fibra são quantitativas e controladas por múltiplos genes, que possuem maior ou menor influência na composição do fenótipo (KHAN et al., 2018). Tais características devem atender às exigências da indústria têxtil, que avança cada vez mais na utilização de máquinas com maior capacidade produtiva, exigindo muito das fibras. Essa evolução tecnológica da indústria têxtil avança em ritmo mais acelerado que o processo de melhoramento para obtenção de cultivares que produzam fibras compatíveis com a demanda do mercado, visto que o melhoramento depende de diversos fatores, entre eles as condições climáticas. Diante disso, vale ressaltar que as propriedades físicas da fibra do algodão estão diretamente relacionadas com a produção e qualidade dos produtos têxteis (DE LIMA, 2018a).

O algodão em caroço passa pelo processo de beneficiamento, no qual a fibra é separada da semente para obtenção dos fardos de pluma de algodão (BELTRÃO et al., 2008a). Por ser multiforme, para ser comercializada, a fibra de algodão deve ser classificada e padronizada. Tais processos de classificação e padronização são norteados pela legislação dos produtos vegetais do Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA). A classificação tecnológica da fibra do algodão é efetivada através do instrumento HVI, que analisa grandes quantidades de amostras, rápida e eficientemente (DE LIMA, 2018b).

As principais características de qualidade da fibra de algodão são:

I) Comprimento (UHM)

Refere-se a extensão média ou mais constante ao longo do eixo de um corpo-de-prova de fibras paralelas dispostas anteriormente (SESTREN e DE LIMA, 2011). 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 (QUEIROZ, 2017).

De acordo com De Lima (2018b), fibras com comprimento acima de 30 mm são consideradas ideais pela indústria têxtil. Diante disso, o comprimento de fibra é considerado um fator de grande importância no limite de fiabilidade e na regularidade da distribuição das fibras, interferindo diretamente na resistência do fio (LIMA et al., 2007), pois fibras mais longas demandam menos torções para obter fios mais resistentes, elevando o rendimento industrial (ECHER et al., 2018).

Além disso, afeta o preço do algodão, pois quanto maior o comprimento maior a qualidade da fibra. Fibras compridas e finas produzem fios e tecidos mais nobres, macios, volumosos, flexíveis e maleáveis (DE LIMA, 2018a).

II) Uniformidade de fibra (UNF %):

Refere-se a variação entre o comprimento médio de 100% das fibras (Mean length - ML) e o comprimento médio de 50% das fibras mais longas (Upper Half Mean Length - UHML) e é expresso em porcentagem, influenciando na qualidade da fiação (DE LIMA, 2018b). Conforme descrito por De Lima (2018b), os valores de uniformidade de fibra variam entre muito baixo (abaixo de 77%), baixo (entre 77 e 80%), médio (81 a 84%) alto (entre 85 e 87%) e muito alto (acima de 87%).

III) Índice de fibras curtas (%SFI):

São consideradas fibras curtas aquelas com comprimento $\leq 12,7$ mm (BACHELIER e GOURLOT, 2018). SFI corresponde ao percentual de fibras curtas nos corpos de prova, seus valores podem variar de muito baixo (abaixo de 6%), baixo (de 6 a 9%), médio (de 10 a 13%) e alto (acima de 14%) (DE LIMA, 2018b). De acordo com Mizoguchi (2018), Valores superiores a 10% de fibras curtas preocupam as fábricas, pois não atendem as demandas do setor. O índice de fibras curtas tem grande importância para a indústria têxtil, visto que influencia diretamente as características do fio. Fibras curtas em uma amostra, podem agrupar-se, formando falhas que geram inúmeras reclamações do mercado e reduz a qualidade do produto (FBET, 2004; LIMA et al., 2007).

Além disso, reduz o rendimento da matéria-prima, principalmente para a produção de fios cardados ring, elevando desperdício devido à alta taxa de fibras curtas que não é utilizada e torna-se resíduo no processo. Com isso torna-se necessário maior quantidade de algodão para produzir a quantidade de fio necessária, afetando economicamente a produção (BELLOTE, 2018).

É de extrema importância diferenciar as fibras curtas do linter, que é uma porção de fibras curtas aderidas ao invólucro da semente de algodão, essas fibras são grossas, pouco resistentes e muito curtas (entre 3,0mm e 12,0mm). O linter possui diversas aplicações, como a produção de algodão hidrófilo; filtros; papel e papelões especiais; tecidos rústicos, quando misturado com fibras curtas; entre outras (BELTRÃO et al., 2008a).

IV) Resistência (STR):

A Resistência específica ou tenacidade à rotura da fibra é obtida pela medição da força em gramas necessária para romper um feixe de fibras de um text (massa em gramas de mil metros de material têxtil em forma de fibras) e é expressa em gramas-força por tex (gf/tex) (DE LIMA, 2018b), ou seja, é a resistência específica à ruptura de um feixe fibroso, calculando-se a finura das

fibras individuais (tex) a partir do valor micronaire (FONSECA e SANTANA, 2002; QUEIROZ, 2017).

A fibra pode ser considerada muito resistente (acima de 31 gf/tex), resistente (entre 28 e 30 gf/tex), média (entre 25 e 27 gf/tex) e fraca (abaixo de 24 gf/tex) (De LIMA, 2018b).

V) Alongamento à ruptura (ELG %):

É expresso em porcentagem, em função do comprimento inicial do corpo de prova e está diretamente ligado à resistência (DE LIMA, 2018b). Mensura o quanto a fibra cede no sentido longitudinal até o momento de ruptura (FREIRE et al., 2015) e pode variar entre muito baixo (abaixo de 5%), baixo (entre 5 e 5,8), médio (entre 5,9 e 6,7%), alto (entre 6,8 e 7,6%) e muito alto (acima de 7,7%) (DE LIMA, 2018b).

VI) Índice de micronaire (MIC):

O MIC mede o diâmetro da fibra e aponta a resistência de uma determinada massa de fibras a um fluxo de ar, sob pressão constante e sob câmara de volume definido. Varia de menor que 3, muito fina, até maior ou igual a 6, muito grossa. As fibras com baixo índice de micronaire podem levar a formação de neps e alterações no tingimento (ALVARENGA, 2018; BELOT, 2018). O índice micronaire indica o conjunto da finura e maturidade da fibra (MORAIS et al., 2021).

De Lima (2018b) considera fibras com índice de micronaire entre 3,8 e 4,6 fibras médias, com grau médio de maturidade e/ou perímetro, sendo esse o valor exigido pela indústria têxtil. Vale ressaltar que a amplitude do espessamento da parede celular é um fator que determina a maturidade da fibra.

Quanto maior a maturidade da fibra, melhor fixação de cores e tingimento (SANTANA et al., 2008). Mesmo maduras, as fibras com baixo valor de MIC devem ter maior atenção durante o processo, uma vez que são delicadas e podem sofrer agressões, levando à formação de neps, redução da uniformidade do comprimento e aumento do conteúdo de fibras curtas. Mas, se as fibras apresentarem micronaire baixo e elevados valores de maturidade, resistência e alongamento e forem processadas de forma correta, essas, beneficiarão a produtividade e o produto final (DE LIMA, 2018a).

VII) Índice de fiabilidade (CSP):

Representado pela sigla CSP (Count strength product) é um fator que indica a resistência dos fios, especialmente os fios conhecidos como fios de rotor "open-end" que tem relação direta com a resistência das fibras individuais (GOMES, 2019). Corresponde ao produto da resistência pelo número inglês do fio do algodão (NEC) e pode ser utilizado para apontar os índices de fiabilidade das fibras, o índice de resistência e tecibilidade dos fios que serão fiados e tecidos.

Seus valores variam de muito baixo (abaixo de 1750), médio (de 1750 a 2000), alto (de 2000 a 2250) e muito alto (acima de 2250) (SESTREN e DE LIMA, 2011).

Conforme De Lima (2018b) os valores de referência da qualidade de fibra do algodão baseados nas exigências da indústria têxtil são: comprimento (> 30 mm), uniformidade (> 84%), índice de fibras curtas (6 a 9 %), resistência (> 28 gf/tex), alongamento à ruptura (> 6,7 %), índice de micronaire (3,8 a 4,6), De acordo com Sestren e De lima (2011) o índice de fiabilidade (>2000).

2.3. Melhoramento genético

Melhoramento vegetal pode ser definindo como a ciência e/ou a arte de modificar as plantas com o objetivo de selecionar genótipos superiores que atendam às necessidades humanas quanto às características agronômicas e de aclimação a diferentes condições edafoclimáticas (BORÉM e MIRANDA, 2009; ROSADO et al., 2018). No caso do algodoeiro é necessário atender as demandas dos cotonicultores, das empresas beneficiadoras e da indústria têxtil (MEDEIROS, 2021). Esse ajustamento genético para adaptação ao ambiente é uma atividade dinâmica, pois o ambiente muda em função dos diferentes fatores que o compõem (PEIXOTO e VILELA, 2018).

Estima-se que o melhoramento genético vem sendo responsável pela metade do aumento da produtividade agrícola nos últimos 50 anos. Por ser uma ciência biológica, o melhoramento não tem métodos únicos e específicos, ou seja, o melhorista deve avaliar cada situação criticamente e potencializar os recursos disponíveis para obtenção dos objetivos, sempre considerando a relação custo-benefício (BORÉM et al., 2021).

O melhoramento propõe-se a obter genótipos superiores, contudo, a expressão desses genótipos, os fenótipos, são influenciados, entre outras coisas, pelo ambiente no qual os genótipos estão inseridos (CHAVES, 2001).

As pesquisas com algodoeiro no Brasil iniciaram em 1915, com a criação do Serviço Federal do Algodão, que tinha como objetivo dar assistência técnica aos agricultores, estimular o melhoramento das cultivares, incentivar a criação de campos experimentais e desenvolver o estudo sobre pragas e doenças do algodoeiro (VIDAL NETO e FREIRE, 2013). Contudo, foi com a fundação da Seção de Algodão, no Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), em 1924, que começaram os trabalhos de melhoramento genético do algodoeiro, os quais priorizavam produtividade e comprimento da fibra (CARVALHO, 2008a; FREIRE et al., 2015; QUEIROZ, 2017). Na mesma época, tiveram início 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).

Em 1975, a Embrapa Algodão instituiu os estudos sobre melhoramento do algodoeiro, por meio do Centro Nacional de Pesquisa de Algodão (CNPQ), localizado em Campina Grande, na Paraíba. A partir de então, a Embrapa contribuiu com o desenvolvimento da cotonicultura brasileira, por meio da promoção de pesquisa e transferência de tecnologia pertencentes ao cultivo do algodoeiro (manejo, geração de cultivares e processos biotecnológicos) (PENNA, 2005; VIDAL NETO e FREIRE, 2013; ALBUQUERQUE, 2017).

A partir do final da década de 80, o coleóptero, conhecido como bicudo-do-algodoeiro (*A. grandis*), afetou drasticamente a produção do algodoeiro, especialmente na região Nordeste (FREIRE, 2014). Com isso, buscou-se intensificar as pesquisas com o objetivo de desenvolver cultivares precoces, com rápida frutificação, visando evitar a infestação do inseto (CARVALHO, 2008a; VASCONCELOS, 2016). Posteriormente, a Embrapa focou os estudos para a região do cerrado e, nos últimos tempos, tem concentrado seus esforços para a obtenção de cultivares adaptadas às condições semiáridas, objetivando atender as demandas do produtor e da indústria (ALBUQUERQUE, 2017).

De modo geral, os programas nacionais de melhoramento do algodoeiro se assemelham com os que estão sendo desenvolvidos em outros países produtores, pois, todos buscam selecionar características que atendam as demandas da cadeia produtiva. Tendo como finalidade o aumento da produtividade e do rendimento da fibra; a aquisição de fibras finas, resistentes e uniformes; a tolerância à estresses bióticos (doenças e pragas) e abióticos (salinidade, seca). O que varia são apenas os objetivos específicos, que diferem entre os programas de melhoramento de acordo com as características próprias de cada um (FREIRE et al., 2008; NOVAES et al., 2011; FREIRE et al., 2015; RODRIGUES et al., 2016; QUEIROZ, 2017).

A produtividade destaca-se como a característica mais importante economicamente para o produtor e, por isso, sua avaliação deve ser criteriosa (VIDAL NETO e FREIRE, 2013). Por ser um caráter poligênico, de natureza genética quantitativa (CONTE, 2021) e sofrer grande influência do ambiente (RAMOS et al., 2022), as variações observadas entre as cultivares podem não ser oriundas apenas do seu potencial genético. A produtividade pode ser determinada pelo número e peso de capulhos e pela porcentagem de fibra. Como a fibra é o produto de maior valor comercial do algodão, sua produtividade é mais importante do que a de algodão em rama, na avaliação da cultivar (VIDAL NETO e FREIRE, 2013).

De acordo com Cotrim et al. (2020), a interação genótipo x ambiente (GxA) é conceituada como o comportamento diferenciado do genótipo frente a diferentes ambientes. Nesse contexto, a interação genótipos x ambiente ($G \times A$) causa muitas dificuldades aos programas de melhoramento de plantas, pois o ambiente interfere no desempenho genotípico (MOHAMMADI et al., 2007;

SILVA, 2016) e reduz a associação entre os valores fenotípicos e genotípicos (ALWALA et al., 2010), restringindo o progresso genético, visto que afeta tanto os métodos de seleção quanto a recomendação da cultivar. Pois, o objetivo principal do melhoramento de plantas é a obtenção de genótipos estáveis com melhor desempenho em relação a um determinado caráter (RAMALHO et al., 2012; CRUZ et al., 2014).

Para a obtenção de genótipos produtivos e com as características almeçadas são necessárias seleções em diferentes ambientes (anos e locais) (CONDÉ et al., 2010), uma vez que, o comportamento de um genótipo pode variar significativamente em virtude da mudança no ambiente de cultivo (CERUTTI et al., 2020). Logo, as correlações genotípicas e fenotípicas implicam em uma associação de natureza herdável, tornando-se importantíssima para orientar programas de melhoramento de plantas (CRUZ et al., 2012; GOMES, 2019).

Dessa forma, para a aquisição de genótipos com melhor desempenho em relação às características desejáveis, são feitos ensaios em diversos ambientes com variação entre condições favoráveis e desfavoráveis (ALWALA et al., 2010), sendo possível explorar a interação GxA e identificar genótipos adaptados a ambientes específicos (SILVA, 2016). Nesse contexto, é possível definir estabilidade como a capacidade do genótipo apresentar comportamento altamente previsível, mesmo diante das variações ambientais, ao passo que a adaptabilidade é definida como a capacidade do genótipo aproveitar vantajosamente as variações ambientais (BORÉM et al., 2021), ou seja, produzir satisfatoriamente nesses ambientes (COSTA et al., 1999). A adaptabilidade e a estabilidade de um genótipo dependem de sua constituição genética (BORÉM et al., 2021). Assim, um genótipo com ampla capacidade de adaptação é aquele que alcança rendimento estável. Por outro lado, o genótipo que apresenta alto rendimento em alguns ambientes e baixo desempenho em outros, são caracterizados como genótipos de adaptabilidade específica (LIN e BINNS, 1988; SILVA, 2016).

Considerando que a cotonicultura é uma atividade econômica e necessita de lucro, vale ressaltar que a escolha da cultivar do algodoeiro para cultivo comercial considera sempre aquela que proporcione um melhor retorno, com o mesmo investimento e com as mesmas condições ambientais e de manejo (VIDAL NETO e FREIRE, 2013). Dessa forma, para que um genótipo seja proposto para o plantio comercial, ele tem que manifestar vantagens comparativas em relação às cultivares existentes, em ensaios de competição apropriados e com delineamentos estatísticos definidos, conduzidos, no mínimo, por dois anos e em três locais, baseando-se na especificidade de cada sistema de produção e respeitando a legislação brasileira (VIDAL NETO e FREIRE, 2013).

Vale ressaltar também que no semiárido nordestino, a cotonicultura é marcada predominantemente pela exploração familiar. Devido às características específicas da região e do sistema de cultivo, a demanda é por tolerância à seca, ciclo precoce ou semiperene, adaptação às condições edafoclimáticas locais (chuvas irregulares, solos alcalinos, rasos e pedregosos), resistência ao bicudo e características especiais, como: fibra colorida, fibra longa, ausência de Gossypol nas sementes, aumento do teor de óleo (FREIRE et al., 2007; VIDAL NETO e FREIRE, 2013).

2.4. Métodos de melhoramento do algodoeiro

O melhoramento de plantas abrange todas as técnicas, os métodos, as estratégias e os recursos utilizados com o objetivo de melhorar o material genético da espécie vegetal, considerando o ambiente de cultivo da mesma (PEIXOTO e VILELA, 2018). Freire (1977), caracteriza métodos de melhoramento como um conjunto de princípios fundamentados em leis biológicas, que permitem o manejo da variabilidade existente em determinada planta. Contudo, a escolha desses princípios deve considerar o modo de reprodução, as características da planta e a natureza de suas utilizações, podendo variar entre culturas.

Ao longo dos anos, os melhoristas têm avaliado diversos caracteres com a finalidade de selecionar genótipos de algodoeiro tolerantes à estresses bióticos e abióticos, nesse contexto, são utilizadas variáveis fisiológicas, bioquímicas, agronômicas e características de fibra (GOMES, 2019). Por possuir um sistema reprodutivo misto, que combina autofecundação e cruzamento natural através de insetos polinizadores, a polinização (autopolinização e cruzamentos) do algodoeiro pode ser controlada de forma simples (VIDAL NETO e FREIRE, 2013).

O controle da autopolinização é obtido por meio da cobertura do botão floral para evitar sua abertura e eventuais visitas de insetos; os materiais utilizados podem ser saco de papel, barbante de algodão ou fio de cobre. Nos cruzamentos, as flores que receberão o pólen são emasculadas e protegidas na tarde anterior à abertura, as mesmas são polinizadas na manhã do dia seguinte com pólen do doador masculino e protegidas novamente para evitar contaminação (VIDAL NETO e FREIRE, 2013).

Os métodos utilizados no melhoramento do algodoeiro são: seleção massal, recorrente, genealógica, pedigree-massal, hibridação, retrocruzamento e *bulk* (GRIDI PAPP, 1969; FREIRE, 1983; NILES e FEASTER, 1984; LEE, 1987; VIDAL NETO e FREIRE, 2013).

O melhoramento de plantas alógamas utiliza muito os métodos de seleção massal e seleção recorrente, os quais têm se mostrado como opções viáveis para o melhoramento de plantas autógamas ou parcialmente autógamas, como o algodoeiro (VIDAL NETO e FREIRE, 2013).

A seleção massal é o método mais antigo de melhoramento de plantas, há milhares de anos agricultores utilizavam-o quando selecionavam as melhores plantas/espigas para originar a próxima geração. Esse método avalia a população original e seleciona um determinado número de plantas com base no fenótipo, podendo repetir o ciclo uma ou mais vezes com o objetivo de elevar o número de alelos favoráveis. Por se basear apenas no fenótipo, a seleção massal é muito influenciada pelo ambiente, havendo a possibilidade de camuflar os genótipos, o que pode se tornar um problema. A seleção massal é muito utilizada para a obtenção de novas variedades em espécies vegetais que ainda não foram muito trabalhadas geneticamente ou para caracteres de alta herdabilidade (BESPALHOK et al., 2012).

A seleção recorrente é o método que busca o aumento contínuo e progressivo da frequência de alelos favoráveis através de repetidos ciclos de seleção (GARBUGLIO et al., 2009; CRISPIM FILHO, 2018), sem exaurir a variabilidade genética da população, permitindo assim o aumento das médias das características de interesse (HALLAUER et al., 2010; CINTRA, 2021). Esse método é utilizado no algodoeiro quando busca-se melhorar uma variedade comercial, com algumas características, a exemplo de produção, rendimento e qualidade da fibra (FREIRE, 1977). O ciclo de seleção recorrente é composto por três etapas: (a) obtenção de progênies; (b) avaliação de progênies; e (c) recombinação das progênies superiores para formar a geração seguinte (BORÉM et al., 2021).

A seleção genealógica, também conhecida como seleção individual, seleção de pedigree ou seleção de progênies, é bastante utilizada no melhoramento do algodoeiro (CRISÓSTOMO, 1989). Consiste na seleção individual de plantas na população segregante com a avaliação posterior de cada progênie separadamente (Borém et al., 2021), sob autofecundação artificial. A condução de cada geração deve ocorrer na região e época de plantio que represente o ambiente da nova cultivar. A seleção ocorre baseando-se no genótipo e não no fenótipo do indivíduo (BORÉM e MIRANDA, 2013).

Nesse contexto, plantas superiores são selecionadas das melhores progênies, avaliando-se sua descendência até encontrar uma linhagem, que será a nova cultivar. Esse método tem utilização tanto em populações com pouca variabilidade quanto em populações segregantes, derivadas de hibridações intra ou interespecíficas (CRISÓSTOMO, 1989).

No método de seleção pedigree-massal as plantas são selecionadas individualmente, com posterior avaliação das progênies sob polinização livre. As melhores plantas são unidas para

originar uma nova população chamada bulk, a repetição do processo pode promover a recombinação durante a seleção (HALLAUER e MIRANDA FILHO, 1981).

A Hibridação objetiva aumentar a variabilidade genética e introduzir no genoma da planta as características desejadas, por meio da combinação das características existentes nos dois parentais, sejam eles da mesma espécie ou de espécies distintas (FREIRE, 1977; VIDAL NETO e FREIRE, 2013). Consiste na fusão de gametas geneticamente diferentes de dois indivíduos, que resulta em descendentes híbridos heterozigóticos para um ou mais loci. Após a hibridação, o melhoramento tem como objetivos obtenção de indivíduos superiores por meio de sucessivas gerações de avaliação e seleção (Borém et al., 2021). Todos os sistemas que utilizam hibridização, empregam o método genealógico entre as fases F2 e F5. A hibridização também pode ser utilizada em métodos combinados de melhoramento (VIDAL NETO e FREIRE, 2013).

O método de seleção por retrocruzamento é utilizado com a finalidade de transferir pequenas porções genômicas de genótipos não adaptados ou espécies selvagens para genótipos elite, deficientes nestes aspectos (LORENCETTI et al., 2006). Ou seja, são selecionados dois genótipos, sendo um deles uma cultivar adaptada e produtiva (genitor recorrente), porém não possui a característica desejável, presente no genitor doador. Assim, o retrocruzamento busca transferir os alelos favoráveis do genitor doador para o genitor recorrente. É realizado o cruzamento entre os dois genótipos e posteriormente híbrido F1 é retrocruzado com o genitor recorrente em sucessivas gerações (BORÉM e MIRANDA, 2013).

