



UEPB

**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**

LUANA DOS SANTOS CARNEIRO

**ESTABILIDADE E ADAPTABILIDADE FENOTÍPICA DOS CARACTERES
AGRONÔMICOS E DE FIBRAS EM LINHAGENS DE ALGODOEIRO HERBÁCEO
NA REGIÃO SEMIÁRIDA DO NORDESTE**

**CAMPINA GRANDE
2021**

LUANA DOS SANTOS CARNEIRO

**ESTABILIDADE E ADAPTABILIDADE FENOTÍPICA DOS CARACTERES
AGRONÔMICOS E DE FIBRAS EM LINHAGENS DE ALGODOEIRO HERBÁCEO
NA REGIÃO SEMIÁRIDA DO NORDESTE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias da Universidade Estadual da Paraíba como requisito parcial a obtenção do título de Mestre em Ciências Agrárias.

Área de concentração: Biotecnologia e Melhoramento Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Francisco José Correia Farias

**CAMPINA GRANDE - PB
2021**

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.

C289e Carneiro, Luana dos Santos.

Estabilidade e adaptabilidade fenotípica dos caracteres agrônômicos e de fibras em linhagens de algodoeiro herbáceo na região semiárida do Nordeste [manuscrito] / Luana dos Santos Carneiro. - 2021.

58 p.

Digitado.

Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Universidade Estadual da Paraíba, Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa, 2022.

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

1. *Gossypium hirsutum*. 2. Melhoramento agrícola. 3. Produção algodoeira. 4. Cultivo de algodão. I. Título

21. ed. CDD 633.51

LUANA DOS SANTOS CARNEIRO

**ESTABILIDADE E ADAPTABILIDADE FENOTÍPICA DOS CARACTERES
AGRONÔMICOS E DE FIBRAS EM LINHAGENS DE ALGODOEIRO HERBÁCEO
NA REGIÃO SEMIÁRIDA DO NORDESTE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias da Universidade Estadual da Paraíba como requisito a obtenção do título de Mestre em Ciências Agrárias.

Área de concentração: Biotecnologia e Melhoramento Vegetal.

Aprovada em: 21/12/2021

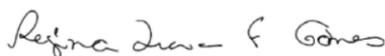
Banca examinadora



Prof. Dr. José Jaime Vasconcelos Cavalcanti – Embrapa/UEPB



Prof. Dr. Carlos da Domingues da Silva – Embrapa/UEPB



Prof. Dra. Regina Lucia Ferreira Gomes – UFPI



Prof. Dr. Francisco José Correia Farias (D. Sc., Genética e Melhoramento de Plantas) –
Embrapa Algodão
Orientador

A **Deus** que permitiu que esse sonho pudesse
acontecer!
DEDICO.

AGRADECIMENTOS

À Deus, por me abençoar sempre, em tudo que Ele me propõe diariamente, por estar a frente de todas as minhas escolhas e por traçar sempre os melhores caminhos para minha vida.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias da UEPB, à EMBRAPA Algodão e a CAPES, pela oportunidade de realização da pesquisa e concessão da bolsa de estudos, agradeço pela acolhida e oportunidades oferecidas a mim.

Ao Prof. Dr. Francisco José Correia Farias pelo apoio, orientação, incentivo e confiança. Por sempre me ajudar a trilhar meu futuro profissional, sendo exemplo de dedicação, perseverança e profissionalismo.

Aos professores do programa pelos conhecimentos transmitidos durante suas disciplinas.

A minha mãe por ser a melhor do mundo e minhas irmãs, por estarem sempre ao meu lado me apoiando nas minhas escolhas sempre...

Ao meu esposo, Gilmar, que independente das dificuldades sempre me ajudou, obrigada pelo companheirismo e dedicação.

À minha queridíssima sogra Luzinete que, sem dúvida, foi o meu amparo para a minha ausência para com Layse Vitória, educando-a da forma mais carinhosa e amorosa, obrigada.

A minha amiga de toda a vida, minha comadre Sabrina Kelly, que mesmo distante sempre encontra uma forma de estar presente em nossas vidas, obrigada pelo companheirismo e participação em momentos especiais e decisivos em minha vida! E que levarei para todo o sempre!

Aos companheiros de estrada, que desde a graduação sempre estão aptos a me ajudar, Francisco de Assis, Valdeir, serei sempre muito grata a vocês por toda ajuda que me concederam, nas horas de estudos, pelo companheirismo e acima de tudo pela amizade e aprendizado de vida que adquiri ao lado e ao longo dessa jornada com vocês e que levarei comigo para sempre.

Obrigada a Damião Queiroz pela ajuda na estatística, sempre paciente e prestativo.

Aos amigos da Pós-Graduação e da EMBRAPA, que caminharam junto comigo e que de alguma forma participaram de toda a minha trajetória, agradeço a cada um: Bruno, Cristiano, Dayse, Igor, Ivanice, Edson, Eugênio, Joan, Marília, Ruan, Ruth, Tiberio, pelo companheirismo e momentos compartilhados durante as atividades acadêmicas. Que Deus abençoe cada um de nós, ajudando-nos a trilhar os melhores caminhos.

Por fim, a todos que de alguma forma contribuíram para que eu obtivesse êxito em mais um ciclo da minha vida, a todos meu muito obrigada.

RESUMO

O algodoeiro herbáceo (*Gossypium hirsutum* L.) é uma das principais espécies cultivadas para produção de fibras, sendo explorada em regiões tropicais e subtropicais. O Brasil se destaca no cenário mundial como um dos principais produtores e exportadores da fibra de algodão. No desenvolvimento dos programas de melhoramento, é importante que a cultura seja submetida a condições adversas, como as variações anuais no regime pluviométrico, temperatura e umidade. Assim, o estudo da interação genótipo x ambiente (GxA) pode ser realizado por meio de testes de estabilidade e adaptabilidade fenotípica, que irão ajudar na escolha dos melhores materiais vegetais para determinada região. O presente trabalho teve como objetivo caracterizar e avaliar a magnitude da interação GxA sobre os caracteres de produção e qualidade de fibra dos genótipos das linhagens finais de algodoeiro herbáceo para o semiárido brasileiro. Foram avaliados dezessete genótipos em experimentos conduzidos nas cidades de Apodi-RN e Barbalha-CE nos anos de 2016 e 2017, totalizando quatro ambientes. As características avaliadas foram: peso do capulho, produtividade de algodão em caroço, produtividade de fibra, porcentagem de fibra, comprimento, resistência, micronaire e fiabilidade. Realizou-se análises de variância individual, conjunta e análises de adaptabilidade e estabilidade seguindo as metodologias propostas por Eberhart e Russell (1966), Lin e Binns (1988) modificada por Carneiro (1998), Annicchiarico (1992) e Wricke (1965). As diferentes metodologias adotadas neste estudo foram concordantes e complementares, sendo eficientes e de fácil aplicação na identificação de genótipos de algodoeiro adaptados e estáveis. Os resultados obtidos indicaram que os genótipos CNPA BA 2011-751, CNPA GO 2010-147, CNPA GO 2009 195 e FM 993, com elevada produtividade, ampla adaptabilidade e estabilidade para as condições de cultivo na região semiárida nordestina.

Palavras-chave: *Gossypium hirsutum*. Interação genótipo x ambiente. Melhoramento.

ABSTRACT

The herbaceous cotton (*Gossypium hirsutum* L.) is one of the main species cultivated for fiber production, being exploited in tropical and subtropical regions. Brazil stands out on the world stage as one of the main cotton fiber producers and exporters. In developing breeding programs, it is important that the crop is subjected to adverse conditions, such as annual variations in rainfall, temperature and humidity. Thus, the study of the genotype x environment (GxA) interaction can be carried out through tests of stability and phenotypic adaptability, which will help in choosing the best plant materials for a given region. The present work aimed to characterize and evaluate the magnitude of the GxA interaction on the production and fiber quality characters of the genotypes of the final lines of herbaceous cotton for the Brazilian semiarid region. Seventeen genotypes were evaluated in experiments conducted in the cities of Apodi-RN and Barbalha-CE in the years 2016 and 2017, totaling four environments. The characteristics evaluated were: boll weight, seed cotton yield, fiber yield, fiber percentage, length, strength, micronaire and reliability. Individual and joint analysis of variance and analysis of adaptability and stability were performed following the methodologies proposed by Eberhart and Russell (1966), Lin and Binns (1988) modified by Carneiro (1998), Annicchiarico (1992) and Wricke (1965). The different methodologies adopted in this study were consistent and complementary, being efficient and easy to apply in the identification of adapted and stable cotton genotypes. The results obtained indicated that the genotypes CNPA BA 2011-751, CNPA GO 2010-147, CNPA GO 2009 195 and FM 993, with high productivity, wide adaptability and stability to the cultivation conditions in the semi-arid region of the Northeastern Brazil.

Keywords: *Gossypium hirsutum*. Genotype x environment interaction. Breeding.

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Nomes e obtentores dos 17 genótipos dos Ensaios de Linhagens Finais (ELF) de algodoeiro herbáceo avaliados..... 23
- Tabela 2..** Quadro da análise de variância individual dos genótipos de algodoeiro testados do modelo (1) 26
- Tabela 3.** Quadro da análise de variância conjunta dos genótipos de algodoeiro do modelo (2) efeitos fixos de genótipos e aleatórios de ambientes 26
- Tabela 4.** Resumo da análise de variância individual para as características: P1C (peso de um capulho), PROD (produtividade de algodão em caroço), PF (porcentagem de fibra), PRODF (produtividade de fibra), UHM (comprimento de fibra), MIC (micronaire) e CSP (fiabilidade) do Ensaio de Linhagens Finais (EFL) de algodoeiro herbáceo avaliadas nos ambientes Apodi, 2016; Barbalha, 2016; Apodi, 2017; Barbalha, 2017 31
- Tabela 5.** Resumo da análise de variância conjunta dos Ensaios de Linhagens Finais (ELF) de algodoeiro herbáceo para as características: P1C (peso de um capulho), PROD (produtividade de algodão em caroço), PF (porcentagem de fibra), PRODF (produtividade de fibra), COMP (comprimento de fibra), MIC (micronaire) e CSP (fiabilidade)..... 33
- Tabela 6.** Médias das variáveis tecnológicas de fibra de cada genótipo avaliadas no Ensaio de Linhagens Finais (ELF) de algodoeiro herbáceo no Ambiente A (Apodi, 2016), classificadas segundo o teste de Scott e Knott (1974). P1C (peso de um capulho), PROD (produtividade de algodão em caroço), PF (porcentagem de fibra), PRODF (produtividade de fibra), COMP (comprimento de fibra), STR (resistência), MIC (micronaire) e CSP (fiabilidade) 37
- Tabela 7.** Médias das variáveis tecnológicas de fibra de cada genótipo avaliadas no Ensaio de Linhagens Finais (ELF) de algodoeiro herbáceo no Ambiente B (Barbalha, 2016), classificadas segundo o teste de Scott e Knott (1974). P1C (peso de um capulho), PROD (produtividade de algodão em caroço), PF (porcentagem de fibra), PRODF (produtividade de

fibra), COMP (comprimento de fibra), STR (resistência), MIC (micronaire) e CSP (fiabilidade) 38

Tabela 8. Médias das variáveis tecnológicas de fibra de cada genótipo avaliadas no Ensaio de Linhagens Finais (ELF) de algodoeiro herbáceo no Ambiente C (Apodi, 2017), classificadas segundo o teste de Scott e Knott (1974). PIC (peso de um capulho), PROD (produtividade de algodão em caroço), PF (porcentagem de fibra), PRODF (produtividade de fibra), COMP (comprimento de fibra), STR (resistência), MIC (micronaire) e CSP (fiabilidade) 39

Tabela 9. Médias das variáveis tecnológicas de fibra de cada genótipo avaliadas no Ensaio de Linhagens Finais (ELF) de algodoeiro herbáceo no Ambiente D (Barbalha, 2017), classificadas segundo o teste de Scott e Knott (1974). PIC (peso de um capulho), PROD (produtividade de algodão em caroço), PF (porcentagem de fibra), PRODF (produtividade de fibra), COMP (comprimento de fibra), STR (resistência), MIC (micronaire) e CSP (fiabilidade) 40

Tabela 10. Médias gerais das variáveis tecnológicas de fibra dos genótipos avaliadas no Ensaio de Linhagens Finais (ELF) de algodoeiro herbáceo, classificadas segundo o teste de Scott e Knott (1974). PIC (peso de um capulho), PROD (produtividade de algodão em caroço), PF (porcentagem de fibra), PRODF (produtividade de fibra), COMP (comprimento de fibra), STR (resistência), MIC (micronaire) e CSP (fiabilidade) 41

Tabela 11. Estimativas dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade fenotípica segundo o método proposto por Eberhart e Russell (1966) para produtividade de algodão em caroço (PROD) e produtividade de fibra (PRODF) do Ensaio de Linhagens Finais (ELF) de algodoeiro herbáceo avaliadas em 4 ambientes do Semiárido Nordeste 46

Tabela 12. Estimativas dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade fenotípica segundo o método proposto por Lin e Binns (1988) modificado por Carneiro (1998) para produtividade de algodão em caroço (PROD) e produtividade de fibra (PRODF) do Ensaio de Linhagens Finais (ELF) de algodoeiro herbáceo, com decomposição de Pi (parâmetro de estabilidade e adaptabilidade) em ambiente favorável (Pif) e desfavorável (Pid) 47

Tabela 13. Estimativas dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade fenotípica, pelo método de estabilidade de Annicchiarico (1992). Índice de confiança (W_i), com decomposição em ambientes favoráveis (W_{if}) e desfavoráveis (W_{id}), para produtividade de algodão e produtividade de fibra (PRODF) do Ensaio de Linhagens Finais avaliadas em 4 ambientes do Semiárido Nordeste. 48

Tabela 14. Estimativas dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade fenotípica, pelo método de estabilidade de Wricke (1965). Ecovalência (W_i) para produtividade de algodão em caroço (PROD) e produtividade de fibra (PRODF) do Ensaio de Linhagens Finais avaliadas em 4 ambientes do Semiárido Nordeste. 49

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 REFERENCIAL TEÓRICO	13
2.1 Aspectos gerais da cultura do algodoeiro	13
2.2 Melhoria genética do algodoeiro no Brasil	14
2.3 Interação genótipo x ambiente e o Ensaio de Linhagens Finais (ELF) de algodoeiro herbáceo	15
2.4 Adaptabilidade e Estabilidade	17
2.5 Metodologias de avaliação de adaptabilidade e estabilidade	18
2.5.1 Metodologias baseadas em análise de regressão	19
2.5.2 Metodologias baseadas em análise não-paramétrica e análise de variância	20
2.6 Qualidade da fibra do algodoeiro	21
3 MATERIAIS E MÉTODOS	23
3.1 Germoplasma	23
3.2 Locais de condução dos experimentos	23
3.3 Análises estatísticas dos dados	24
3.3.1 Delineamento experimental	24
3.3.2 Variáveis avaliadas	24
3.3.3 Análises de variância individual e conjunta	25
3.4 Análises de adaptabilidade e estabilidade fenotípica	27
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
4.1 Análises de variância individuais	30
4.2 Análise de variância conjunta	32
4.3 Comparação de médias	34
4.4 Análise de adaptabilidade e estabilidade	42
5 CONCLUSÕES	50
REFERÊNCIAS	51

1 INTRODUÇÃO

O algodão herbáceo (*Gossypium hirsutum* L.), denominado como algodão anual, é uma das principais espécies cultivadas para produção de fibras, sendo explorada em regiões tropicais e subtropicais (QUEIROZ et al., 2017) e cultivado em mais de 70 países, desempenhando um importante papel na economia global (CARVALHO et al., 2019). Trata-se de uma das *commodities* mais importantes para o agronegócio brasileiro (ALBUQUERQUE et al., 2020), na qual a produtividade aumentou devido aos investimentos em pesquisas e tecnologias, permitindo assim, a autossuficiência no mercado interno e a retomada das exportações (FREIRE, 2015).

Na safra 2019/2020, na cotação do algodão em pluma, o Brasil foi o quarto maior produtor mundial, com 3.001,6 (em 1000 t) (USDA-FAS, 2020; CONAB, 2020), sendo o Centro-Oeste a maior região produtora, com 2.300,1 (ton x 1.000), seguida da região Nordeste, com 701,5 (ton x 1.000) (CONAB, 2020). No Brasil há grande número de cultivares de algodão com grande produtividade potencial e excelente qualidade da fibra (ALBUQUERQUE et al., 2020).