Esse método tem bastante utilização para a transferência de genes de resistência a doenças, e para a obtenção de cultivares transgênicas (VIDAL NETO e FREIRE, 2013). De acordo com Freire (1977), para que um retrocruzamento produza uma variedade de sucesso, é necessário: a) Existir um genitor recorrente satisfatório; b) Ser possível manter, com boa intensidade, o caráter em transferência por meio dos vários retrocruzamentos; c) Realizar um número suficiente de retrocruzamento para reconstruir o genitor recorrente.

No método populacional ou bulk, as plantas das populações segregantes (F2 a F6) são selecionadas em conjunto, formando um “bulk” de sementes. Deste bulk são selecionadas sementes de plantas individuais e colhidas separadamente, utilizando como critério de seleção o desempenho de sua progênie. As plantas individuais selecionadas são avaliadas como no método de reprodução genealógica. Essas plantas selecionadas formam as parcelas que serão avaliadas com repetições, e, posteriormente, as famílias superiores selecionadas são avaliadas em diferentes locais (RIBEIRO et al., 2021).

Os programas de melhoramento realizam estudos de correlação para compreender a associação entre os caracteres avaliados, permitindo a seleção da característica, sobretudo se ela

for de baixa herdabilidade ou de difícil avaliação. São utilizadas nesses casos, a correlação fenotípica, genotípica e ambiental (CRUZ et al., 2012; AZEVEDO et al., 2016; CARDOSO, 2018). A correlação fenotípica é influenciada pelo genótipo e pelo ambiente, entretanto, apenas algumas características dos genótipos são herdáveis e podem nortear os programas de melhoramento. Contudo, a correlação estimada pode não apresentar representatividade eficiente, pois associações altas ou baixas podem sofrer interferência de outro caráter (TOEBE e CARGNELUTTI FILHO, 2013; AZEVEDO et al., 2016). Dessa forma, é necessário realizar uma análise detalhada da influência direta e indireta de um caráter sobre outro, a qual pode ser executada pelo método estatístico da análise de trilha (TEIXEIRA et al., 2012).

Nos últimos anos, cultivares de algodão geneticamente modificadas têm proporcionado ao agricultor aumento na produtividade, redução nos gastos de produção bem como redução nas perdas ocasionadas por doenças e pragas. Tais fatores contribuem para o rendimento econômico (GOMES e BORÉM, 2013). As cultivares mais plantadas no Brasil são TMG 44 B2RF, FM 985GLTP, IMA 5801B2RF, DP 1746 B2RF, FM 944GL, TMG 81 WS (FREIRE, 2021).

Diante do exposto, vale ressaltar que a Embrapa tem disponibilizado aos produtores nordestinos diversas cultivares, dentre as quais podemos citar: cultivares convencionais de fibra branca (BRS 286, BRS 293, BRS 335, BRS 336, BRS 372, BRS 416); cultivares convencionais de fibra colorida (BRS JADE, BRS RUBI, BRS VERDE, BRS SAFIRA) e as cultivares transgênicas (BRS 368 RF, BRS 369 RF, BRS 370 RF, BRS 371 RF, BRS 430 B2 RF, BRS 432 B2 RF, BRS 433 FL B2RF, BRS 437 B2RF, BRS 500 B2RF) (EMBRAPA, 2019; EMBRAPA, 2023).

2.5. Parâmetros genéticos e seleção

O melhoramento de qualquer característica depende da variabilidade presente na população trabalhada, além da necessidade de que esse caráter seja herdável, dessa forma é possível obter sucesso (CRUZ et al., 2014). O Caráter qualitativo possui herança simples, fundamentada nas proporções de classes fenotípicas que são analisadas nas descendências a partir de cruzamentos. Enquanto os caracteres quantitativos possuem herança complexa, pois são controlados por diversos genes com efeitos individuais pequenos, além de sofrerem grande influência ambiental (CRUZ et al., 2014). Para alcançar êxito em qualquer programa de melhoramento é necessário detectar a partir dos valores fenotípicos, quais são os indivíduos com os melhores valores genotípicos e a maior frequência de alelos favoráveis (CRUZ, 2012).

Por meio da genética quantitativa, que permite o estudo desses caracteres quantitativos, é possível identificar, acumular e perpetuar alelos favoráveis. Assim, os parâmetros genéticos permitem identificar a natureza da ação dos genes envolvidos no controle dos caracteres de interesse, bem como, indicar as chances de ganhos genéticos nos diferentes métodos de melhoramento (CRUZ e CARNEIRO, 2003). As variâncias genéticas aditivas e não aditivas, a herdabilidade, o coeficiente de variação genético, as correlações e as previsões de ganho por seleção estão entre os principais parâmetros (CRUZ e CARNEIRO, 2003; RESENDE, 2007).

A genética quantitativa busca identificar a porção herdável da média e da variância, ou seja, por meio dos princípios quantitativos objetiva-se investigar a magnitude da variância aditiva e da variância devido aos desvios da dominância, por meio dos quais, negligenciando a variância de natureza epistática é possível prever as consequências das variadas estratégias de seleção, além de contribuir para a escolha do método de melhoramento mais adequado para o objetivo do programa (CRUZ, 2012).

Na seleção de indivíduos superiores, tão importante quanto o seu genótipo é sua capacidade de transferi-lo para as próximas gerações, essa transferência ocorre através dos alelos. Com isso, os alelos são a porção herdável da variância genotípica e são chamados de variância aditiva. Por outro lado, a porção proveniente da combinação dos alelos em cada genótipo (interação intra-alélica) não é herdável e é chamada de variância decorrente dos desvios de dominância. Há também a variância devido a epistasia, que ocorre quando há dois ou mais locos /genes em questão (CRUZ, 2012).

A herdabilidade é um parâmetro importantíssimo que indica o quanto do valor fenotípico corresponde ao valor genético, além de direcionar quais as melhores estratégias de melhoramento (FALCONER e MACKAY, 1996; SOUZA, 2018). Caracteres de alta herdabilidade geralmente são menos influenciados pelo ambiente e com isso aumentam as chances dos ganhos genéticos esperados (AZEVEDO et al., 2015). A herdabilidade em sentido amplo corresponde a razão da variância genotípica pela variância fenotípica. Já a herdabilidade em sentido restrito é definida pela razão da variância aditiva pela variância fenotípica (BÓREM e MIRANDA, 2013).

Segundo Resende (2002), a herdabilidade pode ser considerada baixa (entre 10 e 40%), média (entre 40e 70%) e alta (acima de 70%). Quando o efeito de genótipos é considerado fixo, a herdabilidade passa a ser definida como coeficiente de determinação genotípico (CDG), são parâmetros equivalentes (YOKOMIZO e VELLO, 2000; SOUZA, 2018).

O coeficiente de variação genética (CVg) determina a variabilidade genética presente na população para uma característica. Quanto mais elevado for esse valor, mais fácil será para

encontrar genótipos superiores passíveis de ganhos de seleção (RESENDE, 2007; AGUIAR et al., 2010).

Correlação é um parâmetro genético estatístico que avalia o grau de associação entre duas variáveis (RAMALHO et al., 2012). Conhecer as correlações entre caracteres é essencial para entender o impacto da seleção no progresso genético. As correlações podem ser fenotípicas, genotípicas ou ambientais, entretanto, apenas correlações genéticas possuem herdabilidade e a capacidade de se expressar em diferentes ambientes (COIMBRA et al., 2004; TEODORO et al., 2014; TORRES et al., 2016). O estudo de correlação entre caracteres torna-se relevante, uma vez que permite conhecer a influência que a seleção de um caractere tem sobre outros caracteres aparentemente independentes (BORÉM e MIRANDA, 2005; SOUZA et al., 2008).

O sucesso do melhoramento de uma característica de baixa herdabilidade ou de difícil medição pode ser superior se ela estiver fortemente correlacionada com outra característica de alta herdabilidade ou de fácil medição e a seleção ocorrer sobre a segunda (CRUZ e REGAZZI, 2001).

Seus valores vão de -1 a +1 e indicam a magnitude da correlação, quanto mais próximo de -1 ou de +1 mais forte é a conexão entre as variáveis e maior a correlação linear entre elas, quando a correlação é nula, não há associação linear entre as variáveis. Valores negativos apontam que as variáveis são inversamente relacionadas, elas variam em direção opostas (um é favorecido e o outro é prejudicado). Os valores positivos indicam que a variação entre os caracteres ocorre na mesma direção (ambos são beneficiados ou prejudicados) (CRUZ, 2012; RAMALHO et al., 2012). As correlações fenotípicas são calculadas a partir das médias das características avaliadas (CRUZ, 2012).

A determinação deste parâmetro é importante para a escolha de estratégias mais adequadas ao objetivo do programa de melhoramento, além de permitir avaliar as respostas indiretas em caracteres de baixa herdabilidade ou de difícil identificação ou medição (CRUZ, 2012). A seleção direta corresponde a seleção baseada nos ganhos do único caráter de interesse. Enquanto a seleção indireta permite a identificação da resposta indireta da seleção de determinada característica. A seleção para elevar o ganho de determinado caractere pode ocasionar resultados indesejáveis em outros, quando a correlação é desfavorável. Portanto, busca-se identificar os melhores materiais, que apresentem bom desempenho para todas ou para a maioria das características de interesse (CRUZ e CARNEIRO, 2003).

Para selecionar genótipos busca-se encontrar indivíduos superiores para um conjunto de caracteres favoráveis, para isso, considera-se uma ou poucas características por vez. Entretanto, a seleção baseada em um ou poucos caracteres tem se mostrado pouco eficiente, pois seleciona um material superior apenas para as características em questão (HAZEL e LUSH, 1942; RAMOS,

2019). Cruz et al. (2012) apontam que a seleção simultânea de um conjunto de características de importância econômica tem se mostrado uma estratégia eficaz para aumentar as chances de sucesso nos programas de melhoramento. Segundo os autores, a seleção através do índice de seleção tem se mostrado mais eficiente que a seleção pelos métodos dos níveis independentes de eliminação e pelo sistema “tandem”.

Conforme Cruz (2012), o índice de seleção é um caráter adicional determinado pela combinação linear das características estudadas, potencializando os ganhos de seleção. Existem vários índices de seleção, podendo ser classificados em paramétricos e não paramétricos. Nos índices paramétricos, para alcançar os ganhos genéticos, potencializa-se a correlação entre o valor genotípico e o índice, buscando máxima eficácia de seleção além de aumentar gradativamente a frequência de alelos favoráveis para o conjunto de características de interesse. Tais índices necessitam de matrizes de variâncias e covariâncias genéticas e fenotípicas referentes às diversas características avaliadas (CRUZ, 2006; DALBOSCO et al., 2018).

Os que mais se destacam entre os índices paramétricos são: Smith (1936), Hazel (1943), Pesek e Baker (1969), Williams (1962) e Tai (1977). Já os índices não paramétricos ou não lineares objetivam apenas a classificação dos genótipos, diferente dos índices paramétricos que buscam a melhoria do valor genotípico. Dentre os não paramétricos, os que se destacam são: livre de pesos e parâmetros (ELSTON, 1963) e soma dos postos ou ranks (MULAMBA & MOCK, 1978) (GARCIA e SOUZA JUNIOR, 1999; DALBOSCO et al., 2018).

Por ser não paramétrico, o índice proposto por Mulamba e Mock (1978) não necessita de variância e covariâncias fenotípicas e genotípicas, apenas das médias, nem de pesos econômicos. O índice corresponde ao ordenamento dos genótipos para cada caráter avaliado com posterior soma destes postos/ranks considerando os múltiplos caracteres (CRUZ e CARNEIRO, 2003; TEIXEIRA et al., 2012; FRANÇA et al., 2016).

2.6. Estresse hídrico

O estresse hídrico ocorre em decorrência da falta (escassez hídrica) ou da oferta excessiva de água (encharcamento) em relação à demanda da planta nas diferentes fases fenológicas (ECHER et al., 2018). O estresse por déficit hídrico é causado principalmente períodos intercalados ou até contínuos sem precipitações (TAIZ et al., 2017). Além disso, está relacionado com a disponibilidade de água no solo e com a diferença entre a quantidade de água transpirada em relação à absorvida (PES e ARENHARDT, 2015). Entretanto, vale ressaltar que, mesmo em

períodos sem chuva, as plantas podem ainda absorver água do solo, o que depende da capacidade do solo em reter água e da profundidade do lençol freático (TAIZ et al., 2017).

Por compor a matriz e o meio onde ocorre a maioria dos processos bioquímicos essenciais à vida dos vegetais, a água é considerada um fator essencial para crescimento e funcionamento da planta, além de ser o fator mais limitante (LEHNINGER, 2006; ARAÚJO JÚNIOR et al. 2019). A água é o principal componente dos tecidos vegetais, integrando aproximadamente 95% da biomassa verde das plantas (PIMENTA, 2004). Nesse contexto, possui papel significativo na manutenção da integridade funcional das moléculas biológicas, células, tecidos e órgãos (TAIZ e ZEIGER, 2009; CHAVARRIA e SANTOS, 2012; ARAÚJO JÚNIOR et al., 2019).

A água garante a turgidez dos tecidos, participa das reações metabólicas como fotossíntese e respiração, atua no transporte de nutrientes e na regulação térmica, entre outros (PEIXOTO, 2020). Dessa forma, quando disponível em quantidades suficientes para a planta, a água contribui para a floração, frutificação e para a qualidade dos produtos de origem vegetal, como verduras e frutas (FLOSS, 2006). Contudo, quantidades insuficientes de água interferem na atividade dos protoplastos sobre a parede celular, reduzindo o turgor e alterando o crescimento celular (TAIZ e ZEIGER, 2013).

O semiárido brasileiro é marcado por padrões de precipitações variáveis no tempo e no espaço, nesse sentido, não há período nem lugar certo para chover (MALVEZZI, 2007; TINÔCO et al., 2018). A precipitação média anual está entre 500 a 800 mm ano⁻¹, com evaporação média de 2000 mm ano⁻¹ (CPTEC, 2014; Instituto Nacional de Meteorologia, 2018). Dessa maneira, a problemática que envolve o déficit hídrico na região está relacionada ao fato de que a quantidade de chuva é menor que a quantidade de água que evapora, fazendo com que as plantações da região estejam expostas constantemente ao estresse hídrico (MALVEZZI, 2007).

Arelado a isso, os solos nordestinos também podem ser um dos fatores limitantes da cotonicultura na região, pois tendem a ser grossos, arenosos e pedregosos, com baixo teor de matéria orgânica, baixa fertilidade, baixa capacidade de retenção de água e altamente vulneráveis à erosão hídrica e eólica. Assim, torna-se necessário manejo adequado para correção dessas condições (MEDEIROS et al., 2008).

Para desenvolver uma convivência harmoniosa com o semiárido é necessário conhecer e compreender a funcionalidade do clima, criando condições adaptativas para suas variações, tornando a vida viável. Em relação a agricultura, um exemplo de adequação ao clima é desenvolver cultivares adaptadas às condições ambientais da região. Não se trata mais de “acabar com a seca”, mas de adaptar-se de forma eficiente (MALVEZZI, 2007).

Em ambientes naturais, quando a planta é exposta a escassez hídrica, a intensidade do estresse é determinada pela extensão e a duração da supressão hídrica, que pode ocorrer durante horas ou durante dias (AKINCI e LÖSEL, 2012). As plantas são organismos sésseis, por esse motivo, não conseguem escapar do estresse abiótico apenas mudando para um meio mais favorável. Assim, ao longo da evolução elas desenvolveram mecanismos de adaptação à condição estressante. Tais mecanismos envolvem estratégias morfológicas, fisiológicas, celulares e bioquímicas, buscando tolerar ou superar o estresse hídrico e garantir o crescimento e a reprodução (FANG e XIONG, 2015; TAIZ et al., 2017).

Como consequência do déficit hídrico, as plantas sofrem desidratação celular e utilizam o fechamento dos estômatos como principal mecanismo para regular o balanço hídrico (PES e ARENHARDT, 2015; MORADI, 2016; TAIZ et al., 2017). O fechamento estomático reduz a absorção foliar de CO₂, reduz a transpiração e as trocas gasosas e conseqüentemente restringe a fotossíntese. Vale ressaltar que a taxa fotossintética líquida reflete diretamente a produtividade do material por área foliar e pode ser utilizada para medir o nível de produção biológica das plantas (YANG et al., 2021). A planta também reduz o crescimento celular, altera a pressão de turgor, afeta a absorção de água e nutrientes pelas raízes, altera a condutividade estomática afetando o rendimento do vegetal (OGUZ et al., 2022).

Também pode ocorrer variações durante a expressão gênica, por meio de alterações na síntese proteica bem como nas suas funções biológicas (DEEBA et al., 2012). Quando exposta à condição de estresse, a planta pode sintetizar proteínas especiais com a função de proteger e auxiliar na tolerância à seca (YANG et al., 2021). A planta com deficiência hídrica demonstra sintomas visuais típicos, como murcha, enrolamento de folhas e arqueamento dos ramos em direção ao solo (PES e ARENHARDT, 2015).

De acordo com Niu et al. (2018), os hormônios endógenos ácido giberélico (GA) e ácido abscísico (ABA) são indicadores fisiológicos que podem estar relacionados com os efeitos compensatórios da planta ao estresse. Em condições de estresse hídrico o aumento de ABA promove fechamento estomático, inibição da taxa metabólica e redução do crescimento vegetal, além de regular a expressão de genes envolvidos com a resistência à seca. Enquanto a redução nos teores de GA reduz o consumo energético da planta e sua taxa de crescimento (KOWITCHAROEN et al., 2015; BITTENCOURT e SILVA, 2018; NIU et al., 2018).

Conforme aponta Akinci e Lösel (2012), as respostas da planta ao estresse hídrico podem ser: I) alterações de curto prazo, que envolvem respostas fisiológicas relacionadas à regulação estomática; II) aclimatação à disponibilidade de água, promovendo o acúmulo de soluto resultante por meio da adequação do potencial osmótico e de alterações morfológicas; III) adaptação às

condições de estresse hídrico, mediante a sofisticação de mecanismos fisiológicos e variações na anatomia. O aumento da intensidade do déficit hídrico pode afetar intensamente a fotossíntese, tendo como consequência sua inibição ou paralisação completa.

Tais respostas adaptativas variam de acordo com frequência, intensidade e duração do déficit hídrico, com o genótipo, com o estágio de desenvolvimento e com a tolerância ou potencial de aclimatação da espécie (DABBERT e GORE, 2014).

Quando comparado a outras culturas, o algodoeiro apresenta tolerância relativamente alta à seca (ALMEIDA et al., 2017). Plantas de algodoeiro submetidas a déficit hídrico moderado, aprofundam suas raízes à procura de água, ampliando seu sistema radicular (FERNANDES, 2005; LIMA et al., 2018). Entretanto, apesar de ser tolerante à seca, sua produção ainda é vulnerável às alterações por disponibilidade de água. Para alcançar bons resultados, o algodoeiro precisa no mínimo de 400 a 500 mm de água durante o crescimento (CORDÃO SOBRINHO et al., 2015; MONCADA, 2020).

De acordo com Soares et al. (2020), o déficit hídrico é um dos principais estresses abióticos, pois afeta a produtividade. As fases de florescimento e enchimento das maçãs são as mais sensíveis ao estresse hídrico, causando maiores danos na produtividade e afetando significativamente a qualidade da fibra. A planta reduz o crescimento celular e aborta os frutos mais jovens (YEATES, 2014).

O metabolismo fotossintético do algodoeiro é do tipo C3, apresentando alta taxa de fotorrespiração, que dependendo do ambiente pode ultrapassar 40 % da fotossíntese bruta. A exposição a muita luminosidade e altas temperaturas promove mais fotorrespiração na planta, visto que a enzima responsável pela fixação de CO₂, ribulose-1,5-bisfosfato carboxilase oxigenase, tem alta afinidade a O₂ e libera CO₂ para o meio, o que leva a desassimilação de carbono e consequentemente redução da fotossíntese líquida (BELTRÃO, 2007; SANTOS JÚNIOR et al., 2018).

O estresse por escassez hídrica, no algodoeiro, reduz a assimilação de carbono inibindo a produção de carboidratos e reduzindo, consequentemente, a translocação de assimilados para órgãos reprodutivos. Tais eventos promovem a abscisão das estruturas reprodutivas e a redução do tamanho dos capulhos (KHAN et al., 2018). Interferindo na produção em caroço, na quantidade de fibra (PASSOS et al., 1987; BATISTA et al., 2010; ALMEIDA et al., 2017) e reduzindo a produtividade (ALMEIDA et al., 2017; KHAN et al., 2018). Nesse contexto, alguns pesquisadores como Brito et al. (2011) e Wen et al. (2013), apontaram que o déficit hídrico no algodão tem influência direta na produtividade, na porcentagem e na qualidade da fibra.

Liang et al. (2021) apontaram que a queda no rendimento do algodão é causada principalmente pela diminuição no número de capulhos nas plantas expostas ao estresse hídrico. Considerando que o número de capulhos por planta e o peso único de um capulho são fatores importantíssimos para determinar a produtividade do algodoeiro, os autores verificaram que sob estresse hídrico o número de capulho por planta diminui rapidamente enquanto o peso único de um capulho diminui em proporção muito menor.

O déficit hídrico prolongado reduz o rendimento da fibra, bem como, eleva o índice de micronaire, podendo impedir o produtor de alcançar os padrões mínimos de qualidade exigidos pela indústria afetando seu rendimento econômico (BALLESTER et al., 2019). Variações ambientais podem afetar também a resistência da fibra (BELTRÃO et al., 2008b). Dessa forma, os atributos da fibra dependentes do acúmulo de fotossintatos nas paredes celulares são mais sensíveis a mudanças ambientais (LOKHANDE e REDDY, 2014).

O período entre o florescimento e a colheita é o mais sensível às variações climáticas, pois as condições ambientais interferem diretamente na qualidade da fibra (SANTANA et al., 2008). Temperaturas altas e baixas inibem a síntese de celulose, reduzindo a qualidade da fibra (ROBERTS et al. 1992; LOKHANDE e REDDY, 2014).

Quando se trata de escassez hídrica no algodoeiro, as fases de floração e frutificação são consideradas as mais sensíveis (ZOU et al., 2020), pois o estresse nessas fases promove a queda de estruturas reprodutivas, diminuindo o crescimento e a produtividade e afetando a qualidade da fibra (BELTRÃO et al., 2001; BEZERRA et al., 2010; AQUINO et al., 2012; PEREIRA, 2017). Assim, tais fases correspondem ao período mais importante para a formação da produtividade (ZOU et al., 2020). No primeiro mês de formação das maçãs a falta de água acarreta prejuízos severos, incluindo redução significativa da produtividade, formação de fibras curtas e com micronaire alto (ROSOLEM, 2014).

O déficit hídrico durante a fase de formação do fruto reduz a produtividade, pois a produção de carboidratos diminui e, conseqüentemente, a retenção dos frutos também diminui. Isso ocorre devido à menor quantidade de carboidrato disponível, os frutos (maçãs) mais jovens são abordados para que o carboidrato seja suficiente para atender a demanda dos frutos (maçãs) mais velhos (ECHER, 2014; CARDOSO, 2018). Caso não haja mais frutos jovens para serem abortados, as conseqüências são redução no tamanho do capulho e produção de fibras imaturas (SANTOS JUNIOR et al., 2018).

No Nordeste, a cotonicultura ocorre geralmente em solos com baixa fertilidade e em regiões de clima semiárido, com chuvas irregulares, taxa de evapotranspiração alta. A cultura do algodoeiro destaca-se pela adaptação em ambientes com escassez de água, tal adaptação decorre

de mecanismos fisiológicos (AQUINO et al., 2012), os quais são influenciados geneticamente. A tolerância à seca é apontada como um caráter quantitativo, poligênico (KHAN et al., 2018). Nas condições de estresse hídrico, vários genes são induzidos ou reprimidos, promovendo respostas complexas que vão desde a percepção do estresse até a ativação das estratégias adaptativas (SHINOZAKI e YAMAGUCHI-SHINOZAKI, 2007; FERRÃO et al., 2016).

Alguns genótipos apresentam resistência quando expostos a condições de estresse. Isso mostra que existe uma base genética favorável à tolerância ao estresse hídrico, que é passada ao longo de gerações, produzindo cultivares mais adaptadas à escassez hídrica (BRITO et al., 2011; RODRIGUES et al., 2016; GOMES, 2019). Dessa forma, a identificação e seleção de genótipos do algodoeiro tolerantes ao estresse hídrico é de extrema relevância (LIMA et al., 2018), pois permite obter boa produtividade e retornos econômicos em condições semiáridas (VASCONCELOS, 2016).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Local do experimento

A pesquisa foi conduzida na Estação Experimental da Empresa Paraibana de Pesquisa, Extensão Rural e Regularização Fundiária (Empaer), nos anos de 2021 e 2022, no período de abril a setembro de 2021 e de abril a outubro de 2022, em Alagoinha - PB. O município está localizado na Mesorregião do Agreste Paraibano, Microrregião de Guarabira (IBGE, 2020). A estação possui altitude aproximada de 133 m e as seguintes coordenadas: Latitude Sul 6° 57' 00" e Longitude 35° 32' 42", a Oeste de Greenwich. De acordo com a classificação do Köppen, o clima da região é do tipo As' (quente e úmido) e o período chuvoso tem início entre fevereiro e março, podendo estender-se até agosto. A temperatura média anual é 24°C, com umidade relativa do ar de aproximadamente 25% (SILVA JÚNIOR, 2020) e precipitação média anual 795,0 mm (SARAIVA et al., 2020).

Durante a condução do experimento, a precipitação foi de 374,9 mm no ano de 2021 e de 796 mm no ano de 2022, conforme apresentado nas Figuras 4 e 5. O ano de 2021 apresentou precipitação pluvial muito baixa durante a condução do experimento, situação mais próxima da realidade da nossa região. Entretanto, a precipitação de 2021 foi muito inferior a precipitação esperada e a de 2022 foi superior ao previsto. O ano de 2022 apresentou mais que o dobro de chuva do ano anterior, situação que não acontece frequentemente. De acordo com dados apresentados por Saraiva et al. (2020), coletados na AESA/PB, a precipitação média mensal para os meses de condução do experimento é de aproximadamente ABR (120 mm), MAI (95 mm), JUN (110 mm), JUL (90 mm), AGO (60 mm), SET (30 mm), OUT (13 mm), totalizando 518mm durante esse período.

O solo da área foi classificado segundo Embrapa (2006) como terra roxa estruturada eutrófica, atualmente reclassificado como Nitossolo (EMBRAPA, 2013). Os dados sobre análise de solo são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1: Características físico-químicas do solo da área experimental. Alagoinha - PB, 2022.

Análise de fertilidade do solo												
H₂O	Complexo Sortivo (mmolc/dm³)							%	mmolc/dm³	mg/dm³	g/kg	
(1:2,5)	pH	Ca⁺²	Mg⁺²	Na⁺	K⁺	S	H+Al	T	V	Al⁺³	P	M.O.
	5,5	35,6	11,5	0,3	2,7	50,1	32,2	82,3	60,9	0,0	1,5	12,7

Fonte: Laboratório de Solos e Nutrição de Plantas (Embrapa).

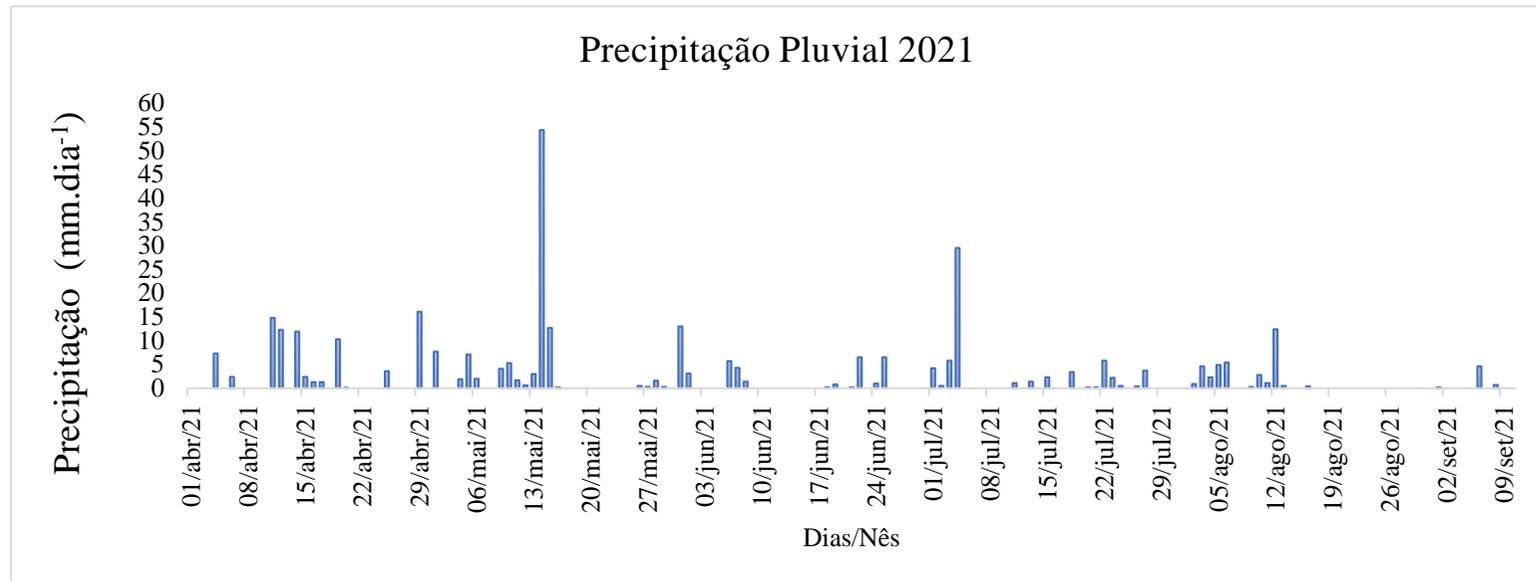


Figura 4: Precipitação pluviométrica durante condução do experimento em 2021.

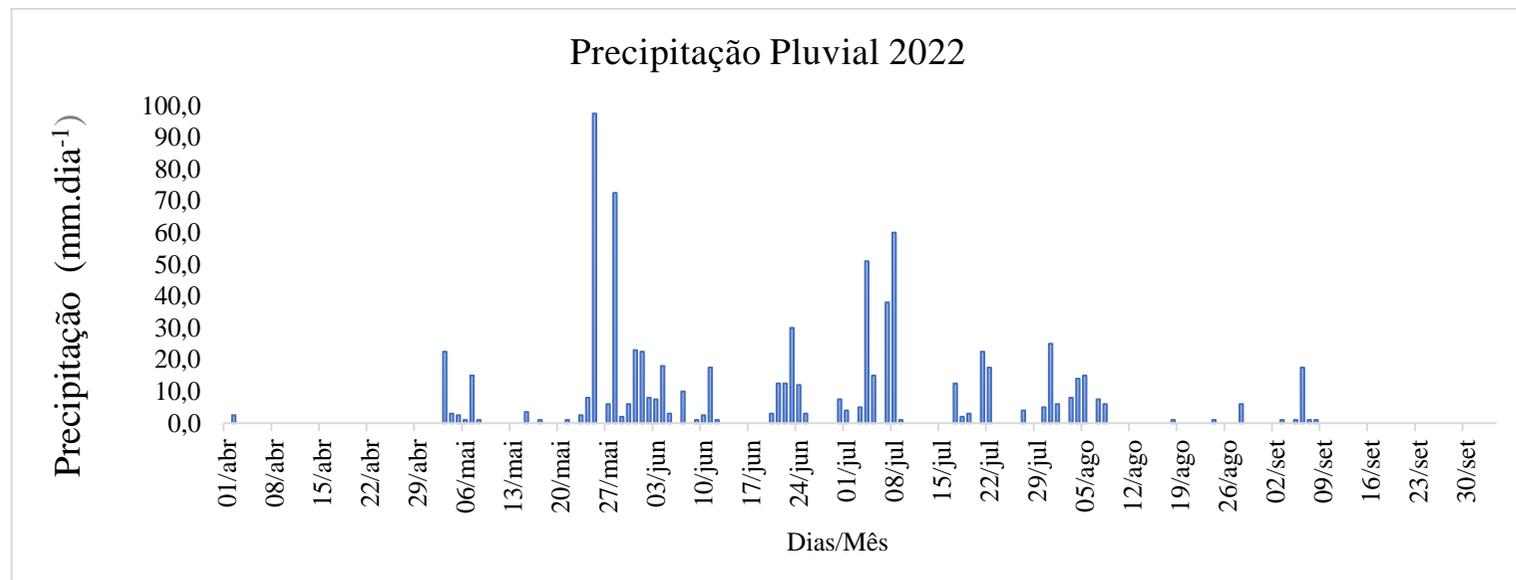


Figura 5: Precipitação pluviométrica durante condução do experimento em 2022.

3.2. Genótipos

Foram avaliados vinte genótipos (1 testemunha e 19 linhagens) de algodoeiro de fibra branca provenientes do programa de melhoramento genético do algodoeiro da Embrapa Algodão, Campina Grande - PB. A testemunha é uma cultivar convencional já instituída no mercado e foi selecionada por apresentar ótimas características desejadas para condições semiáridas e os demais genótipos são linhagens finais resistentes a seca oriundas de cruzamento dialélico entre algodão mocó e algodão herbáceo.

A cultivar BRS 286 é oriunda do cruzamento biparental entre as variedades CNPAITA90 e CNPA 7H (PEDROSA et al., 2009), apresenta potencial produtivo de 4.874 kg ha⁻¹ (325 @ ha⁻¹) de algodão em caroço e 1.995 kg ha⁻¹ (133 @ ha⁻¹) de algodão em pluma, com rendimento de fibra acima de 40%, porte médio a baixo, colheita ocorre entre 140 e 160 dias após a emergência, possuindo adaptação para o cerrado e para o semiárido, em condições de sequeiro ou de irrigação. Comprimento entre 29,1 – 31,3 mm; resistência entre 27,8 – 31,5 gf/tex; índice micronaire entre 3,9 – 4,5%; índice de fibras curtas entre 5,5 – 6,0% (EMBRAPA, 2008).

Os genótipos utilizados encontram-se listados na Tabela 2.

Tabela 2: Exposição dos vinte genótipos do algodoeiro avaliados no experimento de campo conduzido no município de Alagoinha – PB nos anos de 2021 e 2022 para avaliação da tolerância à seca.

Tratamento	Genótipo
1	CNPA SA 2019 – 176
2	CNPA SA 2019 – 190
3	CNPA SA 2019 – 204
4	CNPA SA 2019 – 158
5	CNPA SA 2019 – 183
6	CNPA SA 2019 – 115
7	CNPA SA 2019 – 185
8	CNPA SA 2019 – 113
9	CNPA SA 2019 – 165
10	CNPA SA 2019 – 186
11	CNPA SA 2019 – 179
12	CNPA SA 2019 – 201
13	CNPA SA 2019 – 106
14	CNPA SA 2019 – 109
15	CNPA SA 2019 – 170
16	CNPA SA 2019 – 206
17	CNPA SA 2019 – 73
18	CNPA SA 2019 – 48
19	CNPA SA 2019 – 180
20	BRS 286 ^(T)

^(T)Testemunha

3.3. Descrição do experimento

O experimento foi desenvolvido em delineamento em blocos casualizados (DBC), em arranjo fatorial duplo 20 x 2 (genótipos x anos), com 4 repetições. O fator genótipo corresponde aos 20 genótipos avaliados e o fator ano corresponde aos anos de 2021 e 2022. O plantio foi realizado de forma manual (Figura 6) em 14 de abril de 2021 e em 27 de abril de 2022. A parcela experimental foi composta por duas fileiras de 5 m linear de comprimento, com espaçamento de 0,80m entre linhas, totalizando área útil de 8 m², composta por 7 plantas por metro linear que corresponde a densidade populacional de 70 plantas/parcela. Em 2021, a germinação teve início em 19 de abril e em 2022 em 02 de maio. Em 2021, a colheita manual ocorreu 10 de setembro e em 2022 em 4 de outubro.



Figura 6: Riscando as linhas para o plantio (A), plantio manual do algodão (B) e visão geral do experimento (C).

Fonte: Autora.

O experimento foi conduzido em regime de sequeiro e seguindo as recomendações de manejo e adubação para o cultivo do algodão recomendadas pela Embrapa Algodão, tomando como base a análise de solo local. Foram realizados tratamentos culturais e convencionais conforme a demanda da cultura ao longo do experimento, para evitar aparecimento de plantas daninhas e pragas, utilizando herbicidas e pesticidas.

Para o preparo do solo antes do plantio foi realizada a subsolagem com o objetivo de descompactar o solo e melhorar a infiltração. Primeiro foi utilizada a grade aradora e posteriormente a niveladora. Para adubação de fundação foram utilizadas 2 toneladas de calcário dolomítico PRNT 90%. Também foram utilizados 260 kg ha⁻¹ de fertilizante NPK, o qual continha os nutrientes nitrogênio (N), fósforo (P₂O₅) e potássio (K₂O) na proporção 5-40-10, respectivamente. A adubação foi aplicada após a área ser riscada para o plantio. Imediatamente após o plantio foram aplicados herbicidas para o controle de plantas daninhas. O Herbadox, o Diuron, o Dual e o Shadow foram aplicados em pré-emergência da planta daninha e da cultura. O volume de calda aplicado foi 200 l ha⁻¹ composto com as respectivas dosagens 2 l ha⁻¹; 1,2 l ha⁻¹, 0,6 l ha⁻¹ e 0,3 l ha⁻¹.



Figura 7: Coleta das amostras padrão (A), visão geral do experimento com capulhos abertos (B) e (C).

Fonte: Autora.

A adubação de cobertura foi realizada a partir do surgimento dos primeiros botões florais, utilizando NPK na proporção de 20-0-30, respectivamente, para cada 100 kg, ao total, foram utilizadas 200 kg ha⁻¹. Para controle do crescimento vegetativo da planta foi utilizado o regulador de crescimento Pix hc (150 ml ha⁻¹) e Tuval (3 l ha⁻¹) de acordo com a demanda. Para controle de plantas daninhas foram aplicados os herbicidas Envoke (6 g ha⁻¹) e Staple (300 ml ha⁻¹) em pós emergência. Para combater a *Ramularia areola* (ramulária) foi utilizado o fungicida Ativum (100

ml ha⁻¹). Para o controle de pragas foram feitas aplicações com: bulldock (100 ml ha⁻¹), Nomolt (50 ml ha⁻¹), Lannate (1,5 l ha⁻¹), Actara (150 g ha⁻¹), Malathion (2 l ha⁻¹) e Harate zeon (300 ml ha⁻¹).

3.4. Características avaliadas

3.4.1. Características agronômicas

- **Produtividade de algodão em caroço - PROD (kg ha⁻¹):** obtido através da transformação do peso do algodão em caroço obtido da parcela útil em gramas e convertido em quilogramas por hectare.
- **Produtividade de algodão em fibra - PRODF (kg ha⁻¹):** obtido pelo produto da produtividade do algodão em caroço pela respectiva porcentagem de fibra.
- **Porcentagem de fibras - PF (%):** obtido pela relação entre o peso de fibra da amostra padrão em cada parcela útil pelo peso total da amostra padrão.

3.4.2. Características de fibra

- **Comprimento de fibra (UHM - mm);**
- **Uniformidade de fibra (UNF %);**
- **Índice de fibras curtas (%SFI);**
- **Resistência (STR- gf/tex);**
- **Alongamento à ruptura (ELG %);**
- **Índice de micronaire (MIC);**
- **Índice de fiabilidade (CSP).**

Os dados sobre as características da fibra do algodão e de algumas características agronômicas foram obtidos através do equipamento HVI (High Volume Instruments) - Uster HVI modelo 1000, no Laboratório de Fibras e Fios da Embrapa, Campina Grande/PB. Para a análise, foram coletadas amostras padrão de todas as parcelas. Cada amostra por parcela contendo 20 capulhos.

3.5. Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos a análise estatística por meio da análise de variância (ANOVA) e as médias dos tratamentos foram analisadas pelo teste de agrupamento de médias de Scott – Knott (1974) a um nível de 5% de probabilidade, através do programa computacional GENES, versão 1990.2022.27 (CRUZ, 2013). Antes da Anova foi realizado o teste de normalidade Lilliefors. Foram realizadas análises individuais e conjuntas, de acordo com modelos propostos por Cruz et al. (2012), descritos abaixo.

3.5.1. Análise de variância individual

Tabela 3: Esquema da análise de variância individual segundo Cruz et al (2012).

FV	GL	SQ	QM	F	E(QM)
Blocos	b - 1	SQB	QMB	QMB/QMR	$\sigma^2 + g\sigma_b^2$
Tratamentos	g - 1	SQT	QMT	QMT/QMR	$\sigma^2 + r \phi_g$
Resíduo	(b - 1)(g - 1)	SQR	QMR		σ^2
Total	(b*g)-1	SQT _o			

Onde:

σ^2 : variância residual /variância ambiental;

g: genótipos;

σ_b^2 : variância do bloco;

r: repetição/bloco;

ϕ_g : Variabilidade genotípica.

Modelo estatístico:

$$Y_{ij} = \mu + G_i + B_j + \varepsilon_{ij}$$

onde:

Y_{ij} : observação obtida na parcela com o i-ésimo genótipo no j-ésimo bloco;

μ : média geral;

G_i : efeito do i-ésimo genótipo;

B_j : efeito do j-ésimo bloco;

ε_{ij} : efeito do erro experimental associado à observação de ordem ij.

3.5.2. Análise de variância conjunta

Tabela 4: Esquema da análise de variância conjunta G (fixo) x A (fixo) segundo Cruz et al (2012).

FV	GL	SQ	QM	F	E(QM)
Blocos/Ambientes	a (b - 1)	SQB	QMB		$\sigma^2 + g\sigma_b^2$
Ambiente (A)	a - 1	SQA	QMA	QMA/QMB	$\sigma^2 + g\sigma_b^2 + gr\Phi_a$
Genótipo (G)	g - 1	SQG	QMG	QMG/QMR	$\sigma^2 + ar\Phi_g$
G x A	(g - 1)(a - 1)	SQGA	QMGA	QMGA/QMR	$\sigma^2 + r\Phi_{ga}$
Resíduo	(b-1)(g-1) a	SQR	QMR		σ^2
Total	(b*g)-1	SQT _o			

Onde:

σ^2 : variância residual /variância ambiental;

g: genótipos;

σ_b^2 : variância do blocos;

r: repetição/bloco;

Φ_a : Variabilidade ambiental;

a: ambiente (ano);

Φ_g : Variabilidade genotípica;

Φ_{ga} : Variabilidade da interação GxA.

Modelo estatístico:

$$Y_{ijk} = \mu + (B/A)_{jk} + G_i + A_k + GA_{ik} + \varepsilon_{ijk}$$

onde:

Y_{ijk} : observação no i-ésimo genótipo, avaliado no j-ésimo bloco, dentro do k-ésimo ano;

μ : média geral do ensaio;

$(B/A)_{jk}$: efeito do bloco j dentro do ambiente k;

G_i : efeito do genótipo i;

A_k : efeito do ambiente/ano k;

\mathbf{GA}_{ik} : efeito da interação entre o genótipo i e o ambiente k ;

ε_{ij} : erro experimental associado à observação Y_{ijk} .

Para a realização da análise conjunta, avaliou-se a relação entre o maior e o menor quadrado médio resíduo cujo os valores encontrados foram menores que 7, permitindo a realização da análise conjunta e apontando homogeneidade das variâncias residuais (GOMES, 2000).

Foi utilizado genótipo e ambiente (ano) com efeito fixo, pois os anos são muito discrepantes e atípicos, não representando diretamente a precipitação pluvial que geralmente ocorre no local. As linhagens avaliadas são descendentes de híbridos de algodão mocó e herbáceo. Geralmente, os anos apresentam uma precipitação intermediária entre as que ocorreram nos dois anos avaliados. De acordo com Cruz et al. (2012), o efeito fixo é considerado quando as conclusões são válidas apenas para aqueles materiais e anos.

Foram avaliados os seguintes parâmetros fenotípicos e genéticos, conforme (VENCOVSKY e BARRIGA, 1992; CRUZ et al., 2012; RAMALHO et al., 2012):

- Componente de Variância Fenotípica: $\sigma_f^2 = \frac{QM}{j}$ onde $QM(t)$ é o quadrado médio do tratamento e j o número de blocos.
- Componente Quadrático genotípico: $\phi_g = \frac{QMT - QMR}{j}$ onde, o QMT é o quadrado médio do tratamento, QMR é o quadrado médio do erro (ambiental) e j o número de blocos. O ϕ_g expressa a variabilidade genotípica.
- Coeficiente de Determinação Genotípico: $CDG = \frac{\phi_g}{\sigma_f^2} \times 100$ onde, ϕ_g é a variância genética e σ_f^2 é a variância fenotípica. O CDG é um parâmetro semelhante a Herdabilidade.
- Coeficiente de Variabilidade Genética: $CV_g = \frac{\phi_g}{m} \times 100$ onde, ϕ_g é a variância genética e m a média dos tratamentos.
- Coeficiente de Variabilidade Ambiental: $CV_a = \frac{\sigma_e^2}{m} \times 100$ onde, σ_e^2 é a variância ambiental e m a média dos tratamentos.
- Coeficiente de Variação Relativa: $CVR_a = \frac{CV_g}{CV_a} \times 100$ onde, CV_g é o Coeficiente de Variância Genética e o CV_a é o Coeficiente de Variância Ambiental.
- Ganho de Seleção: $GS = \phi_g \cdot DS$ onde, DS é o diferencial de seleção.