No âmbito nacional, as áreas de cultivo de algodão aumentaram na região do cerrado nos estados da Bahia, Piauí, Maranhão e Tocantins (BARROSO et al., 2017), no entanto, existe algumas cultivares que se desenvolvem em regiões semiáridas, devido apresentarem tolerância à seca. Para conservar a produtividade e aumentar a capacidade de competição, é de fundamental importância o desenvolvimento de programas de melhoramento que determine cultivares de algodão adaptadas às condições particulares de cada região.

A produção e lançamento de cultivares de algodão no Brasil depende da demanda, na qual os produtores buscam atender às exigências da indústria têxtil (MORELLO et al. 2015) e antes que algum genótipo seja recomendado, vários ensaios em diferentes ambientes são realizados para avaliá-los (COTRIM et al., 2020). Nos programas de melhoramento, é importante que a cultura seja submetida a condições adversas, como as variações anuais no regime pluviométrico, temperatura e umidade.

De acordo com Cruz et al. (2012), o objetivo dos programas de melhoramento vegetal é identificar genótipos com alto potencial produtivo, relacionando adaptabilidade e

estabilidade nos ambientes avaliados, entretanto, quando existe uma resposta diferencial dos genótipos em função do ambiente, é necessário diminuir o efeito desta interação por meio da condução dos experimentos em vários locais e anos, permitindo analisar a magnitude da interação e seu possível impacto sobre a seleção.

Os programas de melhoramento genético do algodão herbáceo visam de forma geral, aumentar a produtividade, aumentar o rendimento da fibra, obter fibras resistentes e uniformes e obter cultivares mais precoce e de ciclo determinado (FREIRE et al., 2008), levando em consideração as características edafoclimáticas das regiões. O comportamento diferencial de um genótipo em relação ao efeito ambiental é compreendido como genótipos x interação de ambientes (GxA), e estudar esta interação é relevante para que se possa recomendar pelo menos dois ambientes e duas cultivares para uma determinada região (COTRIM et al., 2020).

O estudo desta interação pode ser realizado por meio de metodologias de estabilidade e adaptabilidade, que irão auxiliar na escolha dos melhores genótipos (RAMALHO et al., 2012). Dentre as principais metodologias que explicam os efeitos principais (de genótipos e de ambientes) e de sua interação, destacam-se: Eberhart e Russell (1966), Annicchiarico (1992), Wricke (1965), Lin e Binns (1988) modificado por Carneiro (1998) (com caráter univariado). Estas análises assumem um papel fundamental na condução dos programas de melhoramento em relação ao processo de seleção dos genótipos mais promissores (CARVALHO et al., 2017). Com isto, o presente trabalho teve como objetivo caracterizar e avaliar a magnitude da interação GxA sobre os caracteres de produção e qualidade de fibra dos genótipos das linhagens finais de algodoeiro herbáceo para o semiárido brasileiro.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Aspectos gerais da cultura do algodoeiro

O algodão tem sido utilizado por muitas gerações e estudos mencionam que seu uso pela humanidade teve início há mais de 4.000 anos, com relatos de cultivo por pelo menos 3.000 anos (LEE e FANG, 2015). O gênero *Gossypium* pode ser dividido em dois grupos: cultivados e silvestres. Dentre os cultivados se destacam: *G. arboreum* L., *G. herbaceum* L., *G. hirsutum* L. e *G. barbadense* L. (EGBUTA et al., 2017), sendo os dois primeiros diplóides ($2n=2x=26$ A-G e K) e os dois últimos, considerados as espécies de algodão mais cultivadas, são alotetraploides ($2n=4x=52$) (FREIRE, 2000). Essas espécies variam em relação à qualidade da fibra, que é definida pelo comprimento, maturidade, resistência e *micronaire* (EGBUTA et al., 2017).

A domesticação dessas quatro espécies ocorreu em diferentes regiões do mundo: *G. arboreum* na Índia e no Paquistão; *G. herbaceum* na Arábia e Síria; *G. barbadense* na América do Sul; e *G. hirsutum* na Mesoamérica (D'EECKENBRUGGE e LACAPE, 2014). Esta última apresenta a América Central com uma vasta diversidade botânica, e assim, um grande número de raças, na qual, existem *latifolium*, *marie-galante* (mocó), *morrili*, *palmeri*, *punctatum*, *richmondi* e *yucatanense* (SOUSA, 2010). Alguns relatos consideram a existência de um ancestral comum entre *G. hirsutum* e *G. barbadense*, cuja provável origem é o Continente Africano (BELTRÃO e ARAÚJO, 2004).

No Brasil o cultivo do algodão, teve início no Norte e no Nordeste, na qual o primeiro grande produtor foi o Maranhão, que no ano de 1760 exportou para a Europa suas primeiras sacas do produto, e junto com os demais estados nordestinos, se tornaram a primeira grande região produtora do país, dedicando-se ao plantio do algodão arbóreo perene, de fibras mais longas (SOUSA, 2010). Entretanto o cultivo do algodão anual iniciou-se no estado de São Paulo, o qual se expandiu para os estados do Paraná, Mato Grosso e Goiás, responsáveis pela grande produção algodoeira do Brasil (FREIRE et al., 1997).

O algodão representa a maior fonte de fibras têxteis naturais do mundo, na qual mais de 90% da produção anual vem do algodão alotetraplóide, que se originou de um evento de hibridização intergenômica há aproximadamente de um a dois milhões de anos (WANG et al., 2017), sendo o *G. hirsutum* o mais cultivado devido seu alto rendimento, com fibras mais

longas, finas e fortes (WANG et al., 2019), mantendo a reputação de "rainha das plantas fibrosas", conhecido também como "ouro branco" (DHIVYA et al., 2014).

O produto do algodoeiro é denominado algodão em caroço, composto pela pluma (fibra) e pelo caroço (sementes com línter), e sua utilização se concentra na indústria de fiação e tecelagem, na indústria de alimentação animal (farelo) e humana (óleo) (SOUSA, 2010), sendo, portanto, a única espécie domesticada considerada em termos econômico como trina (HENRIQUE e LACA-BUENDÍA, 2010).

O algodoeiro, é uma planta de crescimento indeterminado, possuindo uma das morfologias mais complexa entre as plantas cultivadas, e as diversas cultivares apresentam ciclos diferenciados, podendo ser precoces ou tardias (SOUSA, 2010). Esta cultura possui flores hermafroditas e um sistema reprodutivo misto, por ser parcialmente autógama, devido à ocorrência simultânea de autofecundação e cruzamento natural de origem entomófila (VIDAL NETO e FREIRE, 2013). Segundo esses autores, o conhecimento da taxa de cruzamento do algodoeiro é importante, já que influencia de forma direta na escolha dos métodos de melhoramento, na manutenção da pureza dos genótipos e na produção de sementes.

2.2 Melhoramento genético do algodoeiro no Brasil

O melhoramento de plantas pode ser definido como a ciência e ou arte de modificar as plantas para o benefício humano (BORÉM e MIRANDA, 2009), tratando-se de uma ciência multidisciplinar que adota princípios da genética para desenvolver cultivares melhoradas para uso humano e animal, fazendo uso de conhecimentos das áreas de agronomia, botânica, genética, genética molecular, citogenética, fisiologia, bioquímica, estatística, entre outras (SCHLEGEL, 2003).

O melhoramento de plantas, como se conhece atualmente, teve origem juntamente com a agricultura há mais de 10.000 anos, e desde então, sobretudo no último século e início do atual, ocorreram algumas transformações no ambiente agrícola (FREITAS, 2006), como por exemplo, a seca que ocorre em várias regiões do território nacional, afetando diretamente a produção. Desta forma, o melhoramento vegetal tem contribuído para proporcionar aos produtores cultivares mais estáveis e adaptadas ao padrão regional de chuvas (CARVALHO et al., 2019).

No Brasil, o programa de melhoramento do algodão teve início em 1921, quando foi reativado o Serviço Federal do Algodão, do Ministério da Agricultura, com a finalidade de oferecer assistência técnica aos agricultores, estimular o melhoramento das variedades, desenvolver pesquisas para uso e conservação dos solos, clima, efeitos do controle fitossanitário de pragas e doenças do algodoeiro e para incentivar a criação de campos experimentais (VIDAL NETO e FREIRE, 2013). No século XX, os programas de melhoramento do algodão foram direcionados aos algodoeiros de fibra branca destinados a produção de pluma para atender a indústria têxtil, enquanto aqueles de fibra colorida aprimorados para atender o mercado artesanal ou ornamental de fibras, principalmente nos estados de Minas Gerais e Bahia (CARVALHO et al., 2015).

No semiárido nordestino, a cultura do algodão herbáceo continua sendo uma das principais atividades do meio rural, em especial para os pequenos e médios produtores (SILVA et al., 2017). O programa de melhoramento desenvolvido pela Embrapa Algodão para as condições semiáridas tem objetivos semelhantes à de outros países da América Latina, como melhorar a produtividade, o rendimento no descaroçamento e obter cada vez mais fibras de melhor qualidade, com prioridade para obtenção de cultivares mais produtivas, precoces, com alto rendimento de fibras, fibras finas, resistentes e uniformes (QUEIROZ, 2017).

O sucesso da cotonicultura deve-se, em grande parte, ao programa de melhoramento genético dessa malvácea com a geração de cultivares mais produtivas e comerciáveis (SOUSA, 2010).

2.3 Interação genótipo x ambiente e o Ensaio de Linhagens Finais (ELF) de algodoeiro herbáceo

O genótipo se refere a composição genética do indivíduo, e a expressão fenotípica de determinado genótipo está relacionado com o ambiente que influencia o seu desenvolvimento. Quando uma cultivar se desenvolve em diferentes condições ambientais, a mesma é exposta a diferentes tipos de solo, níveis de fertilidade, teores de umidade, temperatura, estresses bióticos e abióticos, entre outros fatores (GUL et al., 2016), tendo, portanto, expressões fenotípicas diferentes.

O comportamento diferencial de um genótipo em função da variação ambiental é denominado interação genótipo x ambiente (GxA), e compreender esta interação através dos

programas de melhoramento é de grande relevância, principalmente, para seleção dos melhores genótipos com adaptação ampla ou específica para determinada região (COTRIM et al., 2020). Portanto a recomendação de cultivares com ampla adaptabilidade não é tarefa fácil, podendo ser facilitada quando se detecta os efeitos genéticos, ambientais e o efeito adicional proporcionado pela interação destes fatores (CRUZ et al., 2012).

A Embrapa Algodão desenvolve pesquisas de melhoramento genético de algodão em duas grandes regiões: no Semiárido e Cerrado Brasileiro (COTRIM et al., 2020). A diversificação climática do semiárido brasileiro, que abrange desde climas úmidos a semiáridos, contribui para altas estimativas de interação GxA nas populações em fase de melhoramento, dificultando a seleção e a identificação de genótipos com estabilidade de produção (VASCONCELOS et al., 2015). Os efeitos da interação GxA na seleção de algodoeiros dificilmente são nulos, mas eles podem ser amenizados por meio da condução de maior número de ensaios, repetidos em vários locais e anos, o que permite maior confiabilidade nos processos de seleção e recomendação de genótipos mais produtivos e adaptados (SILVA e DUARTE, 2006).

Em publicações científicas e catálogos de avaliação genética devem ser apresentados os valores intrínsecos de combinação das características agronômicas do genótipo e/ou cultivar, com ausência dos efeitos ambientais, os quais são os verdadeiros valores de ensaio de linhagens finais (ELF), requisitados pelo Ministério da Agricultura para fins legais de recomendação, registro e proteção de cultivares (POMPEU JÚNIOR et al., 2013). A análise dos dados resultantes de experimentos de ELF em multilocais, deve ser realizado sob modelos que ajustem de forma cautelosa os valores genotípicos livre dos efeitos ambientais, como blocos, locais, anos, dentre outros (BORGES et al., 2010).

A avaliação nos ELF é bastante trabalhosa e onerosa, por isto, deve-se realizar um planejamento cauteloso, para melhor representar a região e evitar a avaliação genotípica em locais desnecessários, eliminando ou substituindo locais redundantes, por outros com propriedades ainda não amostradas no conjunto de ambientes (BRANQUINHO et al., 2014). Na implantação de ELF, recomenda-se utilizar delineamento experimental em blocos casualizados com, no mínimo, três repetições e com parcelas constituídas por no mínimo, duas fileiras de quatro metros de comprimento, considerando como área útil, apenas as duas fileiras centrais (KRAUSE, 2005).

Para atender as normas do Serviço Nacional de Proteção de Cultivares (SNPC) do Ministério da Agricultura, para registro e proteção de novas cultivares de algodoeiro a serem lançadas, anualmente a Embrapa Algodão, conduz ensaios de Linhagens Finais nos biomas da Caatinga e de Cerrado Brasileiro (SILVA, 2019). Segundo este autor, na Caatinga, esses ensaios são comumente implantados nos municípios de Alagoinha-PB, Apodi-RN, Missão Velha-CE, Barbalha-CE e Serra Talhada-PE. Esses ensaios visam selecionar as linhagens de algodoeiros mais produtivas, adaptadas, resistentes ou tolerantes as principais doenças e pragas e com maior potencialidade para uso comercial no Nordeste.

Apesar de sua importância, as informações geradas pela análise da interação GxA não é suficiente, sendo necessário a realização de análises de adaptabilidade e estabilidade fenotípica, na qual é possível identificar genótipos com comportamento previsível, responsivos às variações ambientais em condições específicas ou abrangentes (CRUZ et al., 2014).

2.4 Adaptabilidade e Estabilidade

A adaptabilidade é compreendida como a capacidade dos materiais aproveitarem, de forma vantajosa, o estímulo ambiental, já a estabilidade indica a capacidade dos mesmos mostrarem um comportamento altamente previsível conforme o ambiente (CRUZ e REGAZZI, 2001). Compreender a estabilidade e adaptabilidade é uma forma de analisar o fenômeno da interação entre genótipos e ambientes, cujo maior interesse do melhorista é obter materiais que se comportem bem tanto em ambiente particular, como em diferentes condições ambientais (HOOGERHEIDE et al., 2007).

Identificar genótipos com estabilidade de produção e ampla adaptabilidade aos mais diferenciados ambientes é uma das principais finalidades dos programas de melhoramento, e a condução de experimentos, em vários locais e anos, é importante, pois diminui o efeito da interação GxA e seu possível impacto sobre a seleção e indicação de cultivares (GOMES et al., 2007).

O estudo da estabilidade e adaptabilidade fenotípica é uma técnica bastante utilizada para avaliar várias espécies vegetais, incluindo o algodão. (SILVA et al., 1995; SCAPIM et al., 2000; FARIAS, 2005; Silva, 2019).

Além disto, algumas metodologias de seleção que incorporam a estabilidade e a adaptabilidade em uma única estatística podem ser consideradas superiores, em comparação àquelas que usam apenas a produção como critério de seleção (RESENDE, 2007).

2.5 Metodologias de avaliação de adaptabilidade e estabilidade

Nos últimos anos, várias metodologias para avaliar a adaptabilidade e estabilidade de genótipos em múltiplos ambientes foram desenvolvidas (CARVALHO et al., 2016). A diferença entre essas metodologias se origina nos próprios conceitos e procedimentos biométricos para medir a interação GxA (ROCHA 2002). Entre os procedimentos, destacam-se: variância da interação GxA; regressão linear simples; regressão linear bissegmentada; regressão quadrática; modelos não lineares; métodos não paramétricos; análise de agrupamentos; análise fatorial de correspondência; análise de coordenadas principais; métodos que integram a análise comum de variância (método univariado) com a análise de componentes principais (método multivariado), como é o caso da análise GGE Biplot e AMMI (SOUZA, 2013; SILVA 2019).

As metodologias de análise de interação GxA evoluíram da tradicional ANOVA conjunta de experimentos, passando pelos métodos de estudo da estabilidade e adaptabilidade fenotípica baseados em análise de regressão, métodos não paramétricos e modelos AMMI para efeitos de interação (HERRERA et al., 2020). Algumas destas metodologias são encontradas na literatura para determinar a estabilidade e adaptabilidade dos genótipos em diversos locais, entre eles, aqueles que se fundamentam na análise de variância proposto por Annicchiarico (1992) e Wricke (1965), na regressão linear simples por Eberhart e Russell (1966); na regressão linear bissegmentada de Cruz et al. (1989); e nos métodos não-paramétricos de Lin e Binns (1988). Alguns procedimentos, por outro lado, apresentam limitações para lidar com dados desbalanceados, delineamentos experimentais não ortogonais (blocos incompletos) e com a heterogeneidade de variâncias entre os vários locais de experimentação, situações que são corriqueiras na experimentação de campo. (HERRERA et al. 2020).