O índice de seleção proposto por Mulamba e Mock (1978), também chamado de índice da soma de postos ou rank, foi utilizado para classificar os genótipos em relação a múltiplos

caracteres. Foi utilizada intensidade de seleção de 25%. Este índice utiliza as médias fenotípicas e atribui pesos econômicos aos caracteres estudados. O índice de Mulamba e Mock (1978) representa a transformação das médias fenotípicas em postos ou ranks para cada característica, de modo que organiza os genótipos conferindo os maiores valores aos genótipos de melhor desempenho. Posteriormente, soma-se os valores (Posição) atribuídos a cada característica do genótipo resultando no índice de seleção. Os melhores genótipos são aqueles que apresentam os menores valores. Os pesos econômicos para ranquear cada caractere pode variar de acordo com o interesse do melhorista (CRUZ et al., 2014; RAMALHO et al., 2012).

$$I_{MM}(i) = \sum_{k=1}^n u_k r_{jk} = u_1 r_{i1} + u_2 r_{i2} + \dots + u_n r_{in}$$

Onde:

$I_{MM}(i)$: Valor do índice de Mulamba e Mock associado ao genótipo i ;

u_k : Peso econômico do caráter k ;

r_{ik} : Posto associado à média fenotípica ajustada do genótipo i relativo ao caráter k .

A razão (CV_g/CV_a) é um indicativo do grau de facilidade de seleção para cada caráter. Quando a razão for igual ou maior que um indica situação favorável para seleção, ou seja, a variação genética existente é a maior responsável pelas variações estimadas (CRUZ; CARNEIRO; REGAZZI, 2012).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Análise de Variância e teste de agrupamento de médias individuais

Os resultados da análise de variância individual do ano 2021 estão dispostos na Tabela 5. Observa-se efeito significativo para praticamente todas as características avaliadas na fonte de variação genótipo, indicando variabilidade entre os materiais, exceto para SFI. Obteve-se média para PROD de 2579,02 kg ha⁻¹ e para PRODF de 899,28 kg ha⁻¹. Praticamente todas as características de fibra apresentaram médias que atendem as exigências do mercado, exceto %FIB e ELG. Os coeficientes de variação para todas as características expressam boa precisão experimental.

Tabela 5: Análise de variância individual para as 10 características avaliadas em linhagens de algodoeiro submetidas a condição de sequeiro. Alagoinha - PB, 2021.

QUADRADO MÉDIO - ANO 2021											
FV	GL	PROD	PRODF	%FIB	UHM	UNF	SFI	STR	ELG	MIC	CSP
Bloco	3	219309,29	20228,58	1,54	1,48	0,61	0,03	2,02	0,04	0,02	50968,43
Genótipo	19	250385,41**	44657,63**	19,92**	7,38**	3,14*	0,49	5,74**	1,41**	0,16**	192118,84**
Resíduo	57	74099,86	9698,60	0,81	0,75	1,47	0,31	1,21	0,21	0,01	37660,17
Média		2579,02	899,28	34,86	30,23	85,92	6,57	34,63	5,84	4,17	3270,84
CV (%)		10,56	10,95	2,58	2,86	1,41	8,50	3,18	7,82	2,60	5,93

Produtividade de algodão em caroço - PROD (kg ha⁻¹), Produtividade de algodão em fibra - PRODF (kg ha⁻¹), Porcentagem de fibras - %FIB (%), Comprimento de fibra - UHM (mm), Uniformidade de fibra - UNF(%), Índice de fibras curtas - SFI (%), Resistência - STR (gf/tex), Alongamento à ruptura - ELG (%), Índice de micronaire (MIC), Índice de fiabilidade (CSP), ** e * significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F, CV (%) - Coeficiente de variação.

O teste de agrupamento de médias Scoot-Knott (1974) referente ao ano de 2021 está descrito na Tabela 6. As linhagens CNPA SA 2019 - 204, CNPA SA 2019 - 115, CNPA SA 2019 - 165, CNPA SA 2019 - 179, CNPA SA 2019 - 106, CNPA SA 2019 - 48, CNPA SA 2019 - 180, BRS 286 se destacaram no ano de 2021, por apresentarem as melhores médias para PROD e PRODF além de atenderem as exigências da indústria têxtil para a maioria das características de qualidade de fibra.

Tabela 6: Agrupamento de médias pelo teste de Scott-Knott (1974) para os caracteres agrônômicos e de qualidade de fibra das linhagens de algodoeiro avaliadas em condições de sequeiro. Alagoinha - PB, 2021.

	Linhagens	PROD	PRODF	%FIB	UHM	UNF	SFI	STR	ELG	MIC	CSP
1	CNPA SA 2019 – 176	2428,13b	867,21b	35,69b	27,67d	84,85b	7,10a	32,19b	7,17a	4,40a	2829,80b
2	CNPA SA 2019 – 190	2592,81b	872,99b	33,67c	29,45c	85,66b	6,47a	34,33b	6,46b	4,14b	3200,69b
3	CNPA SA 2019 – 204	2900a	973,91a	33,62c	31,40b	86,38a	6,12a	36,29a	5,39d	4,18b	3475,05a
4	CNPA SA 2019 – 158	2362,50b	773,51b	32,74d	33,74a	87,46a	5,84a	37,18a	4,84e	4,44a	3716,10a
5	CNPA SA 2019 – 183	2231,25b	834,46b	37,41a	29,54c	86,48a	6,32a	33,40b	5,89c	4,31a	3186,17b
6	CNPA SA 2019 – 115	2965,63a	1090,13a	36,81a	31,52b	87,06a	6,15a	35,33a	4,84e	4,32a	3463,96a
7	CNPA SA 2019 – 185	2181,25b	768,25b	35,21b	31,35b	86,01a	6,40a	36,22a	5,43d	4,20b	3424,51a
8	CNPA SA 2019 – 113	2265,63b	869,83b	38,48a	28,91c	84,83b	6,95a	33,85b	5,42d	4,13b	3049,62b
9	CNPA SA 2019 – 165	2815,63a	1049,10a	37,25a	28,91c	85,21b	6,94a	33,80b	5,77d	4,45a	3015,44b
10	CNPA SA 2019 – 186	2581,25b	893,46b	34,66c	29,26c	84,02b	6,96a	33,93b	5,91c	4,23b	2970,22b
11	CNPA SA 2019 – 179	2840,63a	916,98b	32,27d	30,04c	86,25a	6,56a	34,38b	6,19c	3,66e	3388,05a
12	CNPA SA 2019 – 201	2503,13b	854,85b	34,16c	29,90c	86,68a	6,79a	34,70b	6,08c	3,87d	3404,51a
13	CNPA SA 2019 – 106	2868,75a	1050,84a	36,63a	29,64c	85,03b	6,93a	34,17b	5,29d	4,38a	3073,14b
14	CNPA SA 2019 – 109	2450b	918,53b	37,47a	29,36c	86,04a	6,68a	33,78b	5,59d	4,32a	3160,80b
15	CNPA SA 2019 – 170	2393,75b	754,39b	31,17d	31,15b	87,32a	6,17a	34,89a	6,42b	4,09c	3493,93a
16	CNPA SA 2019 – 206	2381,25b	787,48b	33,09c	30,55b	86,00a	6,50a	35,05a	6,03c	3,91d	3375,37a
17	CNPA SA 2019 – 73	2490,63b	786,49b	31,62d	30,84b	85,85a	6,48a	34,48b	5,65d	4,04c	3312,91a
18	CNPA SA 2019 – 48	2706,25a	872,55b	32,27d	31,97b	85,66b	6,41a	35,93a	5,44d	4,15b	3414,00a
19	CNPA SA 2019 – 180	2975a	1067,36a	35,95b	29,41c	85,26b	7,03a	33,25b	6,49b	4,04c	3105,48b
20	BRS 286	2646,88a	983,34a	37,08a	29,99c	86,41a	6,62a	35,53a	6,56b	4,18b	3357,13a

Produtividade de algodão em caroço - PROD (kg ha⁻¹), Produtividade de algodão em fibra - PRODF (kg ha⁻¹), Porcentagem de fibras - %FIB (%), Comprimento de fibra (UHM - mm), Uniformidade de fibra (UNF - %), Índice de fibras curtas (SFI - %), Resistência (STR-gf/tex), Alongamento à ruptura (ELG - %), Índice de micronaire (MIC), Índice de fiabilidade (CSP). Médias seguidas de mesma letra na coluna pertencem ao mesmo grupo, segundo o teste de Scott-Knott (1974).

De modo geral, os valores obtidos para PROD variaram entre 2181,25 kg ha⁻¹ e 2975 kg ha⁻¹. Para PRODF as médias variaram entre 754,39 kg ha⁻¹ e 1090,13 kg ha⁻¹. Almeida et al. (2017) analisaram as consequências de períodos de déficit hídrico em diferentes fases fenológicas e relatou que o déficit hídrico nas fases de botão floral e flor afetaram a produtividade das cultivares, além disso, a cultivar BRS 286 teve produtividade reduzida com déficit hídrico em diferentes fases fenológicas. Em sua pesquisa, os valores de PROD não ultrapassaram 2122,91 kg ha⁻¹.

Vale ressaltar que o ano de 2021 apresentou precipitação pluviométrica muito abaixo da média, com maior pico de chuva na fase de botão floral, início da floração e início da frutificação, com disponibilidade hídrica durante todo o ciclo da planta muito inferior à sua demanda. Diante disso, há indícios de que os materiais que obtiveram destaque nessas condições podem apresentar tolerância à seca. Entretanto, são necessários estudos mais aprofundados para avaliar tal condição.

Os resultados da análise de variância individual do ano 2022 (Tabela 7) demonstram efeito significativo para a fonte de variação genótipo em todas as características avaliadas. Para PROD a média encontrada foi de 3995,51 kg ha⁻¹ e para PRODF foi de 1456,91 kg ha⁻¹. Praticamente todas as características de fibra atendem as exigências da indústria têxtil, exceto %FIB e ELG, assim como no ano de 2021.

Tabela 7: Análise de variância individual para as 10 características avaliadas em linhagens de algodoeiro submetidas a condição de sequeiro. Alagoinha - PB, 2022.

QUADRADO MÉDIO - ANO 2022												
FV	GL	PROD	PRODF	%FIB	UHM	UNF	SFI	STR	ELG	MIC	CSP	
Bloco	3	167168,75	24694,68	3,43	0,96	0,69	0,13	1,53	0,13	0,05	29252,12	
Genótipo	19	2054742,90**	364171,35**	52,25**	8,22**	4,40**	0,98**	17,77**	1,56**	0,57**	265130,51**	
Resíduo	57	496966,64	71714,45	1,73	0,81	1,22	0,25	2,74	0,17	0,04	29268,46	
Média		3995,51	1456,91	36,56	31,23	85,78	6,80	32,74	5,17	3,88	3259,63	
CV (%)		17,64	18,38	3,60	2,88	1,29	7,37	5,06	7,95	5,29	5,25	

Produtividade de algodão em caroço - PROD (kg ha⁻¹), Produtividade de algodão em fibra - PRODF (kg ha⁻¹), Porcentagem de fibras - %FIB (%), Comprimento de fibra - UHM (mm), Uniformidade de fibra - UNF (%), Índice de fibras curtas - SFI (%), Resistência - STR (gf/tex), Alongamento à ruptura - ELG (%), Índice de micronaire (MIC), Índice de fiabilidade (CSP), ** e * significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F, CV (%) - Coeficiente de variação.

O teste de agrupamento de médias Scoot-Knott (1974) referente ao ano de 2022 está disposto na Tabela 8. As linhagens com maior destaque por apresentarem as melhores médias para PROD e PRODF além de atenderem as exigências da indústria têxtil para a maioria das características de qualidade de fibra são: CNPA SA 2019 – 185, CNPA SA 2019 – 186, CNPA SA 2019 – 179, BRS 286.

Os valores encontrados para PROD variaram entre 2745,83 kg ha⁻¹ e 5698,33 kg ha⁻¹. Para PRODF os valores variaram entre 1027,75 kg ha⁻¹ e 2098,51 kg ha⁻¹. A precipitação pluviométrica durante o ano de 2022 atendeu a demanda da cultura, isso pode explicar os valores satisfatórios para PROD e PRODF. Lima et al. (2019) avaliou cultivares de algodoeiro em condições de sequeiro no município de Quixeramobim-CE e encontrou valores de PROD entre 1993,10 kg ha⁻¹ e 2450 kg ha⁻¹.

Tabela 8: Agrupamento de médias pelo teste de Scott-Knott (1974) para os caracteres agrônômicos e de qualidade de fibra das linhagens de algodoeiro avaliadas em condições de sequeiro. Alagoinha - PB, 2022.

	Linhagens	PROD	PRODF	%FIB	UHM	UNF	SFI	STR	ELG	MIC	CSP
1	CNPA SA 2019 – 176	2745,83b	1027,76c	37,79b	27,59e	84,36b	7,63a	28,54c	5,18b	3,83b	2684,76f
2	CNPA SA 2019 – 190	3858,33b	1388,89b	36,21c	30,74d	85,78b	6,64b	31,43b	5,44b	3,64c	3210,85d
3	CNPA SA 2019 – 204	4316,67b	1517,16b	35,32d	33,23b	86,72a	6,05c	35,32a	4,55c	3,92b	3605,98b
4	CNPA SA 2019 – 158	3909,17b	1361,36b	34,94d	34,68a	87,90a	5,62c	37,36a	4,26c	4,16b	3872,49a
5	CNPA SA 2019 – 183	4033,33b	1563,89b	39,73a	29,29d	84,46b	7,54a	31,19b	5,36b	3,80b	2946,44e
6	CNPA SA 2019 – 115	4006,25b	1524,67b	38,08b	31,41c	87,01a	6,44b	35,20a	4,32c	4,03b	3508,33c
7	CNPA SA 2019 – 185	5125a	1871,73a	37,07c	31,99c	86,70a	6,68b	34,09a	4,65c	3,92b	3466,09c
8	CNPA SA 2019 – 113	3816,67b	1533,22b	39,94a	30,59d	85,69b	6,70b	32,64b	4,97c	3,90b	3206,37d
9	CNPA SA 2019 – 165	3712,50b	1521,04b	41,47a	32,15c	85,23b	6,81b	32,31b	5,56b	4,87a	3012,83e
10	CNPA SA 2019 – 186	5698,33a	2098,51a	37,48c	31,64c	86,45a	6,56b	35,11a	5,17b	4,00b	3462,21c
11	CNPA SA 2019 – 179	4743,75a	1639,09b	34,35d	31,22c	85,20b	6,96b	31,02b	5,21b	3,43c	3195,76d
12	CNPA SA 2019 – 201	3651,25b	1438,00b	39,15b	31,09c	86,74a	6,96b	33,47a	5,40b	4,64a	3228,38d
13	CNPA SA 2019 – 106	3516,67b	1278,90c	36,59c	31,79c	85,58b	6,67b	34,13a	4,69c	3,86b	3355,30c
14	CNPA SA 2019 – 109	3525b	1445,09b	40,96a	30,33d	86,66a	6,73b	33,65a	4,80c	4,09b	3309,21c
15	CNPA SA 2019 – 170	3818,33b	1095,16c	27,89f	30,26d	84,93b	6,61b	32,26b	7,02a	3,88b	3093,59d
16	CNPA SA 2019 – 206	4263,75b	1483,84b	34,77d	31,11c	86,38a	6,86b	31,21b	5,40b	3,38c	3333,59c
17	CNPA SA 2019 – 73	3236,88b	974,84c	30,21e	31,65c	83,52b	7,86a	32,52b	4,64c	3,44c	3131,06d
18	CNPA SA 2019 – 48	3540,63b	1096,91c	31,08e	32,15c	85,60b	6,75b	31,13b	5,37b	3,63c	3252,67d
19	CNPA SA 2019 – 180	3278,13b	1256,13c	38,38b	30,38d	85,48b	6,88b	29,65c	5,80b	3,79b	3022,67e
20	BRS 286	5113,75a	2021,98a	39,79a	31,31c	85,27b	6,93b	32,63b	5,68b	3,47c	3293,94c

Produtividade de algodão em caroço - PROD (kg ha⁻¹), Produtividade de algodão em fibra - PRODF (kg ha⁻¹), Porcentagem de fibras - %FIB (%), Comprimento de fibra (UHM - mm), Uniformidade de fibra (UNF - %), Índice de fibras curtas (SFI - %), Resistência (STR-gf/tex), Alongamento à ruptura (ELG - %), Índice de micronaire (MIC), Índice de fiabilidade (CSP). Médias seguidas de mesma letra na coluna pertencem ao mesmo grupo, segundo o teste de Scott-Knott (1974).

4.2. Análise de variância conjunta

Os resultados da análise de variância conjunta (Tabela 9) demonstram efeito significativo ($p \leq 0,05$) para a fonte de variação genótipo em relação a todos os caracteres avaliados, indicando que pelo menos um dos genótipos avaliados difere estatisticamente dos demais e que há presença de variabilidade que pode ser explorada no programa de melhoramento do algodoeiro. Para Anos, houve efeito significativo para todas as características, exceto UNF e CSP demonstrando que os dois anos foram muito contrastantes. Já a interação GxA não apresentou significância apenas para SFI, as demais características apresentaram diferença significativa indicando comportamento diferenciado dos genótipos em função da mudança de ambiente, apontando a necessidade de estudos posteriores de adaptabilidade e estabilidade (SILVA, 2019).

Os coeficientes de variação (CVs) variam entre 1,35% para UNF e 21,55% para PRODF. De acordo com Gomes (1990), o coeficiente de variação inferior a 10% é considerado baixo, entre 10% e 20% é considerado médio, entre 20% e 30% alto e acima de 30% muito alto. O CV inferior a 20% aponta boa precisão experimental. Assim, o CV apresentado na pesquisa, como evidenciado na Tabela 9, foi considerado alto apenas para PRODF (21,55%), médio apenas para PROD (16,26%) e baixo para as demais características. Segundo Carvalho et al. (2016) tais resultados são esperados, pois PROD e PRODF (obtido pelo produto da produtividade do algodão em caroço pela respectiva porcentagem de fibra) são características quantitativas e conseqüentemente muito influenciadas pelo ambiente. Em seu trabalho realizado em regiões semiáridas para selecionar genótipos com maior adaptabilidade e estabilidade produtiva, os autores encontraram valores semelhantes, com CV para PROD de 21,97%. Queiroz (2017) avaliou genótipos de algodoeiro em condições semiáridas e obteve valores de CV de 20,51 para PROD e 21,14 para PRODF. Ribeiro et al. (2018) encontraram valor semelhante ao do presente trabalho para CV de PROD (16,29%).

Como pode ser observado na Tabela 9, os coeficientes de determinação genotípico (CDG) variaram entre 72,15% (UNF) e 98,04% (%FIB). As características com menores valores para CDG foram UNF (72,15%), SFI (73,33%), PROD (74,13%) e PRODF (81,80%) enquanto as demais características expressaram CDG acima de 89%.

Tabela 9: Análise de variância conjunta e das estimativas dos parâmetros genéticos e fenotípicos para as 10 características avaliadas em linhagens de algodoeiro submetidas a condição de sequeiro. Alagoíinha - PB, 2021 e 2022.

FV	GL	QUADRADO MÉDIO									
		PROD	PRODF	%FIB	UHM	UNF	SFI	STR	ELG	MIC	CSP
Bloco/Ano (B/A)	6	193239,02	22461,63	2,49	1,22	0,65	0,08	1,76	0,09	0,03	40110,28
Genótipo (G)	19	1103653,09**	223646,23**	64,70**	13,68**	4,83**	1,05**	18,42**	2,49**	0,49**	374130,23**
Anos (A)	1	80258299,79**	12437885,01**	114,86**	39,94**	0,78	2,03**	142,92**	17,68**	3,30**	5034,24
Genótipo x Ano (GxA)	19	1201475,23**	185182,75**	7,48**	1,92**	2,71*	0,42	5,10**	0,48**	0,24**	83119,12**
Resíduo	114	285533,25	64451,99	1,27	0,78	1,34	0,28	1,98	0,19	0,03	33464,32
Média		3287,26	1178,09	35,71	30,73	85,85	6,68	33,69	5,50	4,03	3265,23
CV (%)		16,26	21,55	3,16	2,87	1,35	7,93	4,18	7,89	4,08	5,60
PARÂMETROS GENÉTICOS											
Φ_g		102264,98	19899,28	7,93	1,61	0,44	0,10	2,05	0,29	0,06	42583,24
Φ_{ga}		228985,49	30182,69	1,55	0,29	0,34	0,03	0,78	0,07	0,05	12413,70
CDG(%)		74,13	81,80	98,04	94,32	72,15	73,33	89,26	92,42	94,48	91,06
CV _g (%)		9,73	11,97	7,89	4,13	0,77	4,65	4,26	9,74	5,97	6,32
CV _g /CV _e		0,60	0,56	2,50	1,44	0,57	0,59	1,02	1,23	1,46	1,13

Produtividade de algodão em caroço - PROD (kg ha⁻¹), Produtividade de algodão em fibra - PRODF (kg ha⁻¹), Porcentagem de fibras - %FIB (%), Comprimento de fibra - UHM (mm), Uniformidade de fibra - UNF(%), Índice de fibras curtas - SFI (%), Resistência - STR (gf/tex), Alongamento à ruptura - ELG (%), Índice de micronaire (MIC), Índice de fiabilidade (CSP), ** e * significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F, CV (%) - Coeficiente de variação, Φ_g - Componente quadrático genotípico, Φ_{ga} - Componente quadrático da interação GxA; CDG(%) - Coeficiente de determinação genotípico, CV_g(%) - Coeficiente de variação genética e CV_g/CV_e(%) - Razão entre coeficiente de variação genética e ambiental.

Segundo Cruz (2012), quando o modelo utilizado é com efeito fixo, o CDG corresponde a um parâmetro análogo à herdabilidade e indica a proporção da variabilidade genética presente na variância fenotípica, mensurando a confiabilidade do valor fenotípico para a transmissão do caráter (RAMALHO et al., 2012).

Valores de herdabilidade superiores a 70% são considerados altos, mas pode variar de acordo com o caráter e com a espécie avaliada (BONIFÁCIO et al., 2015). Assim, os valores encontrados demonstram resultados favoráveis para o desempenho das próximas gerações. Carvalho et al. (2019) ao avaliar e selecionar genótipos de algodoeiro adaptados a condições semiáridas, obtiveram valores de CDG superiores a 83%.

Gomes et al. (2022) avaliaram nove genótipos de algodão em experimentos de campo sem suplementação hídrica no município de Quixeramobim – CE, região semiárida e encontraram resultados do CDG semelhantes PRODF (73,04%), %FIB (97,80%), UHM (90,32%), SFI (68,58%), STR (90,11%), ELG (92,54%), CSP (91,69%). Para as características de PROD (58,03%) e MIC (87,78%) os autores encontraram CDG menor e para UNF (80,57%) o valor encontrado por eles foi maior.