2.5.1. Metodologias baseadas em análise de regressão

As metodologias que se baseiam em análises de regressão, estão entre as mais usadas para realizar análise de estabilidade. No Brasil, estudos de estabilidade e adaptabilidade do algodoeiro, por meio, dessa metodologia tem sido realizadas: Farias et al. 1997; Suinaga et al. 2006; Silva Filho et al. 2008; Carvalho et al. 2015; Alves et al. 2017; Silva, 2019. No entanto, elas sofrem a ação de pontos extremos em razão do processo de estimação, podendo proporcionar estimativas inadequadas, que não refletem a verdadeira relação existente entre a variação ambiental e a resposta genotípica, e superestimar ou subestimar o parâmetro de adaptabilidade (NASCIMENTO et al., 2010). Esses genótipos afetados por pontos discrepantes têm graficamente seu comportamento diferenciado dos demais, o que ocasiona a sua incorreta interpretação.

O método de análise de regressão de Eberhart e Russell (1966), por outro lado, avalia o coeficiente de regressão das características de uma cultivar em relação a um índice ambiental, permitindo que a abordagem bayesiana seja realizada sem problemas. O parâmetro: σ^2_{di} mensura a variância dos desvios da regressão e avalia a capacidade da cultivar apresentar comportamento previsível em função do estímulo ambiental. O parâmetro β_1 é o coeficiente da regressão linear, que indica a adaptabilidade do material. São considerados de adaptabilidade ampla os genótipos que apresentarem $\beta_1=1$; adaptabilidade específica a ambientes favoráveis, aqueles com β_1 maior que 1; e adaptabilidade específica a ambientes desfavoráveis, aqueles com β_1 menor que 1. O parâmetro R^2 é o coeficiente de determinação, ele estima a previsibilidade do genótipo nos vários ambientes (Cruz et.al 2014). Nesta metodologia, a cultivar ideal é aquela com: produção média alta; coeficiente de regressão ($\beta_1 = 1$) igual a unidade; e com desvio da regressão ($\zeta_{2di} = 0$) menor possível, ou seja, aquela com resposta a melhoria das condições ambientais e de comportamento altamente previsível (RAMALHO et al., 2012).

Esta metodologia utiliza o índice ambiental para analisar a qualidade dos ambientes e para classificá-los como favoráveis e desfavoráveis através de índices negativos e positivos, na qual, a resposta de cada genótipo avalia às variações do ambiente e considera três parâmetros na avaliação individual de cada cultivar: a produtividade média (β_{oi}), o coeficiente de regressão linear (β_{li}), e o desvio da regressão (σ^2_{di}) (MACHADO, 2020).

2.5.2. Metodologias baseadas em análise não-paramétrica e análise de variância

Atualmente, as metodologias de análise de adaptabilidade e estabilidade mais utilizadas são as de Lin e Binns (1988) e de Annicchiarico (1992). A primeira mede a estabilidade com base na superioridade de um genótipo em relação à média de cada ambiente, e a segunda estima o risco de adoção de determinado genótipo, mas ambas utilizam estatística de fácil interpretação (SCHMILDT et al., 2011). Estudos comparativos entre metodologias de adaptabilidade e estabilidade, demonstraram que as melhores metodologias foram as de Lin e Binns (1988) e Annicchiarico (1992), por abranger em um único parâmetro conceitos de adaptação, adaptabilidade e estabilidade, o que facilita a interpretação dos resultados (SILVA FILHO et al. 2008).

Portanto, ao escolher os métodos a serem empregados, deve-se considerar aspectos como facilidade de análise e de interpretação dos resultados (SILVA et al., 2013). As metodologias com base em medidas não-paramétricas podem gerar resultados impróprios na presença de pontos discrepantes, já que o valor dos parâmetros avaliados podem ser inflacionados e provocar classificação incorreta do genótipo quanto a adaptabilidade e estabilidade (NASCIMENTO et al., 2010).

O método não-paramétrico proposto por Lin e Binns (1988), por outro lado, classifica os genótipos de acordo com os parâmetros de adaptabilidade e estabilidade geral e contempla os desvios em relação à produtividade máxima obtida em cada ambiente, onde o parâmetro P_i mede o desempenho de um dado genótipo em relação ao genótipo com melhor desempenho, em cada um dos ambientes avaliados, e considera o genótipo mais promissor o que apresentar menor estimativa de P_i (SILVA, 2019). Esta metodologia foi aprimorada por Carneiro (1998), por meio da decomposição desse parâmetro, considerando-se ambientes favoráveis e desfavoráveis (CONDÉ et al., 2010).

Outra metodologia que emprega regressão linear é o método de Annicchiarico (1992), que analisa e identifica genótipos com performance desejável, nos ambientes considerados desfavoráveis e favoráveis, na qual é possível estimar o índice de confiança (I_i), e fazer a recomendação de uma cultivar, considerando o risco da mesma apresentar desempenho abaixo de um dado padrão estabelecido, como, por exemplo, a média geral, e a probabilidade do insucesso ser tanto menor quanto maior for esse índice de confiança. (CONDÉ et al., 2010).

O resultado deste índice de confiança é expresso em porcentagem em relação à média dos ambientes analisados, e quanto maior for o nível de confiança, mais difícil se torna distinguir genótipos superiores, levando os pesquisadores da área a usarem apenas 75% como nível de confiança no método de Annicchiarico (SCHMILDT et al., 2011). A metodologia Annicchiarico (1992), assim como em Lin e Binns (1988), modificado por Carneiro (1998), também estima o desempenho dos genótipos em ambientes favoráveis e desfavoráveis, e de forma geral, obtém o risco da adoção de uma cultivar em relação as demais em avaliação, isto é, o índice de confiança de determinado genótipo pode apresentar desempenho abaixo ou acima da média do ambiente (SOUZA, 2013).

A metodologia de Wricke (1965) identifica a cultivar de desempenho superior, considerando sua média geral, e aquela de comportamento mais previsível, em função das variações temporárias proporcionadas pelo ambiente (FRANCESCHI et al., 2010). Esta metodologia está intimamente relacionada com a análise de Plaisted e Paterson (1959) e apresenta as mesmas vantagens e desvantagens.

2.6 Qualidade da fibra do algodoeiro

A fibra do algodoeiro é uma das *commodity* mais importante para o mundo e as indústrias associadas à sua produção e processamento têm um impacto significativo na economia mundial (ZHANG et al., 2013). As fibras de algodão consistem em uma única célula altamente alongada derivada da epiderme do óvulo, e a sua qualidade refere-se ao peso econômico da propriedade física da pluma (TANG et al., 2015). O desenvolvimento da fibra e da semente ocorrem de forma simultânea durante o crescimento da maçã, na qual o período de maturação se inicia na antese e o término ocorre alguns dias antes da deiscência (GIPSON e JOHAM, 1969).

A qualidade da fibra é uma combinação de diferentes características, incluindo comprimento, força, uniformidade, maturidade, finura, alongamento e leitura de micronaire, as quais afetam a eficiência do processamento e a qualidade do fio (TANG et al., 2015; ISLAM et al., 2020). A qualidade intrínseca das fibras depende do fator genético particular de cada cultivar, e de fatores do ambiente, como temperatura, umidade relativa do ar e radiação solar (SESTREN e LIMA, 2015). Embora o controle genético das características da fibra

sejam complexos e muitas vezes governada por múltiplos genes, as herdabilidades destas são geralmente moderadas a altas (ZHANG et al. 2013).

As propriedades das fibras, que dependem da deposição dos produtos do fotossintato nas paredes das células, são sensíveis às mudanças no ambiente (LOKHANDE e REDDY 2014). O rendimento da fibra, por exemplo, juntamente com os parâmetros de qualidade, como comprimento, resistência, finura e micronaire, podem ser afetados pela temperatura (PETTIGREW, 2008), de tal maneira que temperaturas baixas e altas inibem a taxa de síntese de celulose, prejudicando sua maturidade e alongamento o que resulta em fibra de algodão de má qualidade (ROBERTS et al. (1992)

A porcentagem de fibra e o alongamento são fortemente controlados pelo genótipo, mas a resistência, o comprimento e a uniformidade são moderadamente controlados (BAXEVANOS et al. (2013). No entanto, o índice de fibras curtas e a cor são fracamente controladas pelo genótipo já o micronaire (indicativo da relação finura/maturidade da fibra) e o amarelecimento são controladas tanto, geneticamente como pelas condições ambientais (SAHA et al., 2008).

Como o processamento e a comercialização dos têxteis são diretamente afetados pela qualidade da fibra, a introdução de novas tecnologias de tecelagem na fabricação de têxteis tem pressionado os agricultores a produzir fibras de algodão de alta qualidade (BRADOW e DAVIDONIS, 2000). A indústria têxtil geralmente prefere adquirir plumas com maiores percentuais de reflectância, menores índices de amarelecimento e menor grau de impurezas (KAZAMA et al., 2016). Assim, para atender a demanda dos produtores de algodão e da indústria têxtil, o programa de melhoramento da Embrapa Algodão tem desenvolvido cultivares de fibras longas, a exemplo das cultivares BRS 336 e BRS 433 B2RF. A BRS 336 foi originada a partir de cruzamento triparental entre as cultivares CHACO 520, BRS Itaúba e Delta Opa e possui fibras com características especiais (média-longa) apresentando-se como uma opção de plantio para os produtores que buscam alta produtividade e características de fibra diferenciada (PEDROSA et al., 2011).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Germoplasma

Os 17 genótipos avaliados nesse trabalho foram oriundos do Ensaio de Linhagens Finais (ELF) do Algodoeiro Herbáceo, proveniente do Programa de Melhoramento da Embrapa Algodão para as condições do semiárido nordestino. A relação dos genótipos e os respectivos obtentores estão listados na Tabela 1.

Tabela 1. Nomes e obtentores dos 17 genótipos dos Ensaios de Linhagens Finais (ELF) de algodoeiro herbáceo avaliados

TRATAMENTO	GENÓTIPOS	OBTENTORA
G1(T)	FM 993	BASF
G2(T)	BRS 286	EMBRAPA
G3(T)	BRS 336	EMBRAPA
G4	CNPA BA 2011-1931	EMBRAPA
G5	CNPA BA 2010-1366	EMBRAPA
G6	CNPA BA 2009-2270	EMBRAPA
G7	CNPA BA 2011-2214	EMBRAPA
G8	CNPA GO 2009 195	EMBRAPA
G9	CNPA GO 2010 335	EMBRAPA
G10	CNPA GO 2010 648	EMBRAPA
G11	CNPA GO 2010 147	EMBRAPA
G12	CNPA GO 2011 751	EMBRAPA
G13	CNPA GO 2011 105	EMBRAPA
G14	CNPA GO 2011 617	EMBRAPA
G15	CNPA BA 2011-1103	EMBRAPA
G16	CNPA BA 2011-1197	EMBRAPA
G17	CNPA BA 2011-1904	EMBRAPA

^(T) Testemunhas. Fonte: Carneiro, 2021.

As testemunhas FM 993, BRS 286 e BRS 336 são cultivares estabelecidas no mercado e foram escolhidas pelas características desejadas.

3.2 Locais de condução dos experimentos

Os ensaios de ELF foram conduzidos nos anos de 2016 e 2017 nos municípios de Apodi-RN e Barbalha-CE, respectivamente.

O município de Apodi está localizado na microrregião da Chapada do Apodi e mesorregião do Oeste Potiguar, no estado do Rio Grande do Norte, distante 342 km de Natal, capital estadual. De acordo com a classificação climática de Köppen, o clima do município é do tipo “BSwh”, tropical quente e semiárido (ZONTA et al., 2016), com temperaturas média, máxima e mínima de 27,1; 34,1 e 22,8 °C, respectivamente (PEREIRA et al., 2017). O experimento foi conduzido na estação experimental da EMPARN (Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte), com coordenadas geográficas de 5° 37’ 37” S e 37° 49’ 54” W e altitude de 38 m (PEREIRA et al., 2017). O solo da área experimental foi classificado como Cambissolo eutrófico, de textura argilo-arenosa.

Enquanto que Barbalha, está localizada na região metropolitana do Cariri Cearense, distante 408,06 km da capital Fortaleza. De acordo com a classificação climática de Köppen o clima predominante no município é do tipo “Aw”, equatorial úmido seco no inverno, e apresenta pluviosidade média anual de 1047,9 mm/ano, com 83,3% das chuvas registradas entre os meses de janeiro a abril, e temperatura média anual de 24,1°C (SILVA et al., 2013). O experimento foi conduzido na estação Experimental da Embrapa Algodão, localizado no município de Barbalha, cujas coordenadas geográficas são 07° 30’ S de latitude e 39° 20’ W de longitude e 409,03 metros de altitude (MEDEIROS et al., 2015). O solo da área experimental foi classificado como Neossolo flúvico, de textura franco-argilosa.

3.3 Análises estatísticas dos dados

3.3.1 Delineamento experimental

Os ensaios foram realizados em delineamento experimental de blocos ao acaso, com 17 tratamentos (genótipos) e 4 repetições. As parcelas experimentais foram compostas por duas fileiras de 5 m lineares, plantadas no espaçamento de 1,0 m, correspondendo a 10 m² de área total.

3.3.2 Variáveis avaliadas

Foram utilizadas as seguintes características agrônômicas e tecnológicas de fibra:

Peso de um capulho, g (PIC): obtido pelo peso médio de 20 capulhos (Amostra padrão) coletados na área útil da parcela no período da colheita;

Produtividade de algodão em caroço, kg/ha (PROD): obtido por meio da transformação do peso do algodão em caroço obtido da parcela útil em gramas convertido em quilogramas por hectare;

Porcentagem de Fibras (PF): obtido pela relação entre o peso de fibra da amostra padrão (AP, 20 capulhos) em cada parcela útil pelo peso total da amostra padrão;

Produtividade de Fibra, kg/ha (PRODF): obtido pelo produto da produtividade do algodão em caroço (PROD) pela respectiva porcentagem de fibra;

Comprimento de Fibras, mm (COMP): refere-se ao comprimento da metade superior da amostra de fibra expresso em milímetros;

Resistência da fibra à ruptura, gf/tex (STR): trata-se da resistência específica à ruptura de um feixe fibroso, calculando-se a finura das fibras individuais (tex) a partir do valor micronaire;

Micronaire (MIC): É um índice através do qual se verifica o comportamento e resistência ao ar de uma massa fibrosa definida em fluxo de ar a uma pressão constante;

Fiabilidade (CSP): refere-se ao parâmetro americano de resistência de fio, que tem como base a verificação da resistência de uma meada.

3.3.3 Análises de variância individual e conjunta

Para a avaliação da variabilidade genética entre os tratamentos (Testemunhas e Linhagens) foi realizada uma análise de variância para cada ambiente (análises individuais), segundo o modelo geral (1), conforme Cruz (2006). Para as análises foi utilizado o teste F a 5% de probabilidade.

$$Y_{ij} = m + l_i + b_j + e_{ij} \quad (1)$$

Na qual:

Y_{ij} : valor fenotípico do genótipo i no bloco j ;

m : média geral;

l_i : efeito da linhagem i ($i = 1, 2, \dots, 18$);

b_j : efeito do bloco j ($j = 1, 2, 3, 4$);

e_{ij} : erro experimental

Tabela 2. Quadro da análise de variância individual dos genótipos de algodoeiro testados do modelo (1). Fonte: Carneiro, 2021.

Fonte de variação	Graus de liberdade	Quadrado Médio	F
Blocos	j-1	Q1	Q1/Q2
Genótipos	i-1	Q2	Q2/Q3
Erro	(i*j)-1	Q3	

A análise de variância conjunta foi realizada de acordo com Ramalho et al. (2012), considerando os efeitos de genótipos como fixos e ambientes aleatórios representado pelo seguinte modelo (2).

$$Y_{ij} = m + (b/a)_{ka} + g_i + a_j + (ga)_{ij} + e_{ij} \quad (2)$$

Na qual:

m : média geral;

$(b/a)_{ka}$: efeito do bloco k dentro do local a (k = 1, 2, 3, 4);

g_i : efeito fixo do genótipo i (i = 1, 2, ..., 18);

a_j : efeito aleatório do local a (a = 1 a 4);

$(ga)_{ij}$: efeito da interação genótipos i e locais a;

e_{ij} : erro experimental

Tabela 3. Quadro da análise de variância conjunta dos genótipos de algodoeiro do modelo (2) efeitos fixos de genótipos e aleatórios de ambientes. Fonte: Carneiro, 2021.