As características %FIB, UHM, resistência, alongamento, índice de micronaire e índice de fiabilidade apresentaram valor para a razão entre coeficiente de variação genético (CV_g) e ambiental (CV_e) (CV_g/CV_e) acima de um e CDG acima de 89%, indicando maior possibilidade de ganho de seleção. Alves et al. (2019) avaliaram dez genótipos de algodoeiro herbáceo no agreste pernambucano em regime de sequeiro durante dois anos (2016 e 2017) e obtiveram os valores de 0,64 e 0,71 para a razão CV_g/CV_e da característica Produtividade de algodão em caroço, bem como herdabilidade de 62.19 e 66.69 para os respectivos anos.

De acordo com Yokomizo e Farias Neto (2003) e Bordin et al. (2022), quando o valor da razão for igual ou maior que 1,0 indica condição favorável para a seleção, pois a variância genética tem maior controle da variabilidade existente entre os genótipos em detrimento da variância ambiental. Assim, para as características com CV_g/CV_e inferior a um, a seleção deve ser realizada cautelosamente.

4.3. Teste de agrupamento de médias

O teste de agrupamento de médias scott-Knott (1974) a 5% de probabilidade para as características agrônômicas e de qualidade de fibra referente a análise conjunta está disposto na Tabela 10. Houve formação de grupos distintos para todas as variáveis observadas, visto que todas apresentaram significância na análise de variância conjunta (Tabela 9).

Tabela 10: Agrupamento de médias pelo teste de Scott-Knott (1974) para os caracteres agrônômicos e de qualidade de fibra das linhagens de algodoeiro avaliadas em condições de sequeiro. Alagoinha - PB, 2021 e 2022.

	Linhagens	PROD	PRODF	%FIB	UHM	UNF	SFI	STR	ELG	MIC	CSP
1	CNPA SA 2019 – 176	2586,98 b	947,48 c	36,74 b	27,63 e	84,61 b	7,36 a	30,37 e	6,17 b	4,11 c	2757,29 f
2	CNPA SA 2019 – 190	3225,57 b	1130,94 b	34,95 c	30,10 d	85,72 b	6,55 a	32,88 c	5,95 c	3,89 d	3205,77 d
3	CNPA SA 2019 – 204	3608,33 a	1245,53 b	34,47 c	32,32 b	86,55 a	6,09 b	35,80 b	4,97 d	4,05 c	3540,51 b
4	CNPA SA 2019 – 158	3135,83 b	1067,43 c	33,84 d	34,21 a	87,68 a	5,73 b	37,27 a	4,55 e	4,30 b	3794,29 a
5	CNPA SA 2019 – 183	3132,29 b	1199,17 b	38,57 a	29,41 d	85,47 b	6,93 a	32,29 d	5,63 c	4,06 c	3066,30 e
6	CNPA SA 2019 – 115	3485,94 a	1307,40 b	37,45 b	31,46 b	87,03 a	6,30 b	35,26 b	4,58 e	4,17 b	3486,15 b
7	CNPA SA 2019 – 185	3653,13 a	1319,99 b	36,14 b	31,67 b	86,36 a	6,54 a	35,15 b	5,04 d	4,06 c	3445,30 b
8	CNPA SA 2019 – 113	3041,15 b	1201,53 b	39,21 a	29,75 d	85,26 b	6,83 a	33,24 c	5,20 d	4,01 c	3127,99 e
9	CNPA SA 2019 – 165	3264,06 b	1285,07 b	39,36 a	30,53 c	85,22 b	6,88 a	33,05 c	5,66 c	4,66 a	3014,14 e
10	CNPA SA 2019 – 186	4139,79 a	1495,98 a	36,07 b	30,45 c	85,23 b	6,76 a	34,52 b	5,54 c	4,12 c	3216,21 d
11	CNPA SA 2019 – 179	3792,19 a	1278,04 b	33,31 d	30,63 c	85,73 b	6,76 a	32,70 c	5,70 c	3,55 e	3291,91 c
12	CNPA SA 2019 – 201	3077,19 b	1146,43 b	36,65 b	30,49 c	86,71 a	6,88 a	34,08 c	5,74 c	4,26 b	3316,45 c
13	CNPA SA 2019 – 106	3192,71 b	1164,87 b	36,59 b	30,71 c	85,30 b	6,80 a	34,15 c	4,99 d	4,12 c	3214,22 d
14	CNPA SA 2019 – 109	2987,50 b	1181,81 b	39,22 a	29,84 d	86,35 a	6,71 a	33,71 c	5,19 d	4,21 b	3235,00 d
15	CNPA SA 2019 – 170	3106,04 b	924,77 c	29,53 f	30,71 c	86,12 a	6,39 b	33,58 c	6,72 a	3,98 c	3293,76 c
16	CNPA SA 2019 – 206	3322,50 b	1135,66 b	33,93 d	30,83 c	86,19 a	6,68 a	33,13 c	5,72 c	3,64 e	3354,48 c
17	CNPA SA 2019 – 73	2863,75 b	880,67 c	30,92 e	31,25 b	84,68 b	7,16 a	33,50 c	5,15 d	3,74 e	3221,98 d
18	CNPA SA 2019 – 48	3123,44 b	984,73 c	31,67 e	32,06 b	85,63 b	6,58 a	33,53 c	5,40 d	3,89 d	3333,34 c
19	CNPA SA 2019 – 180	3126,56 b	1161,75 b	37,16 b	29,90 d	85,37 b	6,96 a	31,45 d	6,10 b	3,91 d	3064,08 e
20	BRS 286	3880,31 a	1502,66 a	38,43 a	30,65 c	85,84 b	6,77 a	34,08 c	6,12 b	3,82 d	3325,53 c

Produtividade de algodão em caroço - PROD (kg ha⁻¹), Produtividade de algodão em fibra - PRODF (kg ha⁻¹), Porcentagem de fibras - %FIB (%), Comprimento de fibra (UHM - mm), Uniformidade de fibra (UNF - %), Índice de fibras curtas (SFI - %), Resistência (STR- gf/tex), Alongamento à ruptura (ELG - %), Índice de micronaire (MIC), Índice de fiabilidade (CSP). Médias seguidas de mesma letra na coluna pertencem ao mesmo grupo, segundo o teste de Scott-Knott (1974).

Observou-se que para PROD todos os genótipos apresentaram bom desempenho produtivo acima de 2500 kg.ha⁻¹ com destaque para o grupo a dos genótipos CNPA SA 2019 – 186 (4139,79 kg ha⁻¹), BRS 286^(T) (3880,31 kg ha⁻¹), CNPA SA 2019 – 179 (3792,19 kg ha⁻¹), CNPA SA 2019 – 185 (3653,13 kg ha⁻¹), CNPA SA 2019 – 204 (3608,33 kg ha⁻¹), CNPA SA 2019 – 115 (3485,94 kg ha⁻¹) que não diferem estatisticamente entre si. Em ambientes semiáridos, valores próximos a esses foram obtidos por Queiroz (2017), os quais variaram entre 2700 kg ha⁻¹ e 5867,73 kg ha⁻¹. Gomes (2019) avaliou cultivares de algodoeiro quanto a tolerância ao estresse hídrico e obteve valores entre 1756,11 kg ha⁻¹ e 2493,33 kg ha⁻¹.

Quanto a PRODF, foram formados três grupos, nos quais tiveram destaque o genótipo BRS 286^(T) (1502,66 kg ha⁻¹) e o CNPA SA 2019 – 186 (1495,98 kg ha⁻¹). Ao analisar cultivares de algodoeiro sob condições de sequeiro, no município de Quixeramobim-CE, semiárido nordestino, Lima et al. (2019) obtiveram PRODF entre 758,3 kg ha⁻¹ e 1068,6 kg ha⁻¹. Por outro lado, Oliveira (2021), objetivou selecionar os melhores genitores e suas respectivas combinações híbridas para produtividade e qualidade de fibra em condições semiáridas e obteve valores para PRODF que variaram de 1592,31 kg ha⁻¹ a 2371,63 kg ha⁻¹.

Para a %FIB, as linhagens com melhor desempenho foram a CNPA SA 2019 – 165 (39,36%), CNPA SA 2019 – 109 (39,22%), CNPA SA 2019 – 113 (39,21%), CNPA SA 2019 – 183 (38,57%), e BRS 286^(T) (38,43%). Tais valores aproximam-se de 40%, que segundo Cordão Sobrinho et al. (2015) e Maniçoba (2019) é o valor mínimo desejado pelos cotonicultores que visam a obtenção de maior lucro, pois o preço da fibra é maior que o do algodão em caroço. Enquanto os menores valores foram das linhagens CNPA SA 2019 – 170 (29,53%) e CNPA SA 2019 – 48 (31,67%).

De acordo com Verhalen et al. (2002) e Vidal Neto e Freire (2013), quando uma cultivar possui maior produtividade de fibra e moderada porcentagem de fibra, oferece maior rendimento econômico do que uma que apresente menor produtividade e elevada porcentagem de fibra, visto que, as diferenças de produtividade são mais significativas do que as diferenças em porcentagem. Porém, para a indústria, maior porcentagem de fibra é importante por favorecer o maior rendimento.

Albuquerque et al. (2020) se depararam com resultados semelhantes para %FIB quando avaliaram genótipos de fibra colorida para condições semiárida, os quais variaram entre 27,67% e 41,96%. Maniçoba (2019) avaliou manejo da irrigação e déficit hídrico em cultivares de algodoeiro no semiárido brasileiro e encontrou valores médios entre 36,2% e 43,6%. Coutinho et al. (2015), apresentaram %FIB com variação entre 37,93% e 41,11% ao estudar cultivares de

algodoeiro no semiárido mineiro em condições de sequeiro. Almeida et al. (2017) obtiveram média de 39,81% e demonstraram que a %FIB não foi influenciada significativamente pelas lâminas de irrigação, resultado que corrobora com os encontrados por Hussein et al. (2011).

Quanto UHM, o genótipo CNPA SA 2019 – 158 (34,21 mm) obteve destaque, seguido dos genótipos CNPA SA 2019 – 204 (32,32 mm), CNPA SA 2019 – 48 (32,06 mm), CNPA SA 2019 – 185 (31,67 mm), CNPA SA 2019 – 115 (31,46 mm) e CNPA SA 2019 – 73 (31,25 mm) pertencentes ao segundo grupo e cujo os valores também são significativos. O menor valor foi do genótipo CNPA SA 2019 – 176 (27,63 mm). De Lima (2018b) afirma que comprimento de fibra acima de 30 mm atende as exigências da indústria. As fibras mais longas acomodam-se melhor à torção do fio e produzem fios menos peludos e mais resistentes (LIMA et al., 2007), bem como interfere no valor econômico do produto, pois fibras mais longas possuem maior e melhor qualidade, dando origem a fios e tecidos superiores (DE LIMA, 2018a).

Lima et al. (2018) avaliou o déficit hídrico em diferentes fases fenológicas do algodoeiro, no semiárido paraibano e observaram que o menor valor para UHM foi obtido com déficit na fase de botão floral (30,17 mm). Valores levemente inferiores foram obtidos por Vasconcelos et al. (2020) quando analisaram a capacidade geral de combinação (CGC) e a capacidade específica de combinação (CEC) de genótipos de algodoeiro submetidos a estresse hídrico em Barbalha -CE, os quais variaram entre 26,02mm e 31,97 mm. Carvalho et al. (2019) com objetivo de selecionar genótipos adaptados a condições semiáridas com cultivo sob irrigação complementar encontraram valores aproximados ao da presente pesquisa, entre 27,66 mm e 34,04 mm.

Para UNF, os genótipos CNPA SA 2019 – 158, CNPA SA 2019 – 115, CNPA SA 2019 – 201, CNPA SA 2019 – 204, CNPA SA 2019 – 185, CNPA SA 2019 – 109, CNPA SA 2019 – 206 e CNPA SA 2019 – 170 foram superiores e são estatisticamente iguais entre si. UNF é considerado como indicador da dispersão de comprimento das fibras dentro da totalidade da amostra (GOMES, 2019). De acordo com De Lima (2018b), valores acima de 84% são considerados ideais. Assim, todos os valores obtidos no estudo estão de acordo com as exigências do mercado. Gomes et al. (2022) encontraram valores aproximados, superior a 84% quando avaliaram linhagens de algodoeiro em experimento de campo sem suplementação hídrica no semiárido. Queiroga et al. (2022) em sua pesquisa com produtores do Peru, visando ampliar o cultivo da variedade prima (*Gossypium barbadense*) no semiárido brasileiro, encontrou valores acima de 87%. Queiroz (2017) obteve valores entre 83,70% e 87,96% ao investigar híbridos de algodoeiro herbáceo para as condições do semiárido brasileiro.

Para a variável SFI as médias variam entre 5,73 e 7,36%. De acordo com Mizoguchi (2018), o percentual de fibras curtas exigidos pela indústria têxtil é abaixo de 10%. De Lima

(2018b) consideram valores baixos de SFI quando variam de 6 a 9%. O índice de fibras curtas é uma característica relevante no processo de produção, pois, alta porcentagem de fibras curtas maximiza as variações de massa, de pilosidade de imperfeições no fio, acarretando variação na cor ao longo da superfície dos tecidos e a formação de pilling, ou seja, bolinhas que surgem na superfície do tecido, formadas pelo emaranhamento das fibras salientes dos corpos dos fios (DE LIMA, 2018a). Além de afetar o rendimento da matéria prima, uma vez que elevadas quantidades de fibras curtas são descartadas no processo, exigindo maior quantidade de algodão para obter a quantidade de produto desejada, maximizando o desperdício (BELLOTE, 2018).

Pereira et al. (2017) objetivou avaliar o efeito do déficit hídrico em diferentes fases fenológicas de cultivares de algodoeiro em região semiárida e obteve valor médio para SFI de 6,23%. Zonta et al. (2015) analisou cultivares de algodoeiro herbáceo submetidas a diferentes lâminas de irrigação, na região de Apodi – RN e apresentaram médias entre 6,4% e 7,85%.

Quanto a STR, o genótipo de destaque foi o CNPA SA 2019 – 158. Seguido dos genótipos CNPA SA 2019 – 204, CNPA SA 2019 – 115, CNPA SA 2019 – 185, CNPA SA 2019 – 186, que compõe o segundo grupo. De acordo com De Lima (2018b), uma fibra é considerada resistente quando apresenta STR entre 28 e 30 gf/tex e muito resistente quando o valor ultrapassa 31 gf/tex. Diante disso, todas as médias foram superior a 30 gf/tex indicando que todos os genótipos possuem resistência com valor exigido pela indústria. Cotrim et al. (2020) obtiveram valores para resistência também dentro do exigido pelo mercado, acima de 28 gf/tex, indicando fibras resistentes. Um alto valor de resistência proporciona boa produtividade quando a fiação é bem regulada, devido a reduzida taxa de quebra dos fios durante a fabricação (BACHELIER e GOURLOT, 2018). Albuquerque et al. (2020) selecionou genótipos de algodão colorido para as condições do semiárido brasileiro e encontrou valores para STR entre 22,91 gf/tex e 32,60 gf/tex, verificando-se que 85% dos genótipos avaliados apresentaram STR acima de 29 gf/tex. Silva (2019) e Carneiro (2021) avaliaram a magnitude de interação GxA sobre os caracteres de produção e qualidade de fibra de linhagens de algodoeiro herbáceo para o semiárido brasileiro e obtiveram médias cima de 29,43 gf/tex e 30,02 gf/tex, respectivamente.

Quanto a variável ELG foram formados cinco grupos distintos, com destaque para o genótipo CNPA SA 2019 – 170 pertencente ao grupo a, seguido pelos genótipos CNPA SA 2019 – 176, BRS 286^(T) e CNPA SA 2019 – 180 (grupo b). O alongamento indica a elasticidade a tração do material têxtil (JERÔNIMO et al., 2014), evidenciando quanto a fibra cede no sentido longitudinal até o momento de ruptura (FREIRE et al., 2015). Tanto a resistência quanto o alongamento à rotura das fibras têm influência na resistência dos fios e tecidos, afetando positivamente na produtividade, na qualidade e nos custos. Reduz as taxas de roturas no fio ao

longo do processo de produção, contribuindo com as propriedades físicas dos tecidos, como resistência, alongamento, toque e caimento, entre outras (DE LIMA, 2018a).

Vale evidenciar que a resistência e o alongamento estão relacionados com a espessura da parede secundária da fibra decorrente do acúmulo de celulose. A celulose é depositada na célula durante a maturação e conseqüentemente, tais características dependem da maturidade da fibra (SESTREN e DE LIMA, 2011). De acordo com De Lima (2018b), valores abaixo de 5 são considerados muito baixo; entre 5 e 5,8% baixo; entre 5,9 e 6,7% são considerados médio. Oliveira (2021) apresentou resultados semelhantes quanto a variável alongamento à ruptura ao avaliar híbridos de algodoeiro no semiárido nordestino, seus valores não ultrapassaram 6,10%. Em estudo realizado para condições semiáridas, Carvalho et al. (2019) encontraram valores entre 3,79% e 6,18%, valores também considerados entre baixo e médio. Vasconcelos (2016a) analisou genótipos de algodoeiro para condições semiáridas sob dois regimes hídricos (controle e estresse hídrico) e apontou que a supressão hídrica por 23 dias causou em alguns híbridos o aumento do ELG em 34,7% (no controle o ELG foi 4,90% e no estresse foi 6,60%), porém, o estresse também reduziu o alongamento em alguns híbridos e essa redução variou de -2,86 a -7,70%.

Para MIC as médias variam de 3,55 a 4,66. Todos os genótipos estão dentro dos valores exigidos pela indústria, exceto o genótipo CNPA SA 2019 – 165 que supera um pouco esse valor. O MIC é uma medição indireta e indica a relação entre maturidade e finura da fibra. A maturidade da fibra é determinada pelo espessamento da parede secundária em relação ao perímetro/circunferência geral da fibra. Já a finura é uma medida da densidade linear, ou seja, massa por unidade de comprimento (ZUMBA, 2018). Fibras com valor entre 3,7 e 4,3 possuem bom desempenho no processo de fiação. Altos valores de MIC apontam que as fibras possuem alta densidade linear ou finura, bem como, elevado valor de maturidade indicando alto teor de celulose na fibra, o que contribui para uma maior absorção do corante durante o tingimento (MORAIS et al., 2021).

As fibras imaturas possuem menor espessura da parede celular, são menos resistentes, rompem-se facilmente e apresentam uma série de espessamentos nodulares irregulares (neps), afetando negativamente o rendimento industrial, principalmente nas etapas de fiação e tingimento, reduzindo a qualidade do tecido final (ECHER et al., 2018). Dessa forma, busca-se fibras com índice de micronaire baixo e valores elevados de maturidade, alongamento e resistência, pois quando processadas corretamente favorecem a produtividade (DE LIMA, 2018a).

Estudos realizados para o semiárido são descritos a seguir: Carneiro (2021) apontou resultados mais altos que os obtidos no presente trabalho. Os valores encontrados por ele para MIC estão entre 4,52 e 5,35; os valores obtidos por Vasconcelos et al. (2020) estão entre 4,29 e

5,35; Coutinho et al. (2015) apresentaram resultados alternando de 4,38 a 4,68. Pereira (2017) analisou genótipos de algodoeiro submetidas a estresse hídrico severo (por 21 dias), em condições de casa de vegetação. No tratamento controle, apenas um cultivar não atendeu as exigências do mercado. enquanto no tratamento com estresse, todas as cultivares adaptadas para o semiárido (BRS Rubi, BRS 286, CNPA 5M, CNPA 7MH e BRS Seridó) apresentaram valores que atendem as exigências da indústria têxtil e entre os materiais adaptados para o cerrado, apenas um foi compatível com as exigências (3,99).

A variável CSP obteve valores superiores a 2757. O melhor resultado foi obtido pelo genótipo CNPA SA 2019 – 158 (grupo a) seguido pelos genótipos CNPA SA 2019 – 204, CNPA SA 2019 – 115 e CNPA SA 2019 – 185 pertencentes ao grupo b. O CSP é um índice que pode indicar os índices de resistência, de fiabilidade e de tecibilidade dos fios que serão fiados e tecidos. Valores acima de 2250 são considerados muito altos e ideais (SESTREN e DE LIMA, 2011). Quanto maior o valor, maior a resistência estimada para o fio (MORAIS et al., 2021).

Carvalho et al. (2019) avaliaram dezoito linhagens de algodoeiro sob irrigação suplementar no semiárido do Nordeste do Brasil e obtiveram valor mínimo de 2465,75 e máximo de 3338,13. Gomes et al. (2022) apresentaram valores aproximados, acima de 2585,50. Silva (2019) encontraram CSP acima de 2486. Ambos os estudos, também desenvolvidos para o semiárido.

4.4. Coeficiente de correlação de Pearson

Na Tabela 11 estão indicados os resultados da correlação de Pearson, e é possível observar que houve correlações significativas positivas para PROD e PRODF, PRODF e %FIB, UHM e UNF, UHM e STR, UNF e STR, SFI e ELG, %FIB e MIC, UHM e CSP, UNF e CSP e STR e CSP. As correlações negativas foram encontradas para UHM e SFI, UNF e SFI, SFI e STR, UHM e ELG, STR e ELG, SFI e CSP, ELG e CSP.

As variáveis UHM, UNF e CSP apresentaram correlação negativa com a variável SFI, tal resultado mostra-se favorável ao interesse do melhorista, pois à medida que aumenta as primeiras variáveis diminui o SFI. Quanto a produtividade, o presente estudo não demonstrou correlação significativa com nenhuma das outras variáveis, exceto a relação entre PROD e PRODF, o que era esperado. Resultado semelhante foi obtido por Araújo et al. (2009), os autores também não identificaram correlação significativa entre produtividade e as demais características, indicando a possibilidade de seleção de genótipos com elevado rendimento e alta qualidade tecnológica de fibras. Silva Junior et al. (2015) avaliaram a correlação entre caracteres fenotípicos em genótipos

de algodoeiro, no município de Uberlândia e verificaram que não houve correlações significativas entre todas as características de qualidade da fibra e produtividade.

Tabela 11: Coeficientes de correlação de Pearson entre os 10 caracteres avaliados das linhagens de algodoeiro em condições de sequeiro. Alagoinha PB, 2021 e 2022.

	PROD	PRODF	%FIB	UHM	UNF	SFI	STR	ELG	MIC	CSP
PROD	1	0,84**	0,06	0,31	0,21	-0,31	0,42	-0,09	-0,17	0,39
PRODF		1	0,59**	0,03	0,15	-0,11	0,27	-0,14	0,12	0,14
%FIB			1	-0,42	-0,07	0,27	-0,15	-0,14	0,49*	-0,34
UHM				1	0,68**	-0,82**	0,87**	-0,59**	0,06	0,92**
UNF					1	-0,84**	0,75**	-0,42	0,20	0,85**
SFI						1	-0,83**	0,46*	-0,15	-0,88**
STR							1	-0,68**	0,26	0,91**
ELG								1	-0,26	-0,57**
MIC									1	-0,05
CSP										1

Produtividade de algodão em caroço - PROD (kg ha⁻¹), Produtividade de algodão em fibra - PRODF (kg ha⁻¹), Porcentagem de fibras - %FIB (%), Comprimento de fibra (UHM - mm), Uniformidade de fibra (UNF - %), Índice de fibras curtas (SFI - %), Resistência (STR- gf/tex), Alongamento à ruptura (ELG - %), Índice de micronaire (MIC), Índice de fiabilidade (CSP), ** e *: Significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste F.

O melhoramento do algodoeiro busca aumentar a produtividade de fibra com qualidade dentro das exigências da indústria têxtil. Entretanto, a produtividade é um caráter quantitativo, influenciado por diversos componentes e conseqüentemente complexo (CARVALHO et al., 2002). Dessa, forma, o estudo de correlação permite entender o grau dessa relação e com isso identificar as variáveis que possam ser utilizadas na seleção indireta da produtividade (HOOPERHEIDE et al., 2007).

Quando o objetivo é melhorar caracteres no mesmo sentido as correlações negativas são desfavoráveis, visto que, à medida que aumenta um caráter diminui o outro (ARAÚJO et al., 2009), os resultados da presente pesquisa demonstram que tais correlações negativas significativas ocorreram apenas entre UHM e ELG, STR e ELG e CSP e ELG, as demais correlações não foram significativas. Quando o objetivo é melhorar os caracteres em sentidos opostos, a correlação negativa é favorável (ARAÚJO et al., 2009), como ocorre com UHM e SFI. As correlações positivas não satisfatórias ocorreram para SFI e ELG e %FIB e MIC.

Hoogerheide et al. (2007) avaliaram as relações entre os caracteres tecnológicos e a produtividade de fibra do algodão para identificar seus efeitos pela análise de trilha e encontraram resultados semelhantes de correlação negativa indesejável para UHM/ELG e STR/ELG, já para

CSP/ELG os autores encontraram correlação positiva, diferindo do presente trabalho. Além disso, os autores encontraram correlação positiva significativa para %FIB/MIC, %FIB/UNF, %FIB/CSP, MIC/UHM, MIC/UNF, UHM/UNF e correlações negativas significativas para MIC/CSP.

Alves (2022) avaliou a correlação fenotípica entre a qualidade fisiológica das sementes e as características tecnológicas de fibra de acordo com os genótipos e o terço de desenvolvimento da pluma e encontrou correlação negativa para UHM/ELG, STR/ELG, UHM/SFI e correlação positiva para SFI/ELG e MAT/UNF. Sendo a correlação negativa entre UHM e SFI uma correlação favorável e a correlação positiva entre SFI e ELG, desfavorável para os objetivos do programa de melhoramento.

4.5. Seleções direta e indireta

Os ganhos de seleção por seleção direta e indireta estão descritos na Tabela 12. Quanto à seleção direta (valores descritos na diagonal), os maiores ganhos são para as variáveis PRODF (14,17%), PROD (11,89%), ELG (11,87%) e %FIB (8,92%). Para SFI e MIC os valores negativos são considerados ganhos desejáveis, visto que os menores valores são ideais para a indústria (CARVALHO, 2018).

Como pode ser observado na Tabela 12, a variável ELG tem um ganho de seleção direta considerável, entretanto, para praticamente todas as outras características houve perdas, exceto para SFI, assim como pode ser observado na tabela de correlação, há correlação negativa para tais características (Tabela 11).

Quando se considera a seleção indireta, ao selecionar para o aumento da característica PROD, observa-se que houve ganhos positivos indiretos para PRODF, UHM, UNF, STR, CSP e reduções para %FIB, SFI, ELG e MIC, porém para SFI e MIC são desejáveis. Para a seleção de PRODF ocorre respostas indiretas positivas para PROD, %FIB, UHM, UNF, STR, MIC e CSP, mas com respostas negativas para SFI e ELG. Para MIC e ELG são desfavoráveis.

Quando busca selecionar o aumento na %FIB observa-se ganhos positivos indiretos para PRODF, SFI, ELG e MIC e redução para PROD, UHM, UNF, STR e CSP, com resultados satisfatórios para PRODF e ELG e não satisfatórios para SFI e MIC. Para a seleção de UHM, obtiveram resultados positivos as características PROD, PRODF, UNF, STR, MIC, CSP e resultados negativos para %FIB, SFI, ELG, em que PROD, PRODF, UNF, STR, MIC, CSP e SFI apresentaram respostas desejáveis e %FIB, MIC e ELG respostas indesejáveis.

A seleção direta para STR provoca consequências positivas para PROD, PRODF, UHM, UNF, MIC e CSP, porém com consequências negativas para %FIB, SFI, ELG. Quando a seleção é baseada no ELG, ocorre resposta positiva apenas para SFI.

Tabela 12: Estimativas dos ganhos de seleção (GS%), pelo índice de seleção direta e indireta obtida para 10 variáveis avaliadas para 20 genótipos de algodoeiro testados em condição de sequeiro. Alagoinha - PB, 2021 e 2022.

VARIÁVEL	PROD	PRODF	%FIB	UHM	UNF	SFI	STR	ELG	MIC	CSP	Linhagens Selecionadas
PROD	11,89	13,22	-0,08	1,27	0,07	-1,07	2,02	-0,53	-2,54	2,75	10 - 20 - 11 - 7 - 3
PRODF	8,96	14,17	4,88	0,68	0,07	-0,36	1,92	-1,98	3,28	0,90	20 - 10 - 7 - 6 - 9
%FIB	-0,59	6,66	8,92	-2,13	-0,19	1,54	-1,09	0,92	2,91	-3,11	9 - 14 - 8 - 5 - 20
UHM	2,57	0,48	-2,74	4,96	0,67	-4,78	4,55	-10,04	1,56	7,10	4 - 3 - 18 - 7 - 6
UNF	2,36	2,73	0	3,99	0,85	-4,13	4,84	-8,92	3,28	7,01	4 - 6 - 12 - 3 - 7
SFI	2,49	-0,35	-3,91	4,12	0,75	-5,20	4,57	-5,62	2	6,88	4 - 3 - 6 - 15 - 7
STR	7,16	7,58	-0,32	3,96	0,60	-4,38	5,07	-9,58	2,64	6,45	4 - 3 - 6 - 7 - 10
ELG	-2,30	-3,10	-0,95	-2,87	-0,27	1,36	-3,22	11,87	-1,97	-3,79	15 - 1 - 20 - 19 - 2
MIC	2,92	0,52	-3,86	-0,12	-0,19	1,14	-1,14	3,71	-7	0,41	11 - 16 - 17 - 20 - 2
CSP	3,47	2,58	-1,50	4,20	0,76	-4,56	4,34	-8,99	0,41	7,22	4 - 3 - 6 - 7 - 16

Produtividade de algodão em caroço - PROD (kg ha⁻¹), Produtividade de algodão em fibra - PRODF (kg ha⁻¹), Porcentagem de fibras - %FIB (%), Comprimento de fibra (UHM - mm), Uniformidade de fibra (UNF - %), Índice de fibras curtas (SFI - %), Resistência (STR- gf/tex), Alongamento à ruptura (ELG - %), Índice de micronaire (MIC), Índice de fiabilidade (CSP).

Quando o objetivo é selecionar para MIC, ocorre ganhos indiretos positivos para PROD, PRODF, SFI, ELG e CSP, com decréscimo para %FIB, UHM, UNF e STR. Ao selecionar para CSP, as respostas positivas ocorreram para PROD, PRODF, UHM, UNF, STR e MIC e as negativas para %FIB, SFI e ELG.

A correlação entre os caracteres pode ser explicada por dois motivos. O primeiro é a pleiotropia, quando um gene influencia mais de um caráter ao mesmo tempo. O segundo é ligação gênica, quando grande parte dos genes que controlam um caráter estão ligados, localizados no mesmo cromossomo e próximos aos genes que influenciam o outro caráter. Se os alelos favoráveis para um caráter estiverem ligados aos alelos desfavoráveis do outro caráter, a estimativa de correlação é negativa. Se os alelos favoráveis das duas características estiverem ligados, a correlação é positiva (RAMALHO et al., 2012).

Gomes (2019) ao aplicar seleção direta encontrou ganhos favoráveis para PROD (8,49%), PRODF (12,96%), ELG (9,75%) e %FIB (5,49%), valores aproximados dos encontrados nesse trabalho.

4.6. Seleção simultânea

Para superar os problemas da seleção direta, utiliza-se a seleção simultânea de múltiplos caracteres de interesse (CRUZ, 2012). O índice de seleção é uma estratégia complementar, determinado pela combinação de vários caracteres. Por meio dessa estratégia é possível realizar de forma eficaz a seleção paralela de múltiplos caracteres. Existem diversos índices de seleção, o índice baseado na soma de postos ou ranks proposto por Mulamba e Mock (1978) classifica os materiais em relação a cada um dos caracteres na sequencia favorável ao melhoramento, posteriormente são somadas as posições de cada genótipo referente a cada caractere originando o valor utilizado como índice de seleção (CRUZ et al., 2012).

Os resultados obtidos para os ganhos de seleção (GS%), média da população original e melhorada respectivamente (X_o , X_s) e coeficiente de determinação genotípico (CDG) para as 10 variáveis analisadas estão descritos na Tabela 13. Percebe-se que as variáveis com ganhos de seleção mais expressivos foram PRODF (8,62%) e PROD (6,83%). Carvalho et al. (2019) ao avaliar genótipos de algodoeiro adaptados ao semiárido cultivados com irrigação suplementar encontraram ganho de seleção para produtividade (5,64%) inferior ao encontrado na presente pesquisa. Em contrapartida, Gomes et al. (2022) avaliaram linhagens de algodão resistentes ao estresse hídrico e o ganho de seleção previsto para PROD foi 2,96%.

Tabela 13: Estimativas da média da população original (X_o), média da população selecionada (X_s), coeficiente de determinação genotípico (CDG) e ganho de seleção (GS), obtidas para as 10 variáveis avaliadas pelo índice de seleção de Mulamba & Mock (1978). Alagoinha - PB, 2021 e 2022.

VARIÁVEL	X_o	X_s	CDG(%)	GS	GS (%)	Indivíduos selecionados
PROD	3287,26	3590,04	74,13	224,44	6,83	
PRODF	1178,09	1302,25	81,80	101,56	8,62	
%FIB	35,71	36,08	98,04	0,36	1,02	
UHM	30,73	31,39	94,32	0,62	2,02	
UNF	85,85	86,39	72,15	0,39	0,46	
SFI	6,68	6,48	73,33	-0,15	-2,27	20 - 3 - 6 - 7 - 16
STR	33,69	34,69	89,26	0,89	2,65	
ELG	5,50	5,28	92,42	-0,20	-3,71	
MIC	4,03	3,95	94,48	-0,07	-1,82	
CSP	3265,23	3430,39	91,06	150,39	4,61	

Produtividade de algodão em caroço - PROD (kg ha^{-1}), Produtividade de algodão em fibra - PRODF (kg ha^{-1}), Porcentagem de fibras - %FIB (%), Comprimento de fibra (UHM - mm), Uniformidade de fibra (UNF - %), Índice de fibras curtas (SFI - %), Resistência (STR- gf/tex), Alongamento à ruptura (ELG - %), Índice de micronaire (MIC), Índice de fiabilidade (CSP).

Para as características de fibra, os maiores ganhos ocorreram para CSP (4,61%), STR (2,65%) e UHM (2,02%). Ganho indesejável ocorreu apenas para ELG. SFI e MIC apresentaram ganho negativo, porém, tal resultado é favorável ao melhoramento, pois os menores valores para ambas características são os desejados pela indústria. Valor semelhante para a variável alongamento (ELG) foi encontrado por Carvalho et al. (2017), que apresentou ganho de -0,29%, por outro lado, os autores encontraram valor indesejável também para UNF (-0,14%) diferindo do valor encontrado no presente trabalho para a mesma variável (0,46%).

Ribeiro et al. (2018), ao avaliar 36 linhagens de algodoeiro com suplementação hídrica e em regime de sequeiro, usando o índice de seleção Mulamba e Mock (1978), obtiveram resultados desejáveis com ganhos negativos para MIC (-7,48%) e com ganhos positivos para ELG (6,28), PROD (5,02%), UHM (3,24%), %FIB (2,47%), UNF (1,75%), STR (0,49%). Já para a variável SFI o ganho foi indesejável, com valor positivo (0,24%), contudo, esse valor é considerado baixo. Tais resultados assemelham-se aos encontrados no presente estudo, com exceção das variáveis ELG (-3,71%) e SFI (-2,27%).

Ribeiro et al. (2018) utilizaram três índices de seleção para prever os ganhos genéticos dos materiais avaliados e concluíram que o índice de Mulamba e Mock (1978) foi o de maior destaque,

proporcionando os melhores ganhos genéticos para os critérios de seleção desejados. Evidenciando que este método pode ser eficaz para seleção na busca por ganhos simultâneos de rendimento e das características tecnológicas da fibra.

As linhagens selecionadas de acordo com o índice de Mulamba e Mock (1978) são: BRS 286^(T), CNPA SA 2019 – 204, CNPA SA 2019 – 115, CNPA SA 2019 – 185, CNPA SA 2019 – 206, pois apresentam ganhos de seleção mais satisfatórios quando avaliou as características de produtividade e qualidade de fibra simultaneamente e médias favoráveis as exigências para a maioria dos caracteres. Embora linhagens como a CNPA SA 2019 – 204 e a CNPA SA 2019 – 206 apresentem médias para %FIB inferiores às exigidas pelo mercado, as demais características apresentam médias de acordo com as exigências, em especial para ambientes semiáridos e os valores para %FIB podem ser melhorados ao longo do desenvolvimento do programa.

Dentre os materiais selecionados pelo índice de Mulamba e Mock (1978), as linhagens BRS 286^(T), CNPA SA 2019 – 204, CNPA SA 2019 – 115 também obtiveram destaque para a maioria das características avaliadas, em especial para PROD e PRODF, no ano de 2021, que apresentou disponibilidade hídrica muito reduzida. Diante disso, tais linhagens podem apresentar resultados ainda mais promissores para os produtores da região semiárida, podendo ser objeto de estudo de futuras pesquisas, visto que são necessários análises mais aprofundadas para avaliar a tolerância à seca desses materiais.

Os maiores ganhos genéticos podem ter ocorrido devido aos indivíduos provavelmente possuírem uma maior frequência de alelos favoráveis para tais características. Cuidados especiais devem ser direcionados para o caractere ELG, que apresenta média abaixo do exigido e ganho de seleção negativo, provavelmente decorrente da correlação negativa entre a maioria dos caracteres. Porém, tal resultado não é crucial ao programa de melhoramento, pois poderá ser superado no decorrer do programa de melhoramento, nos próximos ciclos de seleções.

Como pode ser observado na Tabela 13, houve ganho de seleção favorável para a maior parte dos caracteres, exceto para alongamento. Diante disso, vale enfatizar que os materiais selecionados podem ser indicados para formar novas populações propícias a serem exploradas no Programa de Melhoramento Genético do Algodoeiro com o objetivo alcançar materiais superiores adaptados para o semiárido.

5. CONCLUSÕES

O coeficiente de determinação genotípico é alto para as variáveis avaliadas, demonstrando a presença de variabilidade genética expressiva, com possibilidade de ganhos genéticos desejáveis.

As linhagens BRS 286^(T), CNPA SA 2019 – 204, CNPA SA 2019 – 115, CNPA SA 2019 – 185, CNPA SA 2019 – 206 são mais promissoras, pois manifestaram melhor desempenho para a maioria dos caracteres de rendimento e qualidade de fibra sob condições de sequeiro no agreste paraibano, sendo indicadas para continuação do programa de melhoramento do algodoeiro para obtenção de materiais adaptados às condições semiáridas.

6. REFERÊNCIAS

- ABRAPA - Associação Brasileira de Produtores de Algodão: **algodão no mundo**. 2023. Disponível em: <https://www.abrapa.com.br/Paginas/default.aspx>. Acesso em: 03 jan 2023.
- AGUIAR, A. V.; SOUZA, V. A.; SHIMIZU, J. Y.; Seleção genética de progênies de *Pinus greggii* para formação de pomares de sementes. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 32, p. 62, p.107-117, 2010.
- AKINCI, S; LOSEL, D. M. Plant water-stress response mechanisms. In: RAHMAN, I. M. M; HASEGAWA, H. **Water Stress**, p. 15-42, 2012.
- ALBUQUERQUE, R. R. S. de. **Seleção de genótipos de algodoeiro de fibra colorida para as condições da região semiárida do Nordeste**. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Universidade Estadual da Paraíba. p. 65. 2017.
- ALBUQUERQUE, R. R. S.; CAVALCANTI, J. J. V.; FARIAS, F. J. C.; QUEIROZ, D. R.; CARVALHO, L. P. Estimates of genetic parameters for selection of colored cotton fiber. **Revista Caatinga**, v. 33, n. 1, 2020.
- ALMEIDA, E. S. A. B. de; PEREIRA, J. R.; AZEVEDO, C. A. V. de; ARAÚJO, W. P.; ZONTA, J. H.; CORDÃO, M. A. Algodoeiro herbáceo submetido a déficit hídrico: Produção. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 13, n. 1, p. 22-28, 2017.
- ALVARENGA, L. G. S. **Eficiência da seleção para qualidade da fibra no algodoeiro (*Gossypium hirsutum*)**. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de plantas) – Universidade Federal de Goiás. 70 p. 2018.
- ALVES, F. A. L.; CAVALCANTE, F. S.; OLIVEIRA JÚNIOR, I. S.; FERRAZ, I.; SILVA, S. M. S. Competição de variedades de algodão herbáceo para cultivo no agreste pernambucano. **Pesquisa Agropecuária Pernambucana**, v. 24, n. 1, 2019.
- ALVES, G. A. **Correlação entre características tecnológicas da fibra em diferentes terços de genótipos de algodoeiro**. TCC (Curso de graduação em Agronomia) - Universidade Federal de Uberlândia, MG. 20p. 2022.
- ALWALA, S.; KWOLEK, T.; MCPHERSON, M.; PELLOW, J.; MEYER, D. A Comprehensive comparison between Eberhart and Russell joint regression and GGE biplot analyses to identify stable and high yielding maize hybrids. **Field Crops Research**, v. 119, n. 2, p. 225–230, 2010.
- 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, n. 4, p. 355-361, 2012.
- ARAÚJO JÚNIOR, G.N.; GOMES, F. T.; SILVA, M. J.; JARDIM, A. M. F. R.; SIMÕES, V. J. L. P.; IZIDRO, J. L. P. S.; LEITE, M. L. M. V.; TEIXEIRA, V.I.; SILVA, T. G. F. Estresse hídrico em plantas forrageiras: Uma revisão. **PUBVET**, v. 13, n. 1, p. 1-10, 2019.
- ARAÚJO, G. P.; VIDAL NETO, F. C.; CARVALHO, L. P.; SILVA FILHO, J. L.; ANDRADE, F. P.; SANTOS, J. W. **Correlações entre variáveis agrônômicas e da fibra, em algodão**

colorido. In: VII congresso Brasileiro do Algodão - Sustentabilidade da cotonicultura Brasileira e Expansão dos Mercados: Anais. 2009. p. 1631-1637.

AZEVEDO, A. M.; ANDRADE, J. V. C.; FERNANDES, J. S. C.; PEDROSA, C. E.; OLIVEIRA, C. M. Desempenho agrônomo e parâmetros genéticos em genótipos de batata-doce. **Horticultura Brasileira**. 2015.

AZEVEDO, A. M.; SEUS, R.; GOMES, C. L.; FREITAS, E. M.; CANDIDO, D. M.; SILVA, D. J. H.; CARNEIRO, P. C. S. Correlações genotípicas e análise de trilha em famílias de meios-irmãos de couve de folhas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n.1, p. 35-44, 2016.

BATISTA, C. H.; AQUINO, L. A.; SILVA, T. R.; SILVA, H. R. F. Crescimento e produtividade da cultura do algodão em resposta a aplicação de fósforo e métodos de irrigação. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 4, n. 4, p. 197-206, 2010.

BACHELIER, B.; GOURLLOT, J. P. A fibra de algodão: origem, estrutura, composição e caracterização. In: BELOT, J. L. **Safra 2018- Manual de Qualidade da Fibra da AMPA**. Cuiabá, MT: IMAmt- Instituto Matogrossense do Algodão, Cap 2, p. 28-57. 2018.

BALLESTER, C.; BRINKHOFF, J.; QUAYLE, W. C.; HORNBUCKLE, J. Monitoring the Effects of Water Stress in Cotton Using the Green Red Vegetation Index and Red Edge Ratio. **Remote Sensing**. v. 11, n. 7, p. 873, 2019.

BELLOTE, V. Considerações da Santista sobre o índice de fibra curta no algodão (SFI - Short Fiber Index). In: BELOT, J (Ed.). **Manual da Qualidade de Fibra**. Cuiabá, MT: IMAmt - Instituto Matogrossense do Algodão, 2018. Cap. 2, p. 134-137.

BELOT, J. L. Indústria têxtil, mercado mundial e qualidade de fibra para o futuro. In: BELOT, J (Ed.). **Manual da Qualidade de Fibra**. Cuiabá, MT: IMAmt - Instituto Matogrossense do Algodão, 2018. Cap. 3, p. 156-165.

BELTRÃO, N. E.M. Algodão brasileiro em relação ao mundo: situação e perspectivas. In: BELTRÃO, N. E. M (Org). **O Agronegócio do Algodão no Brasil**. Brasília – DF: Embrapa CNPA, 1999. v. 1, Cap 1, p. 17-27.

BELTRÃO, N. E. M. Mudanças climáticas globais e a fisiologia, bioquímica e morfologia do algodoeiro herbáceo. In: **Congresso Brasileiro de Algodão**. Uberlândia Anais. Uberlândia: Embrapa Algodão, 2007.

BELTRÃO, N. E. M.; ALMEIDA, O. A.; PEREIRA, J. R.; FIDELES FILHO, J. Metodologia para estimativa do crescimento do fruto e do volume absoluto e relativo da planta do algodoeiro. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, v. 5, n. 1, p. 283-289, 2001.

BELTRÃO, N. E. M.; AZEVEDO, D. M. P. de. Prefácio. In: BELTRÃO, N. E. de M.; AZEVEDO, D. M. P. **O agronegócio do algodão no Brasil**. 2 ed. Brasília - DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. v. 1, p.252-70.

BELTRÃO, N. E. M.; OLIVEIRA, M. I. P.; SOUZA JÚNIOR, S. P.; BRITO, G. G.; CARDOSO, G. D. Ecofisiologia do algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L. r *latifolium* Hutch.). In: BELTRÃO, N. E. M.; OLIVEIRA, M. I. P. Editores técnicos. **Ecofisiologia das culturas de**

algodão, amendoim, gergelim, mamona, pinhão-manso e sisal. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica. 2011. p. 65-123.