Fonte de variação	Graus de liberdade	Quadrado médio	E (Quadrado médio)	F
Blocos (B)/Ambientes (A)	A(r-1)	Q1	$\sigma^2_E + g \sigma^2_B$	Q1/Q5
Ambientes	a-1	Q2	$\sigma^2_E + g \sigma^2_B + bg \sigma^2_A$	Q2/Q1
Genótipos (G)	g-1	Q3	$\sigma^2_E + b \frac{g}{g-1} \sigma^2_{GA} + bl V_G$	Q3/Q4
GxA	(g-1)*(a-1)	Q4	$\sigma^2_E + b \frac{g}{g-1} \sigma^2_{GA}$	Q4/Q5
Erro	r(b-1)*(g-1)	Q5	σ^2_E	

Foi utilizado o teste de Scott e Knott (1974) a 5% de probabilidade para agrupamento das médias obtidas nas análises. Todas as avaliações foram realizadas por meio do pacote computacional GENES versão 1990.2020.15 (CRUZ, 2016).

3.4 Análises de adaptabilidade e estabilidade fenotípica

Os dados obtidos para as variáveis PROD e PRODF foram analisados, considerando o ambiente, a combinação entre ano e local. O desempenho dos genótipos de algodão foram avaliados em quatro ambientes: A- Apodi, 2016; B- Barbalha, 2016; C- Apodi, 2017; D- Barbalha, 2017. As análises de adaptabilidade e estabilidade foram realizadas utilizando-se o programa GENES versão 1990.2020.15 (CRUZ, 2016).

Foram estimados os parâmetros de adaptabilidade e estabilidade, adotando-se os métodos de Eberhart e Russell (1966), Lin e Binns (1988) modificado por Carneiro (1998), Annicchiarico (1992) e Wricke (1965), com objetivo de selecionar os genótipos mais adaptados e estáveis aos ambientes avaliados.

- Eberhart e Russell (1966): Esse método baseia-se na análise de regressão linear simples. A adaptabilidade e estabilidade são expressas pela média, a resposta linear à variação ambiental e o desvio da regressão para cada genótipo. O modelo que expressa o método está representado pela equação (3).

$$Y_{ij} = \beta_{oj} + \beta_{li} + I_j + \delta_{ij} + \varepsilon_{ij} \quad (3)$$

Na qual,

Y_{ij} : média do genótipo i no ambiente j ;

β_{oj} : média do genótipo i em todos os ambientes;

β_{li} : coeficiente de regressão linear, que descreve a resposta do genótipo i em todos os ambientes;

I_j : índice ambiental;

δ_{ij} : desvio da regressão do genótipo i no ambiente j ;

ε_{ij} : erro associado à média.

- Lin e Binns (1988), modificado por Carneiro (1998): O método de Lin e Binns (1988) foi modificado por Carneiro (1998) e, entre os métodos propostos por esse autor, foi utilizado o original com decomposição de P_i nas partes relativas a ambientes favoráveis e desfavoráveis. As estimativas de P_i e as decomposições P_{if} e P_{id} foram obtidas por meio das equações (4), (5) e (6), respectivamente.

$$P_i = \sum_{j=1}^n \frac{(Y_{ij}-M_j)^2}{2\alpha} \quad (4)$$

$$P_{if} = \sum_{j=1}^n \frac{(Y_{ij}-M_j)^2}{2f} \quad (5)$$

$$P_{id} = \sum_{j=1}^n \frac{(Y_{ij}-M_j)^2}{2d} \quad (6)$$

Na qual,

P_i : estimativa do parâmetro de adaptabilidade e estabilidade do genótipo i ;

P_{if} e P_{id} : estimadores do parâmetro de adaptabilidade e estabilidade dos locais favoráveis e desfavoráveis, respectivamente;

α : número de ambientes;

f e d : número de locais favoráveis e desfavoráveis;

Y_{ij} : produtividade do genótipo i no ambiente j ;

M_j : resposta máxima observada entre todos os genótipos no ambiente j ;

- Annicchiarico (1992): O índice de confiança I_i para cada cultivar é dado através da equação (7). O índice também foi calculado para os ambientes favoráveis e desfavoráveis, tendo como coeficiente de confiança $\alpha = 0,25$ (75%).

$$l_i = Y_i - Z_{(1-\alpha)}S_i \quad (7)$$

Na qual,

l_i : índice de confiança (%);

Y_i : média geral do genótipo i em porcentagem;

Z : percentual $(1-\alpha)$ da função de distribuição normal acumulada;

α : nível de significância;

S_i : desvio padrão dos valores percentuais.

- Wricke (1965) denominada ecovalência (ω_i), será estimada segundo a equação:

$$\omega_i = \sum_{j=1}^a \left(Y_{ij} - \bar{Y}_{i.} - \bar{Y}_{.j} + \bar{Y}_{..} \right)^2$$

Através desta metodologia, são consideradas estáveis as cultivares com baixos valores de ω_i , o qual indica que estas possuem menores desvios em relação aos ambientes. É uma medida apropriada para expressar a imprevisibilidade do material genético avaliado.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Análises de variância individuais

As análises de variância individuais, por ambientes, diferiram para a maioria das variáveis avaliadas em todos os ambientes, exceto para PROD e PRODF no ambiente C, e PIC, PROD, PF e PRODF, no ambiente D (Tabela 4).

Os coeficientes de variação (CV%) oscilaram com as características e o ambiente. Os CV's das produtividades de algodão em caroço (PROD) oscilaram entre 22,88% e 13,95% e a produtividade de fibras (PRODF), oscilaram entre 23,14% e 14,08%. Esses valores são considerados aceitáveis, por se tratarem de características controladas por muitos genes e influenciada pelo ambiente. É importante destacar que estas variáveis são quantitativas e, por isso, sofrem influência do ambiente. Os coeficientes de variação possibilitam estimar a precisão experimental com valores baixos, médios, altos e muito altos quando forem inferiores a 10%, variarem entre 10-20%, variarem entre 20-30% e forem superiores a 30%, respectivamente (CARGNELUTTI FILHO; STORCK, 2007 e PIMENTEL GOMES, 2000). Portanto, a classificação dos CV% para PROD e PRODF nos ambientes B, C e D são considerados médios, pois em nenhum deles o valor superou 20%, mas no ambiente A, o coeficiente de variação foi alto e excedeu 20%.

Os CV% das demais características avaliadas (PIC, PF, COMP, STR, MIC e CSP) nos quatro ambientes foram considerados baixos e de boa precisão experimental (inferior a 10%) (PIMENTEL GOMES, 2000). Tais resultados concordam com aqueles obtidos em experimentos conduzidos com a cultura do algodoeiro na região semiárida por Silva (2016) e Queiroz et al. (2017).

Tabela 4. Resumo da análise de variância individual para as características: PIC (peso de um capulho), PROD (produtividade de algodão em caroço), PF (porcentagem de fibra), PRODF (produtividade de fibra), UHM (comprimento de fibra), MIC (micronaire) e CSP (fiabilidade) do Ensaio de Linhagens Finais (EFL) de algodoeiro herbáceo avaliadas nos ambientes Apodi, 2016; Barbalha, 2016; Apodi, 2017; Barbalha, 2017

FV	Quadrados Médios – Apodi, 2016 (A)								
	GL	PIC	PROD	PF	PRODF	COMP	STR	MIC	CSP
Blocos	3	0,25	474450	1,14	109380	0,48	1,43	0,01	167087
Genótipos	16	1,14***	5047515***	9,55***	940634***	5,48***	9,33**	0,22*	1868414*
Resíduo	48	0,21	970306	0,96	164559	1,13	3,67	0,11	2391038
Média		5,6	4304,2	40,6	1752,6	29,2	32,5	4,9	2769,8
CV (%)		8,27	22,88	2,42	23,14	3,63	5,90	6,97	8,05
FV	Quadrados Médios – Barbalha, 2016 (B)								
	GL	PIC	PROD	PF	PRODF	COMP	STR	MIC	CSP
Blocos	3	0,18	734068	4,24	179173	1,06	0,28	0,04	6723
Genótipos	16	0,67**	7080206***	7,69***	1224033***	7,97***	7,39**	0,23***	167214**
Resíduo	48	0,21	734068	1,94	116018	0,76	2,69	0,06	53856
Média		6,4	4729,5	40,5	1919,0	30,2	31,7	4,6	2896,2
CV (%)		7,24	17,44	3,43	17,74	2,90	5,17	5,68	8,01
FV	Quadrados Médios – Apodi, 2017 (C)								
	GL	PIC	PROD	PF	PRODF	COMP	STR	MIC	CSP
Blocos	3	0,22	1293244	2,57	194926	2,58	3,81	0,08	47216
Genótipos	16	1,07***	729441 ^{ns}	8,98**	200885 ^{ns}	11,08***	13,01***	0,23***	312116***
Resíduo	48	0,17	836552	0,48	144159	0,40	1,48	0,03	31256
Média		5,8	6552,6	41,1	2694,7	30,0	32,4	5,0	2842,5
CV (%)		7,06	13,95	1,70	14,08	2,13	3,75	3,98	6,21
FV	Quadrados Médios – Barbalha, 2017 (D)								
	GL	PIC	PROD	PF	PRODF	COMP	STR	MIC	CSP
Blocos	3	0,23	1640680	1,09	312414	1,06	3,07	0,11	54354
Genótipos	16	0,16 ^{ns}	1428638 ^{ns}	2,27 ^{ns}	266523 ^{ns}	9,17***	7,84***	0,24***	266455***
Resíduo	48	0,35	794466	2,27	162965	0,94	2,44	0,04	34982
Média		6,1	6172,2	41,9	2588,6	30,4	31,5	4,4	2956,1
CV (%)		9,81	14,44	3,59	15,59	3,20	4,96	4,64	6,32

***, ** e * significativos a 0,1, 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F; ^{ns} não-significativo pelo teste F. CV-Coefficiente de variação. Fonte: Carneiro, 2021.

4.2 Análise de variância conjunta

Antes da realização da análise conjunta dos dados, verificou-se a relação entre o maior e o menor quadrado médio do resíduo da análise de variância individual. As variâncias residuais foram homogêneas, com valores não excedendo a relação 7:1, o que permite realizar sua análise conjunta (PIMENTEL GOMES, 2000; BANZATTO e KRONKA, 2006). Os coeficientes de variação (CV%) das análises conjuntas oscilaram de 4,01% a 22,80%, com médias gerais de 5,99g (P1C); 5439,65 kg/ha (PROD); 41,02 kg/ha (PF); 2238,72% (PRODF); 29,94 mm (COMP); 32,03 gf/tex (STR); 4,72 (MIC) e 7,19 (CSP), demonstrando elevado potencial produtivo e de qualidade de fibra dos genótipos nos ambientes avaliados.

As análises de variância conjunta e para a interação (GxA) de todos os genótipos foram significativas ($p \leq 0,001$; $p \leq 0,05$) para todos os caracteres avaliados, exceto para a variável CSP para a interação GxA. Neste caso, é aconselhável estudar a adaptabilidade e estabilidade desses genótipos para a seleção dos mais previsíveis e adaptáveis ao serem submetidos a variações ambientais.

Tabela 5. Resumo da análise de variância conjunta dos Ensaios de Linhagens Finais (ELF) de algodoeiro herbáceo para as características: P1C (peso de um capulho), PROD (produtividade de algodão em caroço), PF (porcentagem de fibra), PRODF (produtividade de fibra), COMP (comprimento de fibra), MIC (micronaire) e CSP (fiabilidade)

FV	Quadrados Médios								
	GL	P1C	PROD	PF	PRODF	COMP	STR	MIC	CSP
Blocos/Amb	12	0,42	775999,27	5,11	191943,03	2,96	6,30	0,12	146507,60
Genótipos	16	1,72***	6236114***	17,77***	1310633***	27,98***	26,42***	0,58***	130347,26*
Ambientes	3	6,90**	80891073,92**	27,67*	15160781,23**	16,75***	16,03***	5,80**	426965,57 ^{ns}
Gen x Amb	48	0,43***	2683229***	3,57***	440480***	1,91***	3,71*	0,11***	69890,82 ^{ns}
Resíduo	192	0,24	820462	1,41	146925	0,81	2,57	0,06	79427,54
Média		5,99	5439,65	41,02	2238,72	29,94	32,03	4,72	7,19
CV (%)		9,67	21,96	4,01	22,80	5,47	6,42	6,65	2866,12

***, ** e * significativos a 0,1, 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F; ^{ns} não-significativo pelo teste F. CV-Coefficiente de variação. Fonte: Carneiro, 2021.

4.3 Comparação de médias

As comparações de médias das características produtividade de algodão em caroço (PROD), produtividade de fibra (PRODF), porcentagem de fibra (PF), comprimento (COMP), resistência (STR), micronaire (MIC) e fiabilidade (CSP), utilizando o teste de Scott e Knott (1974) a 5% de probabilidade para cada local avaliado nos ensaios de 2016 e 2017, demonstraram que todas as variáveis diferiram diferenças e formaram diferentes grupos nos ambientes A e B (Tabela 6 e 7), mas não nos ambientes C e D (Tabela 8 e 9) exceto para os caracteres PROD, PRODF e PF.

As maiores médias de PROD e PRODF por local ocorreram no ambiente C e os menores no ambiente A. As médias de PROD e PRODF para o ambiente D foram intermediárias e próximas aos obtidos em Apodi (2017). Os valores de PF e COMP foram semelhantes e próximos nos quatro ambientes avaliados. Em Apodi (2016) verificou-se o maior valor médio para STR (32,5 gf/tex) e em Barbalha (2017) observou-se o maior valor médio de CSP (2956,1) e menor valor para MIC (3,9), valor este desejável para os programas de melhoramento, indicando uma melhor qualidade de fibras para o material. Tais resultados estão de acordo ao obtidos por Silva (2019) e Queiroz (2017), na avaliação de experimento com a cultura do algodoeiro na região do semiárido.

Na Tabela 10, encontram-se os resultados das análises conjuntas. Verifica-se que houve formação de grupos de médias para todas as características avaliadas pelo teste Scott Knott (5%), indicando a presença da variabilidade genética entre os materiais avaliados. Para peso de um capulho (PIC) houve a formação de quatro grupos, sendo as maiores médias obtidas pelos genótipos: CNPA BA 2011-2214 (6,63g), CNPA BA 2011-1931 (6,52g), CNPA BA 2010-1366 (6,52g), CNPA BA 2009-2270 (6,51g) e CNPA BA 2011-1197 (6,24g), o peso médio do capulho de acordo com Carvalho et al (2015) é um componente da produção associado com a porcentagem da fibra.

Com relação à característica PROD, foram formados dois grupos e que os melhores desempenhos foram obtidos pelos seguintes genótipos: CNPA GO 2011- 751 (656,27 Kg/ha), CNPA GO 2010-335 (5989,66 kg/ha), FM 993(5985,60 kg/ha), CNPA GO 2009- 195 (5954,28 kg/ha) e CNPA GO 2010-147 (5953,10kg/ha). Ao realizar a análise conjunta de dois ambientes do semiárido, Carvalho et al (2019) obtiveram médias de produtividade de algodão em caroço e produtividade em fibra de 3922.75 (kg ha⁻¹) e 1529.49 (kg ha⁻¹), respectivamente.

Observa-se ainda que para a característica PRODF houve a formação de três grupos sendo que as maiores médias foram obtidas para os genótipos: CNPA GO 2011-751 (2539,08 kg/ha), CNPA GO 2010-147(2522,22 kg/ha), CNPA GO 2010-335 (2517,02kg/ha), FM 993 (2493, 57 kg/ha) e CNPA GO 2009-195(2452,73 kg/ha). Esses valores são superiores á 163,50 kg/ha, considerados aceitáveis para as condições do semiárido do nordeste (QUEIROZ, 2017; SILVA, 2019).

No programa de melhoramento da Embrapa Algodão, os valores desejáveis para PF devem ser iguais ou superiores a 40% (VIDAL E FREIRE 2013), verifica-se na Tabela 10, que para esta variável quatro grupos foram formados com destaque para: CNPA GO 2011-617, CNPA GO 2010-147, CNPA GO 2010-335, CNPA GO 2011-105 e CNPA GO 2011-751 com valores superiores á 41,98%. Estes valores médios são aceitáveis quando comparados com outros experimentos conduzidos no semiárido (SILVA, 2019). A média geral de PF deste trabalho foi superior ao relatado por Carvalho et al (2019), que obtiveram média geral de 38,93% e também foi superior ao relatado por Albuquerque et al. (2020), que obtiveram média geral de 35,91%.

Com relação à característica de COMP foram formados seis grupos, os valores variaram de 28,37 mm a 32,84 mm e a média geral dos quatro ambientes foi de 29,9 mm. As linhagens CNPA BA 2010-1366 e CNPA BA 2009-2270 apresentaram as maiores médias de comprimento de fibra classificado como fibra longa (>32 mm). O comprimento das fibras é de grande importância, pois as suas características determinarão sua transformação em fio assim como suas propriedades finais enquanto fio e, até mesmo, enquanto tecido acabado. Médias inferiores foram encontradas por Carvalho et al., (2019): 30,84 mm; e por Silva (2019): 30,08, em estudos semelhantes realizados na região semiárida.

Para a característica STR, evidenciaram quatro grupos de médias, porém todos os genótipos avaliados atingiram o valor mínimo recomendado de 28 gf/tex, na qual a média geral dos quatro ambientes foi de 32 gf tex⁻¹. Dentre as linhagens avaliadas pode-se destacar: CNPA BA 2010-1366 (34,28 gf/tex), BRS 336 (33,83 gf/tex), CNPA BA 2009-2270 (33,51), CNPA BA 2011-1931 (33,35 gf/tex) e CNPA GO 2010-1103 (32,94 gf/tex).

O índice micronaire (MIC), refere-se à finura de fibra, ele estima a quantidade de fibra que irá compor a seção transversal do fio e, portanto, sua resistência e regularidade em função de comprimento (VIDAL NETO e FREIRE 2013). Na tabela 10 verifica-se que os melhores valores obtidos (desejáveis) foram para os genótipos CNPA BA 2010-1366, CNPA BA 2011-

1931, CNPA GO 2011-751 e CNPA BA 2011-1197. De acordo com Carvalho et al. (2019) o micronaire é um parâmetro crucial para a qualidade e processamento da fibra de algodão, na qual diferenças ou desvios no micronaire pode levar a variações e reduções na qualidade da fibra, rendimento e eficiência de processamento, qualidade do tecido e fio. Neste trabalho, a quantidade de grupos formados (quatro) e a média geral para MIC (4,7), foi superior ao encontrado por Albuquerque et al (2020).

Quanto ao índice CSP que é um indicativo da fiabilidade, verificou-se a formação de quatro grupos e todos os genótipos avaliados obtiveram valores superiores a 2500 que são considerados altos. A média geral obtida foi de 2770. Média superior foi relatada por Carvalho et al., (2019) (3001,14). As linhagens que se destacaram foram a CNPA BA 2010-1366 (3295,25), CNPA BA 2009-2270 (3201,75) e CNPA BA 2011-1931 (3156,06), todas apresentaram CSP com valores considerados muito altos (>2500) (SESTREM e LIMA, 2015).

Tabela 6. Médias das variáveis tecnológicas de fibra de cada genótipo avaliadas no Ensaio de Linhagens Finais (ELF) de algodoeiro herbáceo no Ambiente A (Apodi, 2016), classificadas segundo o teste de Scott e Knott (1974). PIC (peso de um capulho), PROD (produtividade de algodão em caroço), PF (porcentagem de fibra), PRODF (produtividade de fibra), COMP (comprimento de fibra), STR (resistência), MIC (micronaire) e CSP (fiabilidade)

GENÓTIPOS	PIC	PROD	PF	PRODF	COMP	STR	MIC	CSP
FM 993(T)	5,27 c	5069,25 a	41,40 b	2106,82 a	29,27 b	34,07 a	4,97 a	2794,00 b
BRS 286(T)	4,97 c	5414,50 a	40,45 b	2191,90 a	28,42 b	30,02 b	4,52 a	2625,25 b
BRS 336(T)	5,47 b	3828,25 b	39,27 c	1503,48 b	30,45 a	34,85 a	5,07 a	2946,25 a
CNPA BA 2011-1931	6,32 a	4214,25 b	37,75 d	1588,62 b	31,07 a	33,70 a	4,52 a	3110,25 a
CNPA BA 2010-1366	6,10 a	5927,50 a	40,95 b	2427,26 a	31,17 a	34,12 a	4,72 a	3008,75 a
CNPA BA 2009-2270	6,35 a	4058,25 b	38,27 d	1553,60 b	31,47 a	34,12 a	4,77 a	2976,75 a
CNPA BA 2011-2214	6,70 a	3172,50 c	37,80 d	1199,25 c	28,25 b	31,50 b	4,97 a	2635,00 b
CNPA GO 2009 195	5,65 b	5377,75 a	39,77 c	2144,04 a	27,57 b	31,95 b	5,35 a	2564,00 b
CNPA GO 2010 335	5,62 b	4139,25 b	42,10 a	1741,43 b	28,05 b	30,92 b	4,95 a	2561,25 b
CNPA GO 2010 648	5,02 c	3893,25 b	40,87 b	1587,72 b	28,17 b	31,62 b	5,12 a	2651,25 b
CNPA GO 2010 147	5,52 b	5069,25 a	42,15 a	2132,25 a	28,65 b	31,32 b	4,92 a	2653,25 b
CNPA GO 2011 751	5,00 c	5718,50 a	42,50 a	2430,04 a	28,82 b	31,20 b	4,82 a	2694,50 b
CNPA GO 2011 105	4,87 c	4639,75 a	42,15 a	1960,51 a	28,85 b	30,45 b	4,87 a	2624,75 b
CNPA GO 2011 617	5,82 a	5063,50 a	42,12 a	2136,73 a	29,65 b	32,62 a	5,05 a	2787,00 b
CNPA BA 2011-1103	5,47 b	2755,00 c	40,80 b	1123,59 c	29,60 b	32,05 b	4,70 a	2817,00 b
CNPA BA 2011-1197	5,70 b	2467,00 c	41,25 b	1017,40 c	28,95 b	34,92 a	5,10 a	2947,00 a
CNPA BA 2011-1904	6,10 a	2364,50 c	40,27 b	950,34 c	28,65 b	33,55 a	5,30 a	2690,00 b
Média	5,6	4304,2	40,6	1752,6	29,2	32,5	4,9	2770
QM _{GENÓTIPO}	1,14***	5047515***	9,55***	940634***	5,48***	9,33**	0,22*	1868414*
CV (%)	8,27	22,88	2,42	23,14	3,63	5,90	6,97	8,05

** e * significativos a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F; ^{ns} não-significativo a 1% de probabilidade pelo teste F; Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si a 1% de probabilidade pelo teste de Scott e Knott (1974). Fonte: Carneiro, 2021.

Tabela 7. Médias das variáveis tecnológicas de fibra de cada genótipo avaliadas no Ensaio de Linhagens Finais (ELF) de algodoeiro herbáceo no Ambiente B (Barbalha, 2016), classificadas segundo o teste de Scott e Knott (1974). PIC (peso de um capulho), PROD (produtividade de algodão em caroço), PF (porcentagem de fibra), PRODF (produtividade de fibra), COMP (comprimento de fibra), STR (resistência), MIC (micronaire) e CSP (fiabilidade)

GENÓTIPOS	PIC	PROD	PF	PRODF	COMP	STR	MIC	CSP
FM 993(T)	6,06 b	4935,93 a	40,29 b	1990,83 b	29,99 b	32,00 a	4,85 a	2749,25 b
BRS 286(T)	6,20 b	5541,56 a	40,84 b	2260,98 a	29,06 b	30,37 b	4,93 a	2674,25 b
BRS 336(T)	6,51 a	5806,25 a	39,24 b	2279,42 a	32,65 a	32,61 a	4,95 a	2972,75 a
CNPA BA 2011-1931	7,09 a	4695,62 a	39,30 b	1836,79 b	32,02 a	33,08 a	4,65 a	3190,00 a
CNPA BA 2010-1366	6,66 a	4415,93 a	39,73 b	1758,58 b	33,35 a	33,98 a	4,44 b	3352,25 a
CNPA BA 2009-2270	6,87 a	4879,37 a	38,15 b	1866,88 b	31,81 a	33,39 a	4,22 b	3180,75 a
CNPA BA 2011-2214	7,16 a	4660,00 a	38,44 b	1790,52 b	29,59 b	33,13 a	4,61 a	2958,00 a
CNPA GO 2009 195	6,24 b	5846,25 a	40,57 b	2372,36 a	29,58 b	32,50 a	4,86 a	2889,25 b
CNPA GO 2010 335	6,36 b	6084,06 a	42,02 a	2554,52 a	29,09 b	30,50 b	4,91 a	2657,50 b
CNPA GO 2010 648	6,62 a	6184,06 a	39,77 b	2462,90 a	30,38 b	31,83 a	4,91 a	2978,25 a
CNPA GO 2010 147	5,93 b	5172,81 a	42,10 a	2179,08 a	28,64 b	29,22 b	4,30 b	2617,50 b
CNPA GO 2011 751	5,61 b	5321,56 a	42,42 a	2252,55 a	29,24 b	29,65 b	4,27 b	2765,25 b
CNPA GO 2011 105	6,41 b	5201,87 a	42,17 a	2196,32 a	29,62 b	31,63 a	4,42 b	2925,25 a
CNPA GO 2011 617	6,10 b	5120,62 a	42,64 a	2187,56 a	29,50 b	31,66 a	4,65 a	2823,50 b
CNPA BA 2011-1103	6,29 b	2563,43 b	39,66 b	1018,99 c	29,88 b	32,42 a	4,44 b	2987,75 a
CNPA BA 2011-1197	6,37 b	2471,56 b	40,53 b	1001,59 c	29,54 b	30,45 b	4,46 b	2733,00 b
CNPA BA 2011-1904	6,09 b	1501,25 b	40,79 b	612,26 c	28,78 b	31,14 b	4,69 a	2780,75 b
Média	6,4	4729,5	40,5	1919,0	30,2	31,7	4,6	2896,2
QM _{GENÓTIPO}	0,65**	7080206***	7,69***	1224033***	7,97***	7,39**	0,23***	167214**
CV(%)	7,24	17,44	3,43	17,74	2,90	5,17	5,68	8,01

⁽¹⁾ Testemunhas; ** e * significativos a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F; ^{ns} não-significativo pelo teste F; Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si a 1% de probabilidade pelo teste de Scott e Knott (1974). Fonte: Carneiro, 2021.

Tabela 8. Médias das variáveis tecnológicas de fibra de cada genótipo avaliadas no Ensaio de Linhagens Finais (ELF) de algodoeiro herbáceo no Ambiente C (Apodi, 2017), classificadas segundo o teste de Scott e Knott (1974). PIC (peso de um capulho), PROD (produtividade de algodão em caroço), PF (porcentagem de fibra), PRODF (produtividade de fibra), COMP (comprimento de fibra), STR (resistência), MIC (micronaire) e CSP (fiabilidade)

GENÓTIPOS	PIC	PROD	PF	PRODF	COMP	STR	MIC	CSP
FM 993(T)	5,62 b	6999,40 a	41,59 b	2916,01 a	28,90 c	32,35 b	5,22 a	2682,75 b
BRS 286(T)	5,62 b	5677,82 a	41,11 b	2330,48 a	29,37 c	32,15 b	4,97 b	2874,50 b
BRS 336(T)	6,10 a	6870,65 a	40,38 c	2773,74 a	30,77 b	34,00 a	5,07 a	2966,25 a
CNPA BA 2011-1931	6,50 a	6017,85 a	38,78 d	2321,96 a	31,80 b	33,42 b	4,72 c	3121,00 a
CNPA BA 2010-1366	6,32 a	6904,40 a	41,06 b	2836,42 a	33,22 a	35,10 a	4,62 c	3354,00 a
CNPA BA 2009-2270	6,65 a	6930,97 a	38,40 d	2660,43 a	32,72 a	34,40 a	4,75 c	3216,50 a
CNPA BA 2011-2214	6,60 a	5898,77 a	38,63 d	2278,51 a	28,10 d	30,10 c	5,02 a	2646,75 b
CNPA GO 2009 195	5,72 b	6352,20 a	41,63 b	2643,92 a	28,80 c	33,25 b	5,35 a	2717,25 b
CNPA GO 2010 335	5,55 b	6547,52 a	42,65 a	2792,40 a	27,12 e	29,37 d	5,35 a	2219,25 d
CNPA GO 2010 648	5,87 b	6996,27 a	41,59 b	2906,59 a	29,00 c	32,67 b	5,32 a	2793,00 b
CNPA GO 2010 147	5,55 b	7038,15 a	42,68 a	3004,48 a	29,15 c	28,60 d	4,92 b	2496,50 c
CNPA GO 2011 751	5,52 b	6337,22 a	42,55 a	2696,60 a	29,32 c	31,35 c	4,85 b	2730,75 b
CNPA GO 2011 105	5,60 b	7089,40 a	42,27 a	2999,70 a	30,20 b	32,87 b	5,00 b	2806,25 b
CNPA GO 2011 617	5,67 b	6494,10 a	42,48 a	2760,49 a	28,52 c	32,52 b	5,15 a	2724,75 b
CNPA BA 2011-1103	4,62 c	6418,45 a	42,35 a	2717,55 a	31,05 b	34,80 a	5,15 a	3129,00 a
CNPA BA 2011-1197	6,42 a	6444,70 a	39,13 d	2524,09 a	31,27 b	32,60 b	4,57 c	3064,25 a
CNPA BA 2011-1904	5,60 b	6376,60 a	41,49 b	2646,51 a	30,80 b	31,87 b	4,95 b	2779,25 b
Média	5,8	6552,6	41,1	2694,7	30,0	32,4	5,0	2842,5
QM _{GENÓTIPO}	1,07***	729441 ^{ns}	8,98**	200885 ^{ns}	11,08***	13,01***	0,23***	312116***
CV(%)	7,24	17,44	3,43	17,74	2,90	5,17	5,68	8,01

⁽¹⁾ Testemunhas; ** e * significativos a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F; ^{ns} não-significativo pelo teste F; Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Scott e Knott (1974). Fonte: Carneiro, 2021.

Tabela 9. Médias das variáveis tecnológicas de fibra de cada genótipo avaliadas no Ensaio de Linhagens Finais (ELF) de algodoeiro herbáceo no Ambiente D(Barbalha, 2017), classificadas segundo o teste de Scott e Knott (1974). PIC (peso de um capulho), PROD (produtividade de algodão em caroço), PF (porcentagem de fibra), PRODF (produtividade de fibra), COMP (comprimento de fibra), STR (resistência), MIC (micronaire) e CSP (fiabilidade)

GENÓTIPOS	PIC	PROD	PF	PRODF	COMP	STR	MIC	CSP
FM 993(T)	6,02 a	6937,81 a	42,67 a	2960,62 a	29,77 c	31,05 b	4,37 b	2851,25 c
BRS 286(T)	5,90 a	6134,37 a	41,70 a	2553,43 a	29,00 c	31,17 b	4,37 b	2890,50 c
BRS 336(T)	6,12 a	5874,68 a	41,62 a	2442,74 a	30,55 c	33,85 a	4,22 b	3156,75 b
CNPA BA 2011-1931	6,17 a	6235,31 a	42,52 a	2650,05 a	31,60 b	33,20 a	4,05 c	3203,00 b
CNPA BA 2010-1366	5,85 a	5914,06 a	43,10 a	2553,29 a	33,60 a	33,20 a	4,02 c	3466,00 a
CNPA BA 2009-2270	6,15 a	4859,06 a	40,60 a	1979,22 a	33,20 a	33,37 a	4,30 b	3433,00 a
CNPA BA 2011-2214	6,07 a	5250,94 a	42,10 a	2213,44 a	28,62 c	30,95 b	4,37 b	2787,50 c
CNPA GO 2009 195	5,92 a	6240,93 a	42,30 a	2650,62 a	29,50 c	31,50 b	4,85 a	2802,25 c
CNPA GO 2010 335	6,02 a	7187,81 a	41,52 a	2979,72 a	29,20 c	30,10 b	4,62 a	2666,25 c
CNPA GO 2010 648	5,97 a	6573,12 a	43,00 a	2824,08 a	29,82 c	32,02 a	4,65 a	2909,75 c
CNPA GO 2010 147	5,82 a	6532,19 a	42,37 a	2773,11 a	28,82 c	29,70 b	4,30 b	2702,50 c
CNPA GO 2011 751	6,17 a	6847,81 a	40,45 a	2777,15 a	29,85 c	29,97 b	4,25 b	2829,50 c
CNPA GO 2011 105	6,52 a	5856,56 a	41,40 a	2437,37 a	30,22 c	30,22 b	4,37 b	2811,75 c
CNPA GO 2011 617	6,32 a	5607,50 a	42,20 a	2367,37 a	28,65 c	30,07 b	4,65 a	2606,00 c
CNPA BA 2011-1103	5,90 a	6565,94 a	41,95 a	2743,00 a	31,87 b	32,50 a	4,55 a	3236,25 b
CNPA BA 2011-1197	6,47 a	6017,50 a	41,25 a	2488,73 a	31,17 b	31,25 b	3,90 c	3053,75 b
CNPA BA 2011-1904	6,17 a	6291,87 a	41,42 a	2612,49 a	31,05 b	30,75 b	4,40 b	2847,25 c
Média	6,1	6172,2	41,9	2588,6	30,4	31,5	4,4	2956,1
QM _{GENÓTIPO}	0,16 ^{ns}	1428638 ^{ns}	2,27 ^{ns}	266523 ^{ns}	9,17***	7,84***	0,24***	266455***
CV(%)	9,81	14,44	3,59	15,59	3,20	4,96	4,64	6,32

⁽¹⁾ Testemunhas; ** e * significativos a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F; ^{ns} não-significativo pelo teste F; Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Scott e Knott (1974). Fonte: Carneiro, 2021.