BELTRÃO, N. E. M.; SOUZA, J. G.; AZEVEDO, D. M. P.; NÓBREGA, L. B.; VIEIRA, D. J.; LEÃO, A.B. Qualidade extrínseca do algodão brasileiro: situação atual e como melhorá-la. In: **O agronegócio do algodão no Brasil.** 2 ed. Brasília -DF: Embrapa informação e tecnologia, 2008a. v II. p. 1141-1198.

BELTRÃO, N. E. M.; SOUZA, J. G.; SANTANA, J.C. F.; AZEVEDO, D. M. P.; LEÃO, A. B. Fisiologia da fibra do algodoeiro herbáceo. In: **O agronegócio do algodão no Brasil.** 2 ed. Brasília -DF: Embrapa informação e tecnologia, 2008b. v II. p. 1123 - 1137.

BESPALHOK, J. C.; GUERRA, E. P.; OLIVEIRA, R. Melhoramento de populações por meio de seleção. In: BESPALHOK, J. C.; GUERRA, E. P.; OLIVEIRA, R. **Melhoramento de Plantas.** 2012. Disponível em: <http://www.bespa.agrarias.ufpr.br/paginas/livro/capitulo%2012.pdf>. Acesso em: 12 nov 2021.

BEZERRA, J. R. C.; AZEVEDO, P. V.; SILVA, B. B.; DIAS, J. M. Evapotranspiração e coeficiente de cultivo do algodoeiro BRS-200 Marron, irrigado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, p. 625-632, 2010.

BITTENCOURT, P. P.; SILVA, L. L. N. S. Estresse hídrico em plantas: aspectos morfofisiológicos, adaptações e mecanismos de resposta. In: DELLA, A. P. (org) [et al.]. **VIII Botânica no Inverno.** São Paulo: Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, Departamento de Botânica. 275 p. 2018.

BONIFÁCIO, D.O.C.; MUNDIM, F. de M.; SOUSA, 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.

BORDIN, P. A.N.; ANJOS, R. S. R.; CRISTELI, D. S.; GARCIA, T. P.; MOITINHO, A. K. R.; SOUZA, J. S.; ÂNGELO, L.C.; CORDEIRO, G. S.; MANDRÁ JÚNIOR, M.; UNÊDA-TREVISOLI, S. H. Caracterização e fenotipagem agronômica em progênies de soja avaliadas em ensaio preliminar de desempenho. **Open Science Research, Editora Científica Digital**, v. 7, 2022.

BORÉM, A.; MIRANDA, G. V. **Melhoramento de Plantas.** 5. ed. rev. ampl. Viçosa: Editora UFV, 529 p. 2009.

BORÉM, A.; MIRANDA, G.V. **Melhoramento de plantas.** 4. ed. Viçosa-MG: UFV, 525p. 2005.

BORÉM, A.; MIRANDA, **Melhoramento de plantas.** 6 ed. ver. e ampl. Viçosa: UFV. 523p. 2013.

BORÉM, A.; MIRANDA, G. V.; FRITSCH NETO, R. **Melhoramento de Plantas.** 8° ed. São Paulo: Oficina de textos. 384p. 2021.

BRITO, G. G.; SOFIATTI, V.; LIMA, M. M.A.; CARVALHO, L.P.; SILVA FILHO, J. L. Physiological traits for drought phenotyping in cotton. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 33, n. 1. p. 117-125, 2011.

BUAINAIN, A. M.; BATALHA, M O. Aspectos agronômicos. In: BUAINAIN, A. M.; BATALHA, M O. (Coordenadores). **Cadeia produtiva do algodão**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, v. 4, 2007.

CARDOSO, D. B. O. **Melhoramento genético de algodoeiro colorido: Redes Neurais Artificiais versus métodos convencionais**. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia. 99 p. 2018.

CARNEIRO, L.S. **Estabilidade e adaptabilidade fenotípica dos caracteres agronômicos e de fibras em linhagens de algodoeiro herbáceo na região semiárida do Nordeste**. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Universidade Estadual da Paraíba. 60p. 2021.

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

CARVALHO, L. P. Contribuição do melhoramento ao cultivo do algodão. In: BELTRÃO, N. E. M.; AZEVEDO, D. M. P. (Org) **O agronegócio do algodão no Brasil**. 2 ed. Brasília, DF: Embrapa Informações Tecnológicas, 2008 a. v I, cap. 9, p. 273 – 297.

CARVALHO, L. P. de. O gênero *Gossypium* e suas espécies cultivadas e silvestres. In: BELTRÃO, N. E. M. e AZEVEDO, D. M. P. de. (Org.). **O agronegócio do algodão no Brasil**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008 b. v I, p.252-70.

CARVALHO, L. P. **Divergência genética e análise dialéctica de *Gossypium hirsutum* L. var. *latifolium* Hutch**. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal de Viçosa. p. 230. 1993.

CARVALHO, S. **A cultura do algodão**. 2008. Disponível em: <https://saulcarvalho.com.br/wp-content/uploads/2018/10/Algodao-2-Botanica-e-Morfologia.pdf>. Acesso em: 28 set 2021.

CARVALHO, C.G.P.; ARIAS, C.A.A.; TOLEDO, J.F.F. de; OLIVEIRA, M.F. de; VELLO, N.A. Correlações e análise de trilha em linhagens de soja semeadas em diferentes épocas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, p.311-320, 2002.

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

CARVALHO, J. F.; CAVALCANTI, J. J. V.; FARIAS, F. J. C.; RAMOS J. P. C.; QUEIROZ, D. R.; SANTOS, R. C. dos. Selection of upland cotton for the Brazilian semi-arid region under supplementary irrigation. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 19, n. 2. p. 185-192, 2019.

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, 2000.

CARVALHO, L.P. de; RODRIGUES, J. I. S.; FARIAS, F.J.C. Seleção de linhagens de algodão para alto teor de óleo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 52, n. 7, p. 530-538, 2017.

- CERUTTI, P. H.; SANTOS, M.; MUNIZ, A. T.; RODRIGUES, A. R.; CARBONARI, L. T. S. SCHWARZER, A. P. Desempenho de cultivares de soja em diferentes ambientes de cultivo. **Nativa, Pesquisas Agrárias e Ambientais**, v. 8, n. 3, p. 390-396, 2020.
- CHAVARRIA G.; SANTOS H.P. Plant water relations: absorption, transport and control mechanisms. In: MONTANARO, G.; DICHIO, B. **Advances in selected plant physiology aspects**. p. 105-132. Rijeka: Intech. 2012.
- CHIAVEGATO, EJ, SALVATIERRA, D. K.; GOTTARDO, L. CB. **Agrometeorologia dos cultivos- o fator meteorológico na produção agrícola- Algodão**. 1. ed. Brasília, DF: INMET, 2009.
- CHAVES, L. J. Interação de genótipos com ambientes. In.: NASS, L. L et al. (Ed.). Recursos genéticos e melhoramento - Planta. Rondonópolis: Fundação MT. p. 673-713. 2001.
- CHITARRA, L.G. **Identificação e controle das principais doenças do algodoeiro**. 3. ed. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2014.
- CINTRA, P. H. N. **Seleção recorrente intrapopulacional de meiosirmãos de milho visando o consumo fresco**. Dissertação (Mestrado em Produção vegetal) - Universidade Estadual de Goiás. 31 p. 2021.
- COÊLHO, J. D. **Produção de algodão**. Caderno setorial etene, Banco do Nordeste. Ano 4, n. 99. 2019. Disponível em: https://www.bnb.gov.br/s482-dspace/bitstream/123456789/209/1/2019_CDS_99.pdf. Acesso em: 13 out 2021.
- COIMBRA, J.L.M.; GUIDOLIN, A.F.; ALMEIDA, M.L. de; SANGOI, L.; ENDER, M.; MEROTTO JÚNIOR, A. Análise de trilha dos componentes do rendimento de grãos em genótipos de canola. **Ciência Rural**, v. 34, p. 1421-1428, 2004.
- CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Boletim da safra de grãos - Acompanhamento da safra brasileira. 4º levantamento**. 2022. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos?limitstart=0>. Acesso em: 03 jan 2023.
- CONDÉ, A.B.T.; COELHO, M.A. O.; YAMANAKA, C. H.; CORTE, H.R. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de trigo sob cultivo de sequeiro em minas gerais. **Pesquisa agropecuária tropical**, v. 40, n. 01, p. 45-52, 2010.
- CONTE, M. V. **Estratégias de seleção em estágios precoces do melhoramento de soja com o uso de modelos mistos**. Tese (Doutorado em genética e melhoramento) - Universidade Federal de Viçosa. Viçosa. 67p. 2021.
- 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.
- COSTA, J. G.; MARINHO, J.T. S.; PEREIRA, R. C. A.; LEDO, F. J. S.; MORAES, R. N. S. Adaptabilidade e estabilidade da produção de cultivares de milho recomendadas para o estado do acre. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 23, n. 1, p. 7-11. 1999.

COTRIM, M.F.; FARIAS, F.J.C.; CARVALHO, L.P.; TEODORO, L.P.R.; SILVA JUNIOR, C.A.; TEODORO, P.E. Phenotypic adaptability of cotton genotypes to the Brazilian cerrado for yield and fiber quality. **Bioscience Journal**, v. 36, n. 4, p. 1223-1230, 2020.

COUTINHO, C. R.; ANDRADE, J. A. S.; PEGORARO, R. F. Produtividade e qualidade de fibra de cultivares de algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.) na região do semiárido mineiro. **Essentia**, v. 16, n. 2, p. 62 – 82, 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**. 2014. Disponível em: <http://tempo.cptec.inpe.br/semi-arido/pt>. Acesso em 07 out 2021.

CRISPIM FILHO, A. J. **Estimação de parâmetros genéticos e análise de trilha em uma população de milho com potencial para seleção recorrente**. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Goiás. 99 p. 2018.

CRISÓSTOMO, J. R. **Avaliação da estrutura e do potencial genético de uma população de algodoeiro (*G. hirsutum* L.) parcialmente autógama**. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, Escola Superior “Luiz de Queiroz”. 191 p. 1989.

CRUZ, C. D. **Princípios de genética quantitativa**. 1 ed. 2 reimpressão. Viçosa: Editora UFV, 2012.

CRUZ, C.D. GENES- a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum**, v. 35, n. 3, p.271-276, 2013.

CRUZ, C.D. **Programa genes – biometria**. Viçosa: UFV, 2006. 668p.

CRUZ, C. D., CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Vol 2. Viçosa: Editora UFV, 2003.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 2. ed. Viçosa-MG: UFV, 390p. 2001.

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

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. v 1, 4. ed. Viçosa: Editora UFV, 514 p. 2012.

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

DALBOSCO, E.Z.; KRAUSE, W.; NEVES, L.G.; ARAÚJO, D.V.; HIEGA, K.M.R.; SILVA, C.G. Parametric and non-parametric indexes applied in the selection of sour passion fruit progenies. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 40, p. 1-8, 2018.

DE LIMA, J. J. A indústria têxtil e a qualidade da fibra. In: BELOT, J. L. **Safra 2018- Manual de Qualidade da Fibra da AMPA**. Cuiabá, MT: IMAmt- Instituto Matogrossense do Algodão, Cap 3, p. 166-191. 2018a.

DE LIMA, J. J. Classificação do algodão em pluma. In: BELOT, J. L. **Safra 2018- Manual de Qualidade da Fibra da AMPA**. Cuiabá, MT: IMAmt- Instituto Matogrossense do Algodão, Cap 2, p. 58-115. 2018b.

DEEBA, F.; PANDEY, A. K.; RANJAN, S.; MISHRA, A.; SINGH, R.; SHARMA, Y. K.; SHIRKE, P. A.; PANDEY, V. Physiological and proteomic responses of cotton (*Gossypium herbaceum* L.) to drought stress. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 53, p. 6-18, 2012.

ECHER, F. R. **O algodoeiro e os estresses abióticos: temperatura, luz, água e nutrientes**. Cuiabá - MT. Instituto Mato-Grossense do Algodão - IMAmt. 2014.

ECHER, F.; ROSOLEM, C. A.; RAPHAEL, J. P. A. **Manual de qualidade da fibra: Desenvolvimento da planta e qualidade da fibra**. AMPA - Associação Matogrossense dos Produtores de Algodão. Instituto Mato-Grossense do Algodão - IMAmt. 2018.

ELSTON, R.C. A weight-free index for the purpose of ranking or selection with respect to several traits at a time. **Biometrics**, v. 19, n. 1, p. 85-97, 1963.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Catálogo de cultivares de algodão safra 2019-2020**. 2019. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1112950/catalogo-de-cultivares-de-algodao-safra-2019-2020>. Acesso em: 16 dez 2021.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, EMBRAPA – Serviço de Produção da Informação; Rio de Janeiro: EMBRAPA solos, 2006. 306 p

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Serviço de Produção da Informação. Brasília, DF: EMBRAPA Solos. 2013.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Cultivar BRS 293 – Maiores produtividades em condições de altitude**. 2009. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/17232/1/Folder-BRS-293-final.pdf>. Acesso em: 22 fev 2023.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Cultivares de algodão da Embrapa**. 2023. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/cultivar/algodao>. Acesso em: 20 jan 2023.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Pesquisa busca desenvolver colheitadeira de algodão para agricultura familiar**. 2018. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/34682747/pesquisa-busca-desenvolver-colheitadeira-de-algodao-para-agricultura-familiar>. Acesso em: 15 dez 2021.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema de Produção Embrapa – Cultura do Algodão Herbáceo na Agricultura Familiar**. 3 ed. 2014. Disponível em: https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p_p_id=conteudoportlet_WAR_sistemasdeproducao_olf6_1galceportlet&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-2&p_p_col_count=1&p_r_p_-76293187_sistemaProducaoId=3718&p_r_p_-996514994_topicoId=3313 . Acesso em: 14 out 2021.

- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Soluções Tecnológicas/ Algodão Branco - BRS 286**. 2008. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/1229/algodao-branco---brs-286>. Acesso em: 18 out 2021.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Soluções Tecnológicas/ Algodão Branco - BRS 416**. 2020. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/5492/algodao-branco---brs-416>. Acesso em: 18 out 2021.
- FALCONER, D. S.; MACKAY, T. F. C. **Introduction to quantitative genetics**. 4ª ed. New York: Longman. 464p. 1996.
- FANG, Y.; XIONG, L. General mechanisms of drought response and application in drought resistance improvement in plants. **Cellular Molecular Life Science**, v. 72, p. 673-689, 2015.
- FARIAS, F. J. C.; CARVALHO, L. P.; CAVALCANTI, J. J. V.; MORELLO, C. L.; SILVA FILHO, J. L.; SUASSUNA, N. D.; PEDROSA, M. B.; SANTOS, J. W.; ASSUNÇÃO, J. H.; ARAÚJO, G. P. Ensaio de valor de cultivo e uso do algodoeiro herbáceo no semiárido nordestino. In: **Congresso brasileiro do algodão**. Embrapa. 2017 a.
- FARIAS, F. J. C.; CARVALHO, L. P.; MORELLO, C. L.; SILVA FILHO, J. L.; SUASSUNA, N. D.; PEDROSA, M. B.; RIBEIRO, J. L. Desempenho da nova cultivar de algodoeiro herbáceo BRS 416 nas condições do semiárido nordestino. In: **Congresso brasileiro do algodão**. Embrapa. 2017 b.
- FERRÃO, R. G.; MOREIRA, S. O.; FERRÃO, M. A. G.; RIVA, E. M.; ARANTES, L. O.; COSTA, A. F. S.; CARVALHO, P. L. P. T.; GALVÊAS, P. A. O. Genética e melhoramento: desenvolvimento e recomendação de cultivares com tolerância à seca para o Espírito Santo. **Incap em Revista**, v. 6 e 7, n. 4, p. 51-71, 2016.
- FERNANDES, P. D. Metabolismo do algodoeiro em ambientes adversos In: **V Congresso Brasileiro de Algodão**, Salvador, 2005.
- FLOSS, E. L. **Fisiologia das plantas cultivadas**: o estudo do que está por trás do que se vê. 3. ed. Passo Fundo: Ed. Universidade de Passo Fundo. 751 p. 2006.
- FONSECA, R. G.; SANTANA, J. C. F. **Resultados de Ensaio HVI e Suas Interpretações (ASTM D-4605)**. Circular técnica 66. Campina Grande - PB: Embrapa. 2002.
- FONTES, E. M. G. et al. The Cotton Agricultural Context in Brazil. **Environmental risk assessment of genetically modified organisms**. p. 21, 2006.
- FRANÇA, A. E. D.; PARRELLA, R. A. C.; SOUZA, V. F.; BASTOS, G. Q.; NUNES, J. A. R.; SCHAFFERT, R. E. Seleção simultânea em progênies de sorgo-sacarino por meio de índices de seleção. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 10, 2016.
- FREE, J.B. Insect pollination of crops. New York: Academic Press, 1993.
- FREIRE, E. C. **Melhoramento do algodoeiro upland**. Folhetos. Embrapa Algodão. 1977.
- FREIRE, E. C. **Métodos de melhoramento disponíveis para o algodoeiro**. São Paulo: ESALQ/USP. 111p. 1983.

FREIRE, E. C. Melhoramento no Brasil. In: BORÉM, A.; FREIRE, E. C. **Algodão: do plantio à colheita**. Viçosa: Editora UFV. Cap 6. p. 113-132. 2014.

FREIRE, E. C. **Principais cultivares de algodão no Brasil**. YouTube. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=FpNonCkNCH4&ab_channel=AgriculturaAaZ. Acesso em: 31 jan 2023.

FREIRE, E. C.; MORELLO, C. L.; FARIAS, F. J. C. Melhoramento do algodoeiro no Cerrado. In: FREIRE, E. C. (Org.). **Algodão no cerrado do Brasil**. 1. ed. Brasília, DF: Abrapa. 2007. v. 1, p. 267-318.

FREIRE, E. C.; MORELLO, C. L.; FARIAS, F. J. C.; FILHO, J. L. S.; VIDAL NETO, F. C.; PEDROSA, M. B.; SUINAGA, F. A.; COSTA, J. N.; ANDRADE, F. F. Objetivos e métodos usados nos programas de melhoramento do algodão. In: BELTRÃO, N. E. M.; AZEVEDO, D. M. P. (Ed.) **O agronegócio do algodão no Brasil**. 2 ed. Brasília, DF: Embrapa Informações Tecnológicas, 2008. v I, cap. 10, p. 299 – 324.

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, 2015. v. 1, cap. 6, p. 151 – 201.

FUZATTO, M. G. Melhoramento genético do algodoeiro. In: CIA, E.; FREIRE, E. C.; SANTOS, W. J. **Cultura do algodoeiro**. Piracicaba- SP: Potafos. 1999.

FUNDAÇÃO BLUMENAUENSE DE ESTUDOS TÊXTEIS (FBET). **HVI: análises dos resultados**. Blumenau, 17 p. 2004.

GARBUGLIO, D. D.; MIRANDA FILHO, J. B.; CELLA, M. Variabilidade genética em famílias S1 de diferentes populações de milho. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 31, n. 2, p. 209-213, 2009.

GARCIA, A. G. F.; SOUZA JÚNIOR, C. L. Comparação de índices de seleção não paramétricos para a seleção de cultivares. **Bragantia**. v. 58, n. 2. 1999.

GIPSON, J.R.; JOHAM, H.E. Influence of Night Temperature on Growth and Development of Cotton (*Gossypium hirsutum* L.) IV. Seed Quality 1. **Agronomy Journal**, v. 61, n. 3, p. 365-367, 1969.

GOMES, F. P. **Curso de estatística experimental**. 13^o Edição. São Paulo: Editora Livraria Nobel S.A., 1990.

GOMES, F. P. **Curso de estatística experimental** 14. ed. Piracicaba, SP: Degaspari, 477 p. 2000.

GOMES, I. H. R.A. **Seleção de genótipos de algodoeiro herbáceo submetidos ao estresse hídrico e a irrigação suplementar no semiárido**. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Universidade Estadual da Paraíba. 60 p. 2019.

GOMES, I. H. R. A.; CAVALCANTI, J. J. V.; FARIAS, F. J. C.; PAIXÃO, F. J. R. da; SILVA FILHO, J. L. da; SUASSUNA, N. D. Selection of cotton genotypes for yield and fiber quality

under water stress. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.26, n.8, p.610-617, 2022.

GOMES, W. S.; BORÉM, A. Biotecnologia: novo paradigma do agronegócio. **Revista de Economia e agronegócio**, v. 11, n. 1. p. 115-136, 2013.

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.

GROVER, C. E., X. ZHU, K. GRUPP, J. JARECZEK, J. P. GALLAGHER, E. SZADKOWSKI. Molecular confirmation of species status for the allopolyploid cotton species, *Gossypium ekmanianum*. **Genetic Resources and Crop Evolution**. 2014.

HALLAUER, A. R.; CARENA, M. J.; MIRANDA FILHO, J. B. **Quantitative genetics in maize breeding**. New York: Springer Science. p. 663. 2010.

HAZEL, H.N. The genetic basis for constructing selection indexes. **Genetics**, v. 28, n. 6, p. 476-490, 1943.

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

HAZEL, L.N.; LUSH, J.L. The efficiency of three methods of selection. **Journal of Heredity**, v. 33, p. 393-399, 1942.

HOOGERHEIDE, E. S. S.; VENCOVSKY, R.; FARIAS, F. J. C.; FREIRE, E. C.; ARANTES, E. M. Correlações e análise de trilha de caracteres tecnológicos e a produtividade de fibra de algodão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 10, p. 1401-1405, 2007.

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

IBGE – **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. 2020. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pb/alagoinha/panorama>. Acesso em: 18 out 2021.

ICAC – **International Cotton Advisory Committee**. 2023. Disponível em: <https://icac.org/DataPortal/DataPortal?Year=2021/22%20proj>. Acesso em: 03 jan 2023.

INMET – **Instituto Nacional de Meteorologia**. 2018. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home2/index>. Acesso em 07 out 2021.

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

JOST, P.; WHITAKER, J.; BROWN, S. M.; BEDNARZ, C. **Use of Plant Growth Regulators as a Management Tool in Cotton**. University of Georgia, College of Agriculture and Environmental Sciences. 12 p. 2006.

KIM, H. J. Fiber Biology. **Agronomy Monograph**. p. 97-128. 2015.