Tabela 10. Médias gerais das variáveis tecnológicas de fibra dos genótipos avaliadas no Ensaio de Linhagens Finais (ELF) de algodoeiro herbáceo, classificadas segundo o teste de Scott e Knott (1974). PIC (peso de um capulho), PROD (produtividade de algodão em caroço), PF (porcentagem de fibra), PRODF (produtividade de fibra), COMP (comprimento de fibra), STR (resistência), MIC (micronaire) e CSP (fiabilidade)

Genótipos	PIC	PROD	PF	PRODF	COMP	STR	MIC	CSP
FM 993(T)	5,75 d	5985,60 a	41,48 b	2493,57 a	29,49 e	32,37 b	4,85 b	2769,31 c
BRS 286(T)	5,67 d	5692,06 a	41,02 b	2334,20 a	28,96 f	30,93 c	4,70 c	2766,12 c
BRS 336(T)	6,05 c	5594,95 a	40,13 c	2249,85 a	31,10 c	33,83 a	4,83 b	3010,50 b
CNPA BA 2011-1931	6,52 a	5290,75 a	39,59 d	2099,38 b	31,62 b	33,35 a	4,49 d	3156,06 a
CNPA BA 2010-1366	6,52 b	5790,47 a	41,21 b	2393,89 a	32,84 a	34,28 a	4,45 d	3295,25 a
CNPA BA 2009-2270	6,51 a	5181,92 a	38,87 d	2015,03 b	32,30 a	33,51 a	4,96 a	3201,75 a
CNPA BA 2011-2214	6,63 a	4745,55 b	39,24 d	1870,43 c	28,64 f	31,42 c	4,97 a	2756,81 c
CNPA GO 2009 195	5,88 c	5954,28 a	41,07 b	2452,74 a	28,86 f	32,30 b	4,61 c	2743,18 c
CNPA GO 2010 335	5,89 c	5989,66 a	42,07 a	2517,02 a	28,37 f	30,23 d	4,96 a	2526,06 d
CNPA GO 2010 648	5,88 c	5911,68 a	41,31 b	2445,33 a	29,34 e	32,04 b	4,97 a	2833,06 c
CNPA GO 2010 147	5,71 d	5953,10 a	42,33 a	2522,22 a	28,81 f	29,71 d	4,61 c	2617,43 d
CNPA GO 2011 751	5,58 d	6056,27 a	41,98 a	2539,09 a	29,31 e	30,54 d	4,55 d	2755,00 c
CNPA GO 2011 105	5,85 c	5696,89 a	41,99 a	2398,48 a	29,72 d	31,29 c	4,66 c	2792,00 c
CNPA GO 2011 617	5,98 c	5571,43 a	42,36 a	2363,04 a	29,08 f	31,72 c	4,88 b	2735,31 c
CNPA BA 2011-1103	5,57 d	4575,70 b	41,19 b	1900,79 c	30,60 c	32,94 b	4,71 c	3042,50 b
CNPA BA 2011-1197	6,24 b	4350,19 b	40,54 c	1757,95 c	30,23 d	32,31 b	4,51 d	2949,50 b
CNPA BA 2011-1904	5,99 c	4133,56 b	40,99 b	1705,40 c	29,81 d	31,83 c	4,83 b	2774,31 c
Média	6,0	5439,6	41,0	2238,7	29,9	32,0	4,7	2769,8

⁽¹⁾ Testemunhas; ** e * significativos a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F; ^{ns} não-significativo pelo teste F; Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Scott e Knott (1974). Fonte: Carneiro, 2021.

4.4 Análise de adaptabilidade e estabilidade

4.4.1. Metodologia de Eberhart e Russell (1966)

As estimativas dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade segundo a metodologia de Eberhart e Russell (1966) encontram-se na Tabela 11. Com relação ao coeficiente de regressão ($\beta_1=1$), os genótipos avaliados apresentaram adaptabilidade ampla, ou seja, β_1 igual a unidade (não significativo). Os genótipos que obtiveram PROD e PRODF acima da média geral foram as linhagens: CNPA BA 2011-1904 ($\beta_1 = 2,23^*$ e $2,19^*$), CNPA BA 2011-1103 ($\beta_1 = 1,96^*$ e $1,98^*$) e CNPA BA 2011-1197 ($\beta_1 = 1,96^*$ e $1,80^*$) apresentaram estimativas de β_1 superior à unidade, indicando adaptabilidade específica para ambientes favoráveis.

Em relação à estabilidade dos genótipos avaliados, medida pelos desvios da regressão, constata-se que 94% apresentaram alta estabilidade ($\sigma_{di}^2 = 0$) para PROD e PRODF. Apenas as linhagens CNPA BA 2011-1904 e CNPA GO 2011105 foram consideradas instáveis, apresentando desvio da regressão diferente de zero. Analisando-se o coeficiente de determinação (R^2), que estima a previsibilidade do genótipo nos vários ambientes, observa-se que: CNPA GO 2010-147, CNPA BA 2011-1197, CNPA BA 2011-1103, FM 993 e CNPA GO 2009-195, apresentaram alta previsibilidade de comportamento com valores superiores a 90%.

O genótipo que se destacou devido à estabilidade ($\sigma_{di}^2 = 0$), ampla adaptação ($\beta_1 = 1$), alta previsibilidade de comportamento PROD e PRODF acima da média geral foi a FM 993 e CNPA GO 2010 147, sendo este material o recomendado de acordo com a metodologia de Eberhart e Russell (1966). As demais, também merecem destaque o desempenho das linhagens CNPA GO 2011 751 e CNPA GO 2010 335, que apesar de não ter média superior a média geral, apresentaram bons resultados de ampla adaptabilidade, são estáveis, e apresentaram bons resultados de coeficiente de determinação.

Na literatura, trabalhos de adaptabilidade e estabilidade baseados na metodologia de Eberhart e Russell (1966) já foi utilizada com sucesso na identificação de genótipos de algodoeiro por Suinaga et al. (2006), Cotrim et al. (2020), onde estes últimos identificaram que o genótipo BRS 369 RF revelou adaptabilidade geral e alta previsibilidade para o características de fibra avaliadas.

4.4.2. Metodologia de Lin e Binns (1988), modificada por Carneiro (1998)

Na Tabela 12 é apresentado o resultado da metodologia de Lin e Binns (1988), modificada por Carneiro (1998). Esta metodologia estima o índice de adaptabilidade e estabilidade (P_i), que é o desvio da cultivar em relação ao genótipo de desempenho máximo em cada ambiente. Os genótipos recomendados com base nas menores estimativas do P_i geral para o conjunto total de ambientes avaliados foram CNPA GO 2011 751, CNPA GO 2009 195, CNPA GO 2010 147 e FM 993, estes foram os quatro melhores genótipos. Para ambientes favoráveis os genótipos mais recomendados foram os mesmos já mencionados para o P_i geral, acrescidos das linhagens CNPA GO 2010 335 e CNPA GO 2010 648, enquanto que em ambientes desfavoráveis, além dos materiais já citados, CNPA BA 2010-1366 e CNPA BA 2009-2270 também foram recomendados também apresentaram as maiores médias de PROD e PRODF ao longo dos quatro ambientes avaliados neste trabalho.

Merece destaque que a presença dos genótipos CNPA GO 2009 195, CNPA GO 2011 617 entre os melhores do ranking em ambientes favoráveis (P_{if}), e FM 993(T), CNPA GO 2010 147 e CNPA BA 2011-1904 entre os melhores do ranking tanto em ambientes desfavoráveis (P_{id}), demonstrando que esses materiais não possuem ampla adaptação e não conseguem responder vantajosamente a variação ambiental.

Na Tabela 12, mostra-se que os genótipos menos adaptados e estáveis, ou seja, que apresentaram as maiores estimativas de P_i geral, bem como P_{if} e P_{id} foram, CNPA BA 2011-1197 e CNPA BA 2011-1904. A falta de adaptabilidade e estabilidade desses materiais, refletiu também no desempenho geral em PROD e PRODF obtido por ambos, que foram os menores de todo o grupo.

Na literatura, trabalhos de adaptabilidade e estabilidade baseados na metodologia de Linn e Binns (1988) foi utilizado com sucesso na identificação de genótipos de algodoeiro por Farias (1995 e 2005), Silva Filho et al. (2008), Rodrigues et al. (2017), Teodoro (2017), Silva (2019) entre outros, além de ser utilizado também em trabalhos com outras culturas de importância agrônômica.

4.4.3. Metodologia de Annicchiarico (1992)

Na Tabela 13 estão apresentadas as análises segundo o método de Annicchiarico (1992). Foi possível identificar os genótipos FM 993, CNPA GO 2010-147, CNPA GO 2011-751, CNPA GO 2009-195 e CNPA GO 2011-105 com índice W_i superior a 100%, o que

indica que esses materiais superaram a média dos ambientes com percentual entre 1 a 10%. O índice de confiança adotado foi de 75% ($\alpha = 0,25$), esse índice explicita o potencial produtivo de determinado material produzir acima da média e estabelece o risco da escolha do genótipo, além de facilitar a interpretação da metodologia proposta por Annicchiarico (1992).

Nos ambientes favoráveis (Wif), os genótipos que se destacaram com alta estabilidade para as características PROD e PRODF foram à testemunha FM 993 e as linhagens CNPA GO 2010-648, CNPA GO 2010-147 e CNPA GO 2010-335 que superaram a média dos ambientes favoráveis entre 1 a 11%, demonstrando que esses genótipos seriam os que mais produziriam. Os genótipos menos estáveis para essas condições foram as linhagens CNPA BA 2009-2270, CNPA BA 2011-2214 e BRS 286.

Para os ambientes desfavoráveis (Wid), o destaque maior vai para as linhagens CNPA GO 2009-195, BRS 286, CNPA GO 2011-751, CNPA GO 2010-147 e CNPA GO 2011 617 que mostraram serem materiais produtivos e adaptados em tais condições de cultivo. O melhor genótipo foi a CNPA GO 2010-147, pois apresentou adaptabilidade tanto em ambientes favoráveis quanto em ambientes desfavoráveis.

4.4.3. Metodologia de Wricke (1965)

Na Tabela 14 estão apresentadas as análises segundo o método de Wricke (1965). Esse método estima o que se denomina ecovalência (W_i). Constatou-se através da metodologia de Wricke, que as cultivares CNPA GO 2010-147, CNPA BA 2011-1931, FM 993, CNPA GO 2011-105 e CNPA BA 2011-2214 tiveram os menores valores de W_i , sendo consideradas as mais estáveis. Os genótipos CNPA BA 2011-1904, CNPA BA 2011-1103 e CNPA BA 2011-1197 foram considerados as menos instáveis apresentando ecovalência (W_i) superior a unidade.

Verifica-se que nem todas as cultivares com maior estabilidade, ou seja, que obtiveram menor W_i são as que obtiveram alto rendimento em grãos, e resultado semelhante também observado por outros autores (Oliveira et al., 2002, Cargnelutti Filho et al. 2007). A metodologia de Wricke recomenda cultivares estáveis independentemente do rendimento médio a ambientes favoráveis e desfavoráveis, não sendo conveniente sua utilização quando o objetivo é indicar genótipos para condições específicas de ambiente.

No trabalho de Silva Filho (2008) o modelo da ecovalência indicou a cultivar BRS Cedro como a mais estável, apresentando uma estabilidade de 2,12%, enquanto que as cultivares Delta Penta e BRS Ipê foram identificadas como as menos instáveis com 17,6 e 15,7%, respectivamente

Tabela 11. Estimativas dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade fenotípica segundo o método proposto por Eberhart e Russell (1966) para produtividade de algodão em caroço (PROD) e produtividade de fibra (PRODF) do Ensaio de Linhagens Finais (ELF) de algodoeiro herbáceo avaliadas em 4 ambientes do Semiárido Nordeste

Genótipos	PROD (kg/ha)				PRODF (kg/ha)			
	Média ⁽¹⁾	β_1 ⁽²⁾	σ_{di}^2 ⁽³⁾	R ² (%)	Média	β_1 ⁽²⁾	σ_{di}^2 ⁽³⁾	R ² (%)
FM 993(T)	5985,60 a	1,01	-94723,04 ^{ns}	94,3	2493,57 a	1,05	-8595,79 ^{ns}	92,96
BRS 286(T)	5692,07 a	0,20*	-132039,17 ^{ns}	50,56	2334,20 a	0,25*	-20888,45 ^{ns}	56,99
BRS 336(T)	5594,96 a	0,97	533354,87 ^{ns}	69,68	2249,85 a	0,98	72719,62 ^{ns}	74,83
CNPA BA 2011-1931	5290,76 a	0,88	-124873,72 ^{ns}	94,53	2099,36 b	0,94	-11254,52 ^{ns}	85,94
CNPA BA 2010-1366	5790,48 a	0,6	728642,81 ^{ns}	40,98	2393,89 a	0,66*	128560,96 ^{ns}	47,19
CNPA BA 2009-2270	5181,92 a	0,9	618282,05 ^{ns}	63,55	2015,03 b	0,83	60663,49 ^{ns}	70,16
CNPA BA 2011-2214	4745,56 b	0,98	111595,90 ^{ns}	84,43	1870,43 c	0,98	10251,51 ^{ns}	87,32
CNPA GO 2009 195	5954,28 a	0,39*	-181277,32 ^{ns}	91,84	2452,74 a	0,50*	-30479,80 ^{ns}	92,95
CNPA GO 2010 335	5989,66 a	0,99	636209,39 ^{ns}	67,51	2517,02 a	0,98	91475,59 ^{ns}	71,28
CNPA GO 2010 648	5911,68 a	1,06	663214,98 ^{ns}	69,86	2445,32 a	1,13	84189,44 ^{ns}	77,85
CNPA GO 2010 147	5953,10 a	0,89	-179019,80 ^{ns}	98,2	2522,22 a	0,91	-29459,86 ^{ns}	97,42
CNPA GO 2011 751	6056,27 a	0,50*	21671,54 ^{ns}	66,64	2539,08 a	0,45*	-16158,80 ^{ns}	76,54
CNPA GO 2011 105	5696,89 a	0,9	7072,62 ^{**}	87,25	2398,48 a	0,85	22226,69 ^{**}	80,2
CNPA GO 2011 617	5571,43 a	0,54*	-81034,37 ^{ns}	81,11	2363,04 a	0,52*	-7711,44 ^{ns}	75,82
CNPA BA 2011-1103	4575,71 b	1,96*	280344,53 ^{ns}	93,4	1900,78 c	1,98*	26198,97 ^{ns}	95,44
CNPA BA 2011-1197	4350,19 b	1,96*	2386,39 ^{ns}	97,09	1757,95 c	1,80*	-4782,17 ^{ns}	97,15
CNPA BA 2011-1904	4133,56 b	2,23*	802046,54 ^{**}	89,8	1705,40 c	2,19*	99874,73 ^{**}	92,14
Média	5439,6	-	-	-	2238,7	-	-	-

** e * significativos a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente; ns não-significativo; ⁽¹⁾ Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Scott e Knott (1974); ⁽²⁾ H0: $\beta_1 = 1$; ⁽³⁾ H0: $\zeta_{2di} = 0$. Fonte: Carneiro, 2021.

Tabela 12. Estimativas dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade fenotípica segundo o método proposto por Lin e Binns (1988) modificado por Carneiro (1998) para produtividade de algodão em caroço (PROD) e produtividade de fibra (PRODF) do Ensaio de Linhagens Finais (ELF) de algodoeiro herbáceo, com decomposição de Pi (parâmetro de estabilidade e adaptabilidade) em ambiente favorável (Pif) e desfavorável (Pid)

Genótipo	PROD (kg/ha)						PRODF (kg/ha)							
	Média ⁽¹⁾	Pi ₃ ^{geral} /10 ³	R ²	Pi _f /10 ³	R ²	Pi _d /10 ³	R ²	Média ⁽¹⁾	Pi ₃ ^{geral} /10 ³	R ²	Pi _f /10 ³	R ²	Pi _d /10 ³	R ²
FM 993(T)	5985,60 a	29,56	4°	17,65	1°	573,53	6°	2493,57 a	3,98	4°	2,04	1°	105,56	1°
BRS 286(T)	5692,07 a	47,22	6°	775,56	15°	168,93	2°	2334,20 a	5,00	9°	158,98	14°	357,21	10°
BRS 336(T)	5594,96 a	79,01	11°	443,03	10°	1137,18	12	2249,85 a	6,52	11°	85,35	8°	233,55	6°
CNPA BA 2011-1931	5290,76 a	90,07	12°	513,67	13°	1287,55	13°	2099,36 b	6,97	12°	143,62	13°	305,80	8°
CNPA BA 2010-1366	5790,47 a	59,78	10°	414,15	9°	781,54	8°	2393,89 a	7,37	10°	52,52	3°	158,38	3°
CNPA BA 2009-2270	5181,92 a	133,04	13°	1362,01	17°	1298,88	14°	2015,03 b	7,41	13°	279,83	16°	310,25	9°
CNPA BA 2011-2214	4745,56 b	188,50	14°	1292,24	16°	103,97	1°	1870,43 c	8,31	14°	278,53	15°	524,63	11°
CNPA GO 2009 195	5954,28 a	23,20	2°	359,99	8°	801,53	9°	2452,74 a	12,96	3°	59,57	4°	287,49	7°
CNPA GO 2010 335	5989,66 a	43,75	5°	73,40	2°	1034,00	10°	2517,02 a	14,12	5°	112,41	11°	118,55	2°
CNPA GO 2010 648	5911,69 a	56,53	8°	96,16	3°	439,73	4°	2445,33 a	14,41	8°	84,50	7°	179,48	4°
CNPA GO 2010 147	5953,10 a	27,39	3°	108,09	4°	196,92	3°	2522,22 a	16,66	2°	106,73	9°	574,07	12°
CNPA GO 2011 751	6056,27 a	18,36	1°	170,34	5°	1034,01	11°	2539,08 a	17,25	1°	339,52	17°	227,93	5°
CNPA GO 2011 105	5696,89 a	54,93	7°	443,05	11°	655,58	7°	2398,48 a	18,49	6°	73,54	6°	871,97	14°
CNPA GO 2011 617	5571,43 a	59,11	9°	712,93	14°	469,22	5°	2363,04 a	21,76	7°	108,62	10°	551,81	13°
CNPA BA 2011-1103	4575,70 b	300,11	15°	209,22	6°	5792,90	15°	1900,79 c	22,72	15°	34,58	2°	1016,17	15°
CNPA BA 2011-1197	4350,19 b	344,27	16°	446,31	12°	6439,03	16°	1757,95 c	26,53	16°	117,95	12°	1101,78	16°
CNPA BA 2011-1904	4133,56 b	449,16	17°	327,70	7°	8655,48	17°	1705,40 c	29,44	17°	65,75	5°	1490,05	17°
Média	5439,6	-	-	-	-	-	-	2238,7	-	-	-	-	-	-

⁽¹⁾Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Scott e Knott (1974); ⁽²⁾ Ranking dos genótipos quanto à estabilidade. Fonte: Carneiro,2021

Tabela 13. Estimativas dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade fenotípica, pelo método de estabilidade de Annicchiarico (1992). Índice de confiança (Wi), com decomposição em ambientes favoráveis (Wif) e desfavoráveis (Wid), para produtividade de algodão e produtividade de fibra (PRODF) do Ensaio de Linhagens Finais avaliadas em 4 ambientes do Semiárido Nordeste.

Genótipo	PROD (kg/ha)				PRODF (kg/ha)			
	Média ⁽¹⁾	Wi	Wif	Wid	Média ⁽¹⁾	Wi	Wif	Wid
FM 993(T)	5985,60 a	106,3	106,94	104,67	2493,57 a	106,78	108,35	104,12
BRS 286(T)	5692,06 a	95,37	86,94	117,36	2334,20 a	95,09	86,76	117,99
BRS 336(T)	5594,96 a	92,98	95,39	89,71	2249,85 a	90,97	94,56	86,53
CNPA BA 2011-1931	5290,76 a	94,81	92,05	97,94	2099,36 b	89,02	86,53	90,76
CNPA BA 2010-1366	5790,47 a	94,28	96,03	94,38	2393,89 a	94,5	98,78	92,71
CNPA BA 2009-2270	5181,91 a	87,24	79,34	94,48	2015,03 b	83,37	76,96	88,84
CNPA BA 2011-2214	4745,55 b	79,83	85,19	74,27	1870,43 c	75,9	84,57	68,99
CNPA GO 2009 195	5954,28 a	101,74	97,04	123,64	2452,73 a	102,67	98,21	122,36
CNPA GO 2010 335	5989,66 a	100,12	100,30	96,91	2517,02 a	102,61	103,88	100,12
CNPA GO 2010 648	5911,68 a	97,41	106,50	91,37	2445,32 a	98,56	107,89	91,47
CNPA GO 2010 147	5953,10 a	106,51	105,87	109,56	2522,22 a	109,34	107,22	113,87
CNPA GO 2011 751	6056,27 a	103,22	97,04	112,98	2539,08 a	104,52	100,55	117,86
CNPA GO 2011 105	5696,89 a	100,52	95,19	107,84	2398,48 a	101,67	94,55	111,78
CNPA GO 2011 617	5571,43 a	96,16	91,04	108,48	2363,04 a	98,45	91,70	114,18
CNPA BA 2011-1103	4575,70 b	63,48	98,14	54,42	1900,79 c	63,23	100,97	53,35
CNPA BA 2011-1197	4350,19 b	59,48	97,51	52,37	1757,95 c	59,41	93,72	52,33
CNPA BA 2011-1904	4133,56 b	48,6	97,42	32,27	1705,40 c	48,44	98,27	32,41
Média	5439,6	-	-	-	2238,7	-	-	-

⁽¹⁾Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Scott e Knott (1974); ⁽²⁾ Ranking dos genótipos quanto à estabilidade. Fonte: Carneiro, 2021.

Tabela 14. Estimativas dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade fenotípica, pelo método de estabilidade de Wricke (1965). Ecovalência (Wi) para produtividade de algodão em caroço (PROD) e produtividade de fibra (PRODF) do Ensaio de Linhagens Finais avaliadas em 4 ambientes do Semiárido Nordestino.

Genótipo	PROD (kg/ha)			PRODF (kg/ha)		
	Média ⁽¹⁾	Wi	Wi (%)	Média ⁽¹⁾	Wi	Wi (%)
FM 993(T)	5985,60 a	3423974,11	0,69	2493,57 a	639350,94	1,1
BRS 286(T)	5692,06 a	8378343,52	7,47	2334,20 a	1226598,69	7,71
BRS 336(T)	5594,96 a	10073793,76	4,59	2249,85 a	1831870,14	4,14
CNPA BA 2011-1931	5290,76 a	2121341,39	0,65	2099,36 b	540372,27	1,87
CNPA BA 2010-1366	5790,48 a	13796823,64	7,55	2393,89 a	2463393,03	7,68
CNPA BA 2009-2270	5181,92 a	2101657,35	5,23	2015,03 b	268909,33	4,06
CNPA BA 2011-2214	4745,55 b	8370454,72	1,97	1870,43 c	1634395,04	1,78
CNPA GO 2009 195	5954,28 a	413354,55	4,3	2452,74 a	145456,97	3,44
CNPA GO 2010 335	5989,66 a	1908225,07	5,23	2517,02 a	481446,41	4,86
CNPA GO 2010 648	5911,67 a	162243,89	5,44	2445,32 a	46850,97	4,78
CNPA GO 2010 147	5953,10 a	4016584,96	0,29	2522,22 a	819785,07	0,38
CNPA GO 2011 751	6056,27 a	2936907,47	4,14	2539,09 a	782017,91	4,63
CNPA GO 2011 105	5696,89 a	8791583,74	1,42	2398,48 a	1406226,02	2,53
CNPA GO 2011 617	5571,43 a	4114094,67	3,05	2363,04 a	881129,68	3,99
CNPA BA 2011-1103	4575,71 b	4427306,95	13,29	1900,79 c	757180,55	14,63
CNPA BA 2011-1197	4350,19 b	6925747,88	11,68	1757,95 c	974666,56	9,4
CNPA BA 2011-1904	4133,56 b	2187344,06	23	1705,40 c	399950,14	23,01
Média	5439,6	-	-	2238,7		

⁽¹⁾Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Scott e Knott (1974). Fonte: Carneiro, 2021.

5 CONCLUSÕES

A interação genótipo x ambiente foi significativa dentro dos quatro ambientes, evidenciando o comportamento diferenciado dos genótipos frente à variação ambiental.

O método de Lin e Binns é o que melhor discrimina o conjunto de cultivares, em comparação com os métodos de Wricke (1965), Eberhart e Russell (1966), indicando que as cultivares estáveis e responsivas, também são as mais produtivas. Porém o método de Lin e Binns (1988) e Annicchiarico (1992) indicaram informações similares.

A metodologia de Eberhart e Russell (1996) pode ser usada em conjunto com Lin e Binns (1988) ou Annicchiarico (1992), pois fornecem informações complementares na identificação de genótipos adaptados e estáveis.

Os genótipos CNPA BA 2011-751, CNPA GO 2010-147, CNPA GO 2009 195 e FM 993 foram os mais produtivos e apresentaram ampla adaptabilidade e estabilidade para as condições de cultivo na região semiárida nordestina.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, R.R.S.D.; 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, p. 253-259, 2020.
- ALVES, R.S.; TEODORO, P.E.; FARIAS, F.C.; FARIAS, F.J.; CARVALHO, L.P.; RODRIGUES, J.I.S.; BHERING, L.L.; RESENDE, M.D.V. Evaluation of genotype x environment interactions in cotton using the method proposed by Eberhart and Russell and reaction norm models. **Genetics and Molecular Research**, v. 16, n. 3, p. 1-12, 2017.
- ANNICCHIARICO, P. Cultivar adaptation and recommendation from alfalfa trials in Northern Italy. **Journal of Genetics and Plant Breeding**, v. 46, p. 269-278, 1992.
- BARROSO, P.A.V.; SUASSUNA, N.D.; PEDROSA, M.B.; MORELLO, C.D.L.; SILVA FILHO, J.L.D.; LAMAS, F.M.; BOGIANI, J.C. BRS 368RF: A glyphosate tolerant, midseason upland cotton cultivar for Northeast and North Brazilian cerrado. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 17, n. 4, p. 399-402, 2017.
- BANZATTO, D.A.; KRONKA, S. N. Fundação de Apoio a Pesquisa, Ensino e Extensão, Jaboticabal-SP, Brasil, 2006.
- BAXEVANOS, D.; TSIALTAS, I.T.; GOULAS, C. Repeatability and stability analysis for fiber traits in upland cotton (*Gossypium hirsutum* L.). **Crop Science**, v. 7, n. 10, p. 1423-1429, 2013.
- BAYER. **Guia de variedades FiberMax® - Central. 2017**. Disponível em: <file:///C:/Users/ruan/Downloads/Guia%20Variedades%20FiberMax%20Central.pdf>. Acesso em: 04 jan. 2021.
- BELTRÃO, N.E.M.; ARAÚJO A.E. **Algodão: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004.
- BORÉM, A.; MIRANDA, G.V. **Melhoramento de Plantas**. Viçosa: Editora UFV, 2009.
- BORGES, V.; SOARES, A.A.; REIS, M.S.; RESENDE, M.D.V.; CORNÉLIO, V.M.O. Desempenho genotípico de linhagens de arroz de terras altas utilizando metodologia de modelos mistos. **Bragantia**, v. 69, n. 4, p. 833-841, 2010.
- BRADOW, J.M.; GH DAVIDONIS. Quantitation of fiber quality and the cotton production-processing interface: a physiologist's perspective. **J. Cotton Sci**, v. 4, n. 1, p. 34-64, 2000.
- BRANQUINHO, R.G.; DUARTE, J.B.; SOUZA, P.I.M.; SILVA NETO, S.P.; PACHECO, R.M. Estratificação ambiental e otimização de rede de ensaios de genótipos de soja no Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 49, n. 10, p. 783-795, 2014.
- CARVALHO, L.P.; SALGADO, C.C.; FARIAS, F.J.C.; CARNEIRO, V.Q. Stability and adaptability of cotton genotypes of colorful fibers in relation to the fiber characters. **Ciência Rural**, vol. 45, n. 4, p. 598-606, 2015.

- CARVALHO, LCB et al. Evolution of methodology for the study of adaptability and stability in cultivated species. *African Journal of Agricultural Research*, v. 11, n. 12, pág. 990-1000, 2016a
- CARVALHO, L.P.; FARIAS, F.J.C.; MORELLO, C.D.L.; TEODORO, P.E. Uso da metodologia REML/BLUP para seleção de genótipos de algodoeiro com maior adaptabilidade e estabilidade produtiva. *Bragantia*, v. 75, n. 3, p. 314-321, 2016b.
- CARVALHO, L.P.; SILVA, J.I.R.; 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.
- CARVALHO, J.F.D.; CAVALCANTI, J.J.V.; FARIAS, F.J.C.; RAMOS, J.P.C.; QUEIROZ, D.R.; SANTOS, R.C. 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.
- CARGNELUTTI FILHO, A.; STORCK, L. Estatísticas de avaliação da precisão experimental em ensaios de cultivares de milho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 42, p. 17-24, 2007.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos 2020/2021**. Primeiro levantamento. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>>. Acesso out 2020.
- 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. 1, p. 45-52, 2010.
- 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.
- CRUZ, C.D.; TORRES, R.A.; VENCOSKY, R. An alternative approach to the stability analysis proposed by Silva and Barreto. *Revista Brasileira de Genética*, v. 12, p. 567-580, 1989.
- CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, 2001.
- CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, 2004
- CRUZ, C. D. **Programa GENES: biometria**. Viçosa: UFV, 2006
- CRUZ, C.D.; CARNEIRO, P.C.S.; REGAZZI, A.J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: Editora UFV, 2012.
- CRUZ, C.D.; CARNEIRO, P.C.S.; REGAZZI, A.J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: Editora UFV, 2014.

CRUZ, C.D. Genes Software – extended and integrated with the R, Matlab and Selegen. **Acta Scientiarum**. v.38, n.4, p.547-552, 2016.

D'EECKENBRUGGE, G.C.; LACAPE, J.M. Distribution and differentiation of wild, feral, and cultivated populations of perennial upland cotton (*Gossypium hirsutum* L.) in Mesoamerica and the Caribbean. **PLoS One**, v. 9, n. 9, p. e107458, 2014.

DHIVYA, R.; AMALABALU, P.; PUSHPA, R.; KAVITHAMANI, D. Variability, heritability and genetic advance in upland cotton (*Gossypium hirsutum* L.). **African Journal of Plant Science**, v. 8, n. 1, p. 1-5, 2014

EBERHART, S.A.; RUSSEL, W.A. Stability parameters for comparing varieties. **Crop Science**, v.6, p. 36-40, 1966.