- KHAN, A.; PAN, X.; NAJEEB, U.; TAN, D. K. Y.; FAHAD, S.; ZAHOOR, R.; LUO, H. Coping with drought: stress and adaptive mechanisms, and management through cultural and molecular alternatives in cotton as vital constituents for plant stress resilience and fitness. **Biological Research**. v. 51, 2018.
- KOWITCHAROEN, L.; WONGS-AREE, C.; SETHA, S.; KOMKHUNTOD, R.; SRILAONG, V.; KONDO, S. Changes in abscisic acid and antioxidant activity in sugar apples under drought conditions. **Scientia Horticulturae**, v. 193, p. 1-6, 2015.
- LAMAS, F. M.; FERREIRA, A. C. B. Reguladores de crescimento. In: BORÉM, A.; FREIRE, E. C. **Algodão: do plantio à colheita**. Viçosa: Editora UFV, 2014. Cap 9. p. 176-198.
- LEE, J. A. Cotton. In: FEHR, W. R. (Ed.). **Principles of cultivar development**. New York: Macmillan. p. 126-160. 1987.
- LEHNINGER, N. D. L. **Princípios de bioquímica**. 4 ed. São Paulo. 2006.
- LIANG, F.; CHEN, M.; SHI, Y.; TIAN, J.; ZHANG, Y.; GOU, L.; ZHANG, W.; JIANG, C. Single boll weight depends on photosynthetic function of boll–leaf system in field-grown cotton plants under water stress. **Photosynthesis Research**, v. 150, p. 227-237, 2021.
- LIMA, A. K.V. O.; ALMEIDA, F. A. C.; SANTOS, J. W.; NETO, J. J. S.B. Características tecnológicas da fibra do algodão 'brs 200' marrom armazenada em duas microrregiões paraibanas. **Revista brasileira de oleaginosas e fibrosas**, v. 11, n. 3, p. 163-171, 2007.
- LIMA, A. S.; COSTA, M. E.; CAVALCANTI, J. J. V.; RODRIGUES, A. P. M. S. MENDONÇA JUNIOR, A. F. Fiber of cotton plant cultivar under drought conditions. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 14, n. 1, p. 166- 169, 2019.
- LIMA, T. C.; AQUINO, L. A.; BERGER, P. G. Botânica. IN: BORÉM, A. FREIRE, E. C. **Algodão do plantio à colheita**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2014. Cap 3, p. 49 - 66.
- LIMA, R.F.; ARAÚJO, W. P.; PEREIRA, J. R.; CORDÃO, M. A.; FERREIRA, F.N.; ZONTA, J. H. Fibras de algodoeiro herbáceo sob déficit hídrico. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 13, n. 4, p. 427-436, 2018.
- LIN, C. S.; BINNS, M. R. A superiority measure of cultivar performance for cultivars x location data. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 68, n. 1. p. 193-198, 1988.
- LORENCETTI, C.; CARVALHO, F. I. F. C.; OLIVEIRA, A. C.; VALÉRIO, I. P.; HARTWIG, I.; MARCHIORO, V. S.; VIEIRA, E. A. Retrocruzamento como uma estratégia de identificar genótipos e desenvolver populações segregantes promissoras em aveia. **Ciência Rural**, v. 36, n. 4, p. 11118- 1125, 2006.
- LOKHANDE, S.; REDDY, K.R. Quantifying temperature effects on cotton reproductive efficiency and fiber quality. **Agronomy Journal**, v. 106, n. 4, p. 1275-1282, 2014.
- MALVEZZI, R. **Semi-árido: Uma visão holística**. Brasília: Confea. 140 p. 2007.
- MANIÇOBA, R. M. **Manejo da irrigação em cultivares de algodoeiro herbáceo no semiárido brasileiro**. Tese (Doutorado em Manejo de Solo e Água) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido. 140 p. 2019.

- MANIÇOBA, R. M.; SOBRINHO, J. E.; ZONTA, J. H.; JUNIOR, E. G. C.; OLIVEIRA, A. K. S.; FREITAS, I. A. S. Resposta do algodoeiro à supressão hídrica em diferentes fases fenológicas no semiárido brasileiro. **Irriga**, v. 26, n. 1, p. 123-133, 2021.
- MARUR, R. J.; RUANO, O. A reference system for determination of cotton plant development. **Revista de oleaginosas e fibrosas**, v. 5, p. 313-317, 2001.
- MARUR, C. J. RUANO, O. **Escala do algodão um método para determinação de estádios de desenvolvimento do algodoeiro herbáceo**. 2004. Disponível: [http://www.ipni.net/publication/iabrasil.nsf/0/EB769E04A0D3A15983257AA2005B0E12/\\$FILE/Page3-4-105.pdf](http://www.ipni.net/publication/iabrasil.nsf/0/EB769E04A0D3A15983257AA2005B0E12/$FILE/Page3-4-105.pdf). Acesso em: 16 dez 2021.
- MARTINS, I.T. A. **Qualidade da fibra de diferentes cultivares brasileiras de algodão e sua relação com as condições meteorológicas**. Dissertação (Mestrado em ciências - Engenharia de sistemas agrícolas) - Universidade de São Paulo - Escola superior de agricultura “Luiz de Queiroz”. 162 p. 2020.
- MEDEIROS, J. C.; SILVA, O. R. R. F.; CARVALHO, O. S. Edafologia. In: **O agronegócio do algodão no Brasil**. 2 ed. Brasília -DF: Embrapa informação e tecnologia, 2008. v II. p. 131 - 180.
- MEDEIROS, L. A. **Seleção de genitores de algodoeiro colorido visando qualidade de fibra e potencial produtivo**. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Produção Vegetal) - Universidade Federal de Uberlândia. 70 p. 2021.
- MIZOGUCHI, E. T. Os laboratórios de classificação HVI no Brasil. In: BELOT, J. L. **Safra 2018- Manual de Qualidade da Fibra da AMPA**. Cuiabá, MT: IMAmt- Instituto Matogrossense do Algodão, 2018. Cap 2, 116-133.
- MOHAMMADI, R.; HAGHPARAST, R.; AGHAEI, M.; ROSTAEI, M.; POURDAD, S.S. Biplot Analysis of Multi-Environment Trials for Identification of Winter Wheat Megaenvironments in Iran. **World Journal of Agricultural Sciences**, v. 3, p. 475-480, 2007.
- MONCADA, J. V. L. **Eficiência de modelos de estimativa via sensoriamento remoto na evapotranspiração e coeficiente de cultura do algodoeiro**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Mato Grosso. 89 p. 2020.
- 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.
- MORAIS, J. P. S.; FARIAS, J. C. BELOT, J. L.; MARTINS, R. S.A.; MIZOGUCHI, E. T. **Interpretação das características avaliadas no SITC para qualidade de fibra de algodão – Uma abordagem prática**. Documentos 285. Campina Grande: Embrapa Algodão. 2021.
- 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.

NOVAES, T. G.; ALMEIDA, W. P.; SCHUSTER, I.; AGUIAR, P., MEHTA, Y. R. Herança de resistência do algodoeiro a *Ramularia areola*. **Summa Phytopathologica**, v. 37, p. 150-152, 2011.

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.

NIU, J.; ZHANG, S.; LIU, S.; MA, H.; CHEN, J.; SHEN, Q.; GE, C.; ZHANG, X.; PANG, C.; ZHAO, X. The compensation effects of physiology and yield in cotton after drought stress. **Journal of Plant Physiology**, v. 224–225, P. 30-48, 2018.

OGUZ, M. C.; AYCAN, M.; OGUZ, E.; POYRAZ, I.; YILDIZ, M. Drought Stress Tolerance in Plants: Interplay of Molecular, Biochemical and Physiological Responses in Important Development Stages. **Physiologia**, v. 2, p. 180–197, 2022.

OLIVEIRA, V. S.; **capacidade de combinação entre genótipos de algodoeiro herbáceo no semiárido nordestino**. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Universidade Estadual da Paraíba. 47 p. 2021.

PASSOS, S. M. G.; CANÉCHIO, V. F.; JOSÉ, A. **Principais culturas**. 2.ed. São Paulo: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 512 p. 1987.

PEDROSA, M.B.; SILVA FILHO, J.L.; MORELLO, C.L.; FREIRE, E.C.; ALENCAR, A.R.; ANDRADE, F.P.; CHITARRA, L.G.; FARIAS, F.J.C.; VIDAL NETO, F.C. **BRS 286: Cultivar de algodão com alta produtividade de pluma e de porte baixo, para cultivo no estado da Bahia**. In CONGRESSO BRASILEIRO DO ALGODÃO, 7., 2009, Foz do Iguaçu. Sustentabilidade da cotonicultura Brasileira e Expansão dos Mercados: Anais. Campina grande: Embrapa Algodão, 2009. p. 1477-1480.

PEIXOTO, C. P. **Princípios de Fisiologia Vegetal: Teoria e prática**. 1 ed. Rio de Janeiro: Pod editora, 256 p. 2020.

PEIXOTO, J. R.; VILELA, M. S. Visão Empresarial de um Produtor Rural / Melhorista Sobre o Mercado de Sementes. In: AMABILE, R. F.; VILELA, M. S.; PEIXOTO, J. R. (Editores técnicos) **Melhoramento de plantas: variabilidade genética, ferramentas e mercado**. Brasília, DF: Proimpress; Sociedade Brasileira de Melhoramento de Plantas, 2018.

PESEK, J.; BAKER, R.J. Desired improvement in relation to selected indices. **Canadian Journal of Plant. Science**, v. 49, n. 1, p. 803-804, 1969.

PENNA, J. C. V. Melhoramento do algodão. In: BORÉM, A. (Ed). **Melhoramento de espécies cultivadas**. 2. ed. Viçosa, MG: UFV, 2005. p. 15-53.

PEREIRA, J. R.; CORDÃO, M. A.; BEZERRA, J. R. C.; ARAÚJO, W. P.; ZONTA, J. H.; ALMEIDA, E. S. A. B.; FIRMINO, P. T.; FERREIRA, F. N.; Lima, R. F. **Características tecnológicas da fibra dos algodoeiros BRS 286 e BRS 336 sob déficit hídrico em diferentes fases fenológicas**. In: Congresso Brasileiro do algodão. 2017.

PEREIRA, R. F. **Prospecção de genótipos de algodoeiro tolerantes ao estresse hídrico baseada em caracteres agronômicos e fisiológicos**. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade federal da Paraíba. p. 73. 2017.

- PES, L. Z.; ARENHARDT, M. H.; **Fisiologia Vegetal**. Santa Maria, RS: Universidade Federal de Santa Maria, Colégio Politécnico, Rede e-Tec Brasil. 2015.
- PIMENTA, J. A. Relações hídricas. In: KERBAUY, G.B. **Fisiologia vegetal**. Rio de Janeiro - RJ: Editora Guanabara Koogan, 2004. cap 1.
- QUEIROGA, V. P.; MENDES, N. V. B.; Lima, D. C. Cultivo do algodoeiro barbadense (*Gossypium barbadense* L.), variedade Pima de fibra extralonga, para o Semiárido brasileiro. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 10, 2022.
- QUEIROZ, D. R. **Análise genética para caracteres agrônômicos e tecnológicos de fibra em genótipos de algodoeiro herbáceo (*Gossypium hirsutum* L. var. *latifolium* Hutch.)**. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Universidade Estadual da Paraíba. p. 66. 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.
- RAMOS, J. P.C. **Ganhos genéticos via índice de seleção e modelos mistos em amendoim indicado para o semiárido**. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal da Paraíba. 60 p. 2019.
- RAMOS, P. M. F.; SILVEIRA, O. R.; MAIA, J. C. F. Determinação da análise de regressão linear simples para explicar a influência dos atributos físicos do solo na produção do algodão. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 8, p. 1 – 17, 2022.
- RESENDE, M. D. V. **Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. 975p.
- RESENDE, M.D.V. **Matemática e Estatística na Análise de Experimentos e no melhoramento Genético**. Colombo: Embrapa Florestas, 2007, 561p.
- RIBEIRO, L. P.; CARVALHO, L. P.; FARIAS, F. J. C.; RODRIGUES, J. I. S.; TEODORO, P. E.; BHERING, L. L. Genetic gains in agronomic and technological traits of elite cotton genotypes. **Bragantia**, v. 77, n. 3, p.466-475, 2018.
- RIBEIRO, P. C. O.; SANTOS, C. V.; CAMPOLINA, C. V.; MENEZES, C. B. Métodos de melhoramento de sorgo. In: MENEZES, C. B. **Melhoramento genético de sorgo**. Brasília, DF: Embrapa, 2021. Cap 5. p. 145 - 166.
- ROBERTS, E.M.; RAO, N.R.; HUANG, J.Y.; TROLINDER, N.L.; HAIGLER, C.H. Effects of cycling temperatures on fiber metabolism in cultured cotton ovules. **Plant physiology**, v. 100, n. 2, p. 979-986, 1992.
- 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, p. 3763-37, 2016.
- ROSADO, C.C. G.; MARTINS, L. A. R.; SOUZA, L. C.; SOARES, T. C. B. Melhoramento genético participativo. In: MIRANDA, F. D.; FERREIRA, M. F. S.; CAVATTE, P. C.;

- SOARES, T. C. B. **Tópicos Especiais em Genética e Melhoramento II**. Alegre -ES: CCA-UFES, 2018. Cap 9. p. 193 -209.
- ROSSI, A. C. M.; SOUZA, E. R. C.; SILVA, M.G. Reguladores de crescimento na cultura do algodão (*Gossypium hirsutum* L.). **Research, Society and Development**, v. 9, n. 9, 2020.
- ROSOLEM, C. A. Ecofisiologia do algodoeiro: implicações na época de semeadura e qualidade. In: FREIRE, E. C. **Algodão no cerrado do Brasil**. 2 ed. Aparecida de Goiânia - GO: Mundial gráfica. Associação Brasileira dos Produtores de Algodão – ABRAPA. 2011.
- ROSOLEM, C. A. Exigências edafoclimáticas. IN: BORÉM, A. FREIRE, E. C. **Algodão do plantio à colheita**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2014. Cap 4, p. 67 - 89.
- SANCHEZ JUNIOR, J. L. B.; MALERBO-SOUZA, D. T. Frequência dos insetos na polinização e produção de algodão. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 26, n. 4, p. 461-465, 2004.
- SANTANA, J. C. F.; WANDERLEY, M. J. R.; BELTRÃO, N. E. M; AZEVEDO, D. M. P.; LEÃO, A. B.; VIEIRA, D. J. Características da fibra e do fio do algodão: análise e interpretação dos resultados. In: **O agronegócio do algodão no brasil**. 2 ed. vol 2. Brasília, DF: Embrapa informação tecnológica, 2008. p. 1101 - 1120.
- SANTOS JÚNIOR, A. dos S.; SANTOS, I.T. dos; LOPES, R. de P.; BARBOSA, E.A. Ecofisiologia do algodoeiro. In: DIAS, J.P. T (Org). **Ecofisiologia de culturas agrícolas**. EdUEMG, 169 p. Belo Horizonte, 2018.
- SARAIVA, S. M.; FRAGA, V. S.; ARAÚJO FILHO, J. C.; SANTOS, R. F.; FELIX, E. S.; CARNEIRO, K. A. A. Mineralogia de luvisolos formados sob gradiente pluviométrico no semiárido Paraibano. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 3, n. 4, p. 4416-4433, 2020.
- SESTREN, J. A.; DE LIMA, J. J. Características e classificação da fibra de algodão. In: FREIRE, E. C. **Algodão no cerrado do Brasil**. 2 ed. Aparecida de Goiânia, GO: Mundial gráfica, 2011. p. 891-976.
- SILVA, E. M. **Estratificação ambiental e análise da adaptabilidade de linhagens elite de algodão via método FGA**. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Universidade Estadual da Paraíba. 50 p. 2016.
- SILVA JÚNIOR, E. G.; REIS, M. C.; NASCIMENTO, A. F. O.; MONTI, L. L.; GOMES, B. C.; FERREIRA, J. F. M.; CARDOSO, D. B.; OLIVEIRA, M. M.; PENNA, J. C. V.; SOUSA, L. B. **Correlação genética, fenotípica e ambiental entre caracteres em genótipos de algodoeiro**. In: 8 Congresso Brasileiro de Melhoramento de Plantas. 2015.
- SILVA, R.S. **Adaptabilidade e estabilidade fenotípica de linhagens de algodoeiro herbáceo para as condições do semiárido nordestino**. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Universidade Estadual da Paraíba. 78 p. 2019.
- SILVA, R.S.; FARIAS, F. J. C; TEODORO, P. E; CAVALCANTI, J. J. V; CARVALHO, L. P de.; QUEIROZ, D.R. Phenotypic adaptability and stability of herbaceous cotton genotypes in the Semiarid region of the Northeast of Brazil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 24, p. 800-805, 2020.

- SILVA JÚNIOR, R. G. **Desempenho de vacas zebuínas suplementadas a pasto**. TCC (Bacharel em Zootecnia) – Universidade Federal da Paraíba. p. 36. 2020.
- SHINOZAKI, K.; YAMAGUCHI-SHINOZAKI, K. Gene networks involved in drought stress response and tolerance. **Journal of Experimental Botany**, v. 58, p. 221-227, 2007.
- SOARES, L. A. A.; DIAS, K. M. M.; NASCIMENTO, H. M.; LIMA, G. S.; OLIVEIRA, K. J. A.; SILVA, S. S. Estratégias de manejo do déficit hídrico em fases fenológicas do algodoeiro colorido. **Irriga**, v. 25, n. 4, p. 656-662, 2020.
- SOUZA, G. P. **Estimativas de parâmetros genéticos e estabilidade fenotípica em cultivares de algodoeiro herbáceo**. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Universidade Estadual da Paraíba. 67 P. 2018.
- SOUSA, L. B. O algodoeiro: Alguns aspectos importantes da cultura. **Revista Verde**, v. 5, n. 4, p. 19-26, 2010.
- SMITH, H.F. A discriminant function for plant selection. **Annals of Eugenics**, v. 7, p. 240-250, 1936.
- TAI, G.C.C. Index selection with desired gains. **Crop Science**, v. 17, p. 182-183, 1977.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed. 819 p. 2009.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013.
- TAIZ, L; ZEIGER, E; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Tradução de MASTROBERTI, A. A. et al. 6 ed. – Porto Alegre: Artmed, 2017.
- TEIXEIRA, D. H. L.; OLIVEIRA, M. do S. P. de; GONÇALVES, F. M. A.; NUNES, J. A. R. Correlações genéticas e análise de trilha para componentes da produção de frutos de açaizeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.34, p. 1135-1142, 2012.
- TEIXEIRA, D.H.L.; OLIVEIRA, M. do S.P. de; GONÇALVES, F.M.A.; NUNES, J.A.R. Índices de seleção no aprimoramento simultâneo dos componentes da produção de frutos em açaizeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, p. 237-243, 2012.
- TEODORO, P.E.; SILVA JUNIOR, A.C. da; CORREA, C.C.; RIBEIRO, L.P.; OLIVEIRA, E.P. de; LIMA, M.F.; TORRES, F.E. Path analysis and correlation of two genetic classes of maize (*Zea mays* L.). **Journal of Agronomy**, v. 13, p. 23-28, 2014.
- TINÔCO, I. C. M; BEZERRA, B. G.; LUCIO, P. S.; BARBOSA, L.M. Characterization of Rainfall Patterns in the Semiarid Brazil. **Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ**. vol. 41. p. 397-409. 2018.
- TOEBE, M.; CARGNELUTTI FILHO, A. Não normalidade multivariada e multicolinearidade na análise de trilha em milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, n. 5, p. 466-477, 2013.
- TORRES, F. E.; VALLE, C. B.; LEMPP, B.; TEODORO, P. E.; SANTOS, A.; RIBEIRO, L. P. Contribuição dos caracteres de qualidade da forragem ao teor de proteína bruta em *Urochloa brizantha*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 3, p. 284-287, 2016.

- VASCONCELOS, U. A. A. **Análise dialética em algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.) para tolerância à seca**. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Universidade Estadual da Paraíba. p. 47. 2016.
- VASCONCELOS, W. S. **Análise genética para caracteres de fibras em genótipos de algodoeiro submetidos a estresse hídrico**. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Universidade Estadual da Paraíba. p. 61. 2016a.
- VASCONCELOS, W. S.; SANTOS, R. C.; VASCONCELOS, U. A. A.; CAVALCANTI, J. J. V.; FARIAS, F. J. C. Estimates of genetic parameters in diallelic populations of cotton subjected to water stress. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 24, n. 8, 2020.
- VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. Genética biométrica no fito-melhoramento. **Revista Brasileira de Genética**, 496 p., 1992.
- VERHALEN, L. M.; GREENHAGEN, B.E.; BANKS, J.C. **Choosing which cotton varieties to grow**. Oklahoma State University (Oklahoma Cooperative Extension Service. Current Report, 2119). 2002. Disponível em < <https://shareok.org/handle/11244/333237.2>> Acesso em: 14 abril 2023.
- VIDAL NETO, F. C.; FREIRE, E. C. Melhoramento genético do algodoeiro. In: VIDAL NETO, F. C.; CAVALCANTI, J. J. V. (Ed.) **Melhoramento genético de plantas no Nordeste**. 1 ed. Brasília, DF: Embrapa, 2013. v. 1, Cap. 3, p. 49 – 83.
- 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. Algodão: Taxonomy and Evolution of the Cotton Genus *Gossypium*. **Agronomy Monographs**. 2015.
- WILLIAMS, J. S. The evaluation of a selection index. **Biometrics**, v.18, p.375-393, 1962.
- YANG, X.; LU, M.; WANG, Y. WANG, Y.; LIU, Z.; LIU, S. Response Mechanism of Plants to Drought Stress. **Horticulturae**, v. 7, n. 50, 2021.
- YEATES, S. Efeitos do estresse hídrico na fisiologia do algodoeiro. IN: ECHER, F. R. **O algodoeiro e os estresses abióticos: temperatura, luz, água e nutrientes**. 1 ed. Cuiabá, MT: IMAmt, 2014. Cap 3, p. 63-77.
- YOKOMIZO, G.K.I.; FARIAS NETO, J.T. de. Caracterização fenotípica e genotípica de progênies de pupunheira para palmito. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 1, p. 67-72, 2003.
- YOKOMIZO, G. K.; VELLO, N. A. Coeficiente de determinação genotípica e de diversidade genética em topocruzamentos de soja tipo alimento com tipo grão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 11, p. 2223 – 2228, 2000.

ZONTA, J. H.; BEZERRA, J. R. C.; SOFIATTI, V.; FARIAS, F. J. C.; 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, 2015.

ZONTA, J. H.; BRANDÃO, Z. N. SOFIATIL, V. BEZERRA, I. 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.

ZOU, J.; HU, W.; LI, Y.; HE, J.; ZHU, H.; ZHOU, Z. Screening of drought resistance indices and evaluation of drought resistance in cotton (*Gossypium hirsutum* L.). **Journal of Integrative Agriculture**, v. 19, p. 495-508, 2020.

ZUMBA, J.; RODGERS, J.; INDEST, M. Impact of temperature and relative humidity on the near infrared spectroscopy measurements of cotton fiber micronaire. **Textil Reserach Jounal**, p 1-13, 2018.