EGBUTA, M.A.; MCINTOSH, S.; WATERS, D.L.E.; VANCOV, T. LIU, L. Biological importance of cotton by-products relative to chemical constituents of the cotton plant. **Molecules**, v. 22, n. 93, p. 1-25, 2017.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **BRS 286**. 2009. Disponível em:<<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/25514/1/FolderBRS286-2ed.pdf>>. Acesso em: 04 jan 2021.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **BRS 335**. 2011. Disponível em:<<https://www.embrapa.br/algodao/busca-de-publicacoes/-/publicacao/895345/brs-335>>. Acesso em: 04 jan 2021.

FARIAS, F.J.C. **Índice de seleção em cultivares de algodoeiro. Piracicaba**, 2005. 121f. Tese - Doutorado em Agronomia- Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

FARIAS, F.J.C.; RAMALHO, M.A.P.; CARVALHO, L.P.; MOREIRA, A.N.; COSTA, J.N. Parâmetros de estabilidade propostos por Lin e Binns (1988) comparados com o método da regressão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 32, n. 4, p. 407-414, 1997.

FRANCESCHI, L.D.; BENIN, G.; MARCHIORO, V.S.; MARTIN, T.N.; SILVA, R.R.; SILVA, C.L.D. Métodos para análise de adaptabilidade e estabilidade em cultivares de trigo no estado do Paraná. **Bragantia**, v. 69, n. 4, p. 797-805, 2010.

FREIRE, E.C.; SOARES, J.J.; FARIAS, F.J.C.; ARANTES, E.M.; ANDRADE, F.P.; PARO, H.; LACA-BUENDIA, J.P. **Cultura do algodoeiro no estado de Mato Grosso**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 1997.

FREIRE, E.C. **Distribuição, coleta, uso e preservação das espécies silvestres de algodão no Brasil**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2000.

FREIRE, E.C. **Algodão no cerrado do Brasil**. Brasília: ABRAPA, 2015.

FREIRE, E.C.; MORELLO, C.L.; FARIAS, F.J.C.; SILVA FILHO, J.L.; VIDAL NETO, F.C.; PEDROSA, M.B.; SUINAGA, F.A.; COSTA, J.N.; ANDRADE, F.P. **O Agronegócio do Algodão no Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2008.

- FREITAS, A.S.D. **O papel das instituições públicas no desenvolvimento de novas variedades de plantas cultivadas. Rio Grande do Sul, 2006.** 179 f. Dissertação - Programa de Pós-Graduação em Agronegócios, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- 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, L.D.R.; SANTOS, R.C.D.; ANUNCIÇÃO FILHO, C.J.D.; MELO FILHO, P.D.A. Adaptabilidade e estabilidade fenotípica de genótipos de amendoim de porte ereto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 7, p. 985-989, 2007.
- GUL, S.; KHAN, N.U.; GUL, R.; BALOCH, M.; LATIF, A. KHAN, I.A. Genotype by environment and phenotypic adaptability studies for yield and fiber variables in upland cotton. **Journal of Animal and Plant Sciences**, v. 26, n. 3, p. 776-786, 2016.
- HERRERA, G.C.; POLETINE, J.P.; BRONDANI, S.T.; ANTÔNIO, M.; BARELLI, A.; SILVA, V. P. Adaptabilidade e estabilidade de linhagens de soja na região sul do Brasil por meio de modelagem mista. **Journal of Agronomic Sciences**, v. 9, p. 185-202, 2020.
- HENRIQUE, F.H.; LACA-BUENDÍA, J.P. **Comportamento morfológico e agrônomico de genótipos de algodoeiro no município de Uberaba-MG.** FAZU em revista, v. 1, n. 7, p. 32-36, 2010.
- HOOGERHEIDE, E.S.S.; FARIAS, F.J.C.; VENCOVSKY, R.; FREIRE, E.C. Estabilidade fenotípica de genótipos de algodoeiro no Estado do Mato Grosso. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 5, p. 695-698, 2007.
- ISLAM, M.S.; FANG, D.D.; JENKINS, J.N.; GUO, J.; MCCARTY, J.C.; JONES, D.C. Evaluation of genomic selection methods for predicting fiber quality traits in Upland cotton. **Molecular Genetics and Genomics**, v. 295, n. 1, p. 67-79, 2020.
- KAZAMA, E.H.; FERREIRA, F.M.; SILVA, A.R.B.D.; FIORESE, D.A. Influência do sistema de colheita nas características da fibra do algodão. **Revista Ceres**, v. 63, n. 5, p. 631-638, 2016.
- KRAUSE, W. **Alternativas para melhorar a eficiência dos experimentos de valor de cultivo e uso (VCU) na cultura do feijoeiro.** Lavras, 2005. 73f. Mestrado- Melhoramento Genético de Plantas, Universidade Federal de Lavras.
- LEE, A.J.; FANG, D.D. **Cotton as a world crop: origin, history, and current status.** In: FANG D.D.; LEE A. J. (Ed.). Cotton. 2 ed., 2015. p.1-23.
- LIN, C.S.; BINNS, M.R. A superiority measure of cultivar performance for cultivar x location data. **Canadian Journal Plant Science**, v.68, p.193-198, 1988.
- 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.

MACHADO, A.B. **Adaptabilidade e estabilidade de variedades crioulas de feijão**. Dois Vizinhos, 2020. 56f. Dissertação - Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas, Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

MEDEIROS, R.; MATOS, R.; SILVA, P.; SILVA, J.A.; FRANCISCO, P.R. Caracterização climática e diagnóstico da aptidão Agroclimática de culturas para Barbalha-CE. **Enciclopédia Biosfera**, v. 11, n. 21, 2015.

MIRANDA, G.V.; SOUZA, L.V.; GUIMARÃES, L.J.M.; NAMORATO, H.; OLIVEIRA, L.R.; SOARES, M.O. Multivariate analyses of genotype \times environment interaction of popcorn. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 1, p. 45-50, 2009.

MORELLO, C.L.; SUASSUNA, N.D.; BARROSO, P.A.V.; SILVA FILHO, J.L.; FERREIRA, A.C.B.; LAMAS, F.M.; PEDROSA, M.B.; CHITARRA, L.G.; RIBEIRO, J.L.; GODINHO, V.P.C.; LANZA, M.A. BRS 369RF and BRS 370RF: Glyphosate tolerant, high-yielding upland cotton cultivars for central Brazilian savanna. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 15, p. 290-294, 2015.

NASCIMENTO, M.; FERREIRA, A.; FERRÃO, R.G.; CAMPANA, A.C.M.; BHERING, L.L.; CRUZ, C.D.; FONSECA, A.F.A. Adaptabilidade e estabilidade via regressão não paramétrica em genótipos de café. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, n. 1, p. 41-48, 2010.

PEDROSA, M. B.; MORELLO, C.D.L.; CHITARRA, L.; SUASSUNA, N.D.; SILVA FILHO, J.L.; FREIRE, E.C., GODINHO, V.D.P. BRS 336-cultivar de algodão com alta qualidade de fibra para cultivo no cerrado e semi-árido do Brasil. In: **Embrapa Algodão- Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO ALGODÃO, 8.; COTTON EXPO, 1., 2011, São Paulo. Evolução da cadeia para construção de um setor forte: Anais. Campina Grande, PB: Embrapa Algodão, 2011., 2011.

PEREIRA, A.R.; AZEVEDO, P.V; LOURENÇO, E.R.C.; SABOYA, L.M.F.; BEZERRA, J.R.C. Evapotranspiração da cultura do gergelim irrigada na região da chapada do Apodí-RN. **Irriga**, v. 22, n. 3, p. 497-511, 2017.

PETTIGREW, W.T. The effect of higher temperatures on cotton lint yield production and fiber quality. **Crop science**, v. 48, n. 1, p. 278-285, 2008.

PIMENTEL GOMES, F. Curso de estatística experimental 14ª edição. Nobel, Piracicaba 210p, 2000.

PLAISTED, R.L.; PATERSON, L.C A technique for evaluating the ability of selections to yield consistently in different locations or seasons. **American Potato Journal** v. 36, p 381-385, 1959.

POMPEU JUNIOR, J.; BLUMER, S.; RESENDE, M.D.V.D. Avaliação genética de seleções e híbridos de limões cravo, volkameriano e rugoso como porta-enxertos para laranjeiras valência na presença da morte súbita dos citros. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, n. 1, p. 199-209, 2013.

- QUEIROZ, D.R.; FARIAS, F.J.C.; VASCONCELOS, J.J.C.; CARVALHO, L.P.; NEDER, D.G.; SOUZA, L.S.S.; FARIAS, F.C.; TEODORO, P.E. Diallel analysis for agronomic traits in upland cotton in semi-arid zones in Brazil. **Genetics and Molecular Research**, v. 16, n. 3 p. 1-8, 2017.
- RAMALHO, A.P.R.; SANTOS, J.B.; ABREU, A.F.B.; NUNES, J.A.R. **Aplicações da genética quantitativa no melhoramento de plantas autógamas**. Lavras: Ed. UFLA, 2012.
- RESENDE, M.D.V. **SELEGEN REML/BLUP: sistema estatístico e seleção genética computadorizada via modelos lineares mistos**. Colombo: Embrapa Florestas. 2007.
- 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.
- ROCHA, M.M. **Seleção de linhagens experimentais de soja para adaptabilidade e estabilidade fenotípica**. Piracicaba, 2002. 173f. Tese - Doutorado em Agronomia - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- RODRIGUES, J.I.S.; CARVALHO, L.P.; FARIAS, F.J.C. Influence of genotype versus environment interaction on improving upland cotton yield. **Rev. Cienc. Agrar.**, v. 60, n. 3, p. 241-246, 2017.
- SAHA, S.; JENKINS, J.N.; WU, J.; MCCARTY, J.C.; STELLY, D.M. Genetic analysis of agronomic and fiber traits using four interspecific chromos substitution lines in cotton. **Plant Breeding**, v. 127, n. 6, p. 612- 618, 2008.
- SCAPIM, C.A.; OLIVEIRA, V.R.; BRACCINI, A.L.; CRUZ, C.D.; ANDRADE, C.A.B.; VIDIGAL, M.C.G. Yield stability in maize (*Zea mays* L.) and correlations among the parameters of the Eberhart and Russell, Lin and Binns and Huehn models. **Genetics and Molecular Biology**, v.23, p.387-393, 2000.
- SCHLEGEL, R. H. J. **Encyclopedic dictionary of plant breeding and related subjects**. New York: Haworth Press, 2003.
- SCHMILDT, E.R.; NASCIMENTO, A.L.; CRUZ, C.D.; OLIVEIRA, J.A.R. Avaliação de metodologias de adaptabilidade e estabilidade de cultivares milho. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 33, n. 1, p. 51-58, 2011.
- SCOTT, A.J.; KNOTT, M. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. *Biometrics*, p. 507-512, 1974.
- SESTREN, J.A.; LIMA, J.J. **Características e classificação da fibra de algodão**. In: FREIRE, E.C (Ed.). Algodão no cerrado do Brasil. Associação Brasileira dos Produtores de Algodão – ABRAPA. Brasília: Gráfica e editora Positiva, 2015. p.653-750.
- SILVA, F.G.; ANUNCIÇÃO FILHO, C.J.; TABOSA, J.N. Estabilidade da produção de grãos de arroz irrigado nos Estados de Alagoas e de Pernambuco. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.30, n. 3, p.347-351, 1995.

SILVA FILHO, J.L.; MORELLO, C.L.; FARIAS, F.J.C.; LAMAS, F.M.; PEDROSA, M.B.; RIBEIRO, J.L. Comparação de métodos para avaliar a adaptabilidade e estabilidade produtiva em algodoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 3, p. 349-355, 2008.

SILVA, F.L.; SOARES, P.C.; CARGNIN, A.; SOUZA, M.A.; SOARES, A.A.; CORNÉLIO, M.O.C.; REIS, M.S. Methods of adaptability and stability analysis in irrigated rice genotypes in Minas Gerais, Brazil. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 8, n. 2, p. 119-126, 2008.

SILVA, G.A.P.; CHIORATO, A.F.; GONÇALVES, J.G.R.; PERINA, E.F.; CARBONELL, S.A.M. Análise da adaptabilidade e estabilidade de produção em ensaios regionais de feijoeiro para o Estado de São Paulo. **Revista Ceres**, v. 60, n. 1, p. 59-65, 2013.

SILVA, R.C. **Métodos AMMI e GGE no estudo da interação genótipos x ambientes em algodão**. Campina Grande, 2016. 57f. Dissertação – Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias, Universidade Estadual da Paraíba.

SILVA, E.S.; MEDEIROS, D.A.; DIAS, J.A.; MALTA, A.O.; SILVA, S.I.A. Adubação foliar nitrogenada e boratada na qualidade da fibra do algodão colorido (*Gossypium hirsutum* L.). **Pesquisa Agropecuária Pernambucana**, v. 22, e201712, 2017.

SILVA, R.D.S. **Adaptabilidade e estabilidade fenotípica de linhagens de algodoeiro herbáceo para as condições do semiárido nordestino**. Campina Grande, 2019. 76f. Dissertação – Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias, Universidade Estadual da Paraíba.

SILVA, W.C.J.; DUARTE, J.B. Métodos estatísticos para estudo de adaptabilidade e estabilidade fenotípica em soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n.1, p.23-30, 2006.

SOUSA, L.B. O Algodoeiro: alguns aspectos importantes da cultura. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 5, n. 4, p. 3, 2010.

SOUZA, M.B. **Avaliação de linhagens elite de feijão-caupi em regiões do cerrado brasileiro**. Teresina, 2013. 82f. Dissertação (Mestrado em Melhoramento Genético de Plantas) - Universidade Federal do Piauí.

SUINAGA, F.A.; BASTOS, C.S.; RANGEL, L.E.P. Fenotipic adaptability and stability of cotton cultivars in Mato Grosso State, Brazil. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.36, n. 3, p.145- 150, 2006.

TANG, S.; TENG, Z.; ZHAI, T.; FANG, X.; LIU, F.; LIU, D.; ... ZHANG, Z. Construction of genetic map and QTL analysis of fiber quality traits for Upland cotton (*Gossypium hirsutum* L.). **Euphytica**, v. 201, n. 2, p. 195-213, 2015.

TEODORO, P. E. Interação entre genótipos de algodoeiro em ambientes representativos do cerrado brasileiro. Viçosa, 2017. 58f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento). Universidade Federal de Viçosa.

UNITED STATE DEPARTMENT OF AGRICULTURE – **FOREIGN AGRICULTURAL SERVICE - USDA-FAS**. Crop Explorer. 2020. Disponível em:

<<https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/production.pdf>>. Acesso em: outubro 2020.

VASCONCELOS, F.M.T.; VASCONCELOS, R.A.; LUZ, L.N.; CABRAL, N.T.; OLIVEIRA, JÚNIOR, L.; SANTIAGO, A.D.; SANTOS, R.C. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos eretos de amendoim cultivados nas regiões Nordeste e Centro-Oeste. **Ciência Rural**, v. 45, n. 8, 2015.

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 Embrapa, 2013. p. 49-84.

VOSS, B.H. **Estratégias para o aumento da eficiência em ensaio de valor de cultivo e uso (VCU) na cultura do feijoeiro**. Rio do Sul, 2016. 39f. Monografia – Curso de Agronomia, Instituto Federal Catarinense.

WANG, M.; TU, L.; LIN, M.; LIN, Z.; WANG, P.; YANG, Q.; et al. Asymmetric subgenome selection and cis-regulatory divergence during cotton domestication. **Nature genetics**, v. 49, n. 4, p. 579-587, 2017.

WANG, M.; TU, L.; YUAN, D.; ZHU, D.; SHEN, C.; LI, J.; YE, Z.; et al. Reference genome sequences of two cultivated allotetraploid cottons, *Gossypium hirsutum* and *Gossypium barbadense*. **Nature genetics**, v. 51, n. 2, p. 224-229, 2019.

WRICKE, G. Zur Berechnung der Ökovalenz bei Sommerweizen und Hafer. **Zeitschrift für Pflanzenzüchtung**, v.52, p.127-138, 1965

ZHANG, T.; QIAN, N.; ZHU, X.; CHEN, H.; WANG, S.; MEI, H.; ZHANG, Y. Variations and transmission of QTL alleles for yield and fiber qualities in upland cotton cultivars developed in China. **PLoS One**. v. 8, n. 2, p. e57220, 2013.

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