

**ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE FENOTÍPICA DE LINHAGENS  
DE ALGODOEIRO HERBÁCEO PARA AS CONDIÇÕES DO SEMIÁRIDO  
NORDESTINO**

**RUAN DOS SANTOS SILVA**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA  
CAMPINA GRANDE – PB**

**FEVEREIRO DE 2019**

**ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE FENOTÍPICA DE LINHAGENS  
DE ALGODOEIRO HERBÁCEO PARA AS CONDIÇÕES DO SEMIÁRIDO  
NORDESTINO**

**RUAN DOS SANTOS SILVA**

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

**Orientador: Prof. Dr. Francisco José Correia Farias**

**Coorientador: Prof. Dr. José Jaime Vasconcelos Cavalcanti**

**CAMPINA GRANDE - PB  
FEVEREIRO DE 2019**

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

S586a Silva, Ruan dos Santos.  
Adaptabilidade e estabilidade fenotípica de linhagens de algodoeiro herbáceo para as condições do Semiárido Nordestino [manuscrito] / Ruan dos Santos Silva. - 2019.  
76 p. : il. colorido.  
Digitado.  
Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Universidade Estadual da Paraíba, Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa, 2019.  
"Orientação : Prof. Dr. Francisco José Correia Farias, Embrapa Algodão."  
"Coorientação: Prof. Dr. José Jaime Vasconcelos Cavalcanti, Embrapa Algodão"  
1. Gossypium hirsutum. 2. Algodoeiro herbáceo. 3. Melhoramento genético. 4. Valor de Cultivo e Uso. I. Título  
21. ed. CDD 633.51

**ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE FENOTÍPICA DE LINHAGENS  
DE ALGODOEIRO HERBÁCEO PARA AS CONDIÇÕES DO SEMIÁRIDO  
NORDESTINO**

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

Aprovada em 27 de fevereiro de 2019

**Banca Examinadora:**

*Rh.*

\_\_\_\_\_  
Prof. Dra. Roseane Cavalcanti dos Santos (D. Sc. Biologia Molecular) UnB

*Regina Lucia Ferreira Gomes*

\_\_\_\_\_  
Prof. Dra. Regina Lúcia Ferreira Gomes (D. Sc. Genética e Melhoramento de Plantas) USP

*José Jaime Vasconcelos Cavalcanti*

\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. José Jaime Vasconcelos Cavalcanti (D. Sc. Biologia Molecular) University of Reading  
Coorientador

*Francisco José Correia Farias*

\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Francisco José Correia Farias (D. Sc. Genética e Melhoramento de Plantas) USP  
Orientador

Às mulheres da minha vida, Adriana e Dona Conceição, que com amor, força e dedicação me  
instruíram no caminho do bem.

**DEDICO**

“Dá instrução ao sábio, e ele se fará mais sábio; ensina o justo e ele aumentará em entendimento.”

Provérbios 9:9

## AGRADECIMENTOS

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

Ao Prof. Dr. Francisco José Correia Farias pela valiosa orientação, ensinamentos, confiança e auxílio no desenvolvimento deste trabalho.

Ao coorientador Prof. Dr. José Jaime Vasconcelos por sua importante contribuição e ensinamentos durante a disciplina Genética Quantitativa. E ao Prof. Paulo Eduardo Teodoro pelo considerável auxílio na análise multivariada dos dados.

Aos professores Drs. Alberto Soares de Melo, Carlos Henrique S. G. Menezes, Diogo G. Neder, Josemir Moura, Liziane M<sup>a</sup>. de Lima, Nair H. Arriel e Roseane C. dos Santos pelos conhecimentos transmitidos durante suas disciplinas.

Ao soberano DEUS pelas oportunidades, bênçãos recebidas e auxílio para a conclusão de mais um ciclo da minha vida acadêmica.

À minha mãe Josefa Adriana, avó Maria Inácia (D. Conceição), irmão Rubens Santos, tia Adelaide e minha namorada Adriele Carlos por serem minha fonte de amor e apoio nos momentos que mais necessito.

Aos amigos da Pós-Graduação e da EMBRAPA, Antônia Sâmia, Bárbara Belchior, Damião Queiroz, Fabrícia Chagas, Ítalo Harlan, Joelma Azevedo, Josivaldo Galdino, Katyane Maciel, Leandro Araújo, Lidiane Diniz, Renato Cardoso e Rogério Freire, pelo companheirismo e momentos compartilhados durante as atividades acadêmicas.

Por fim, a todos que de alguma forma contribuíram consideravelmente com apoio e dedicação para que eu obtivesse êxito no desfecho de mais esta etapa da minha vida.

## SUMÁRIO

<b>1.</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	12
<b>2.</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	15
2.1.	Aspectos gerais da cultura do algodoeiro ( <i>G. hirsutum</i> L.) .....	15
2.2.	Melhoramento genético do algodoeiro no Brasil .....	16
2.3.	Ensaio de Valor de Cultivo e Uso (VCU) .....	18
2.4.	Interação Genótipo x Ambiente .....	19
2.5.	Adaptabilidade e Estabilidade .....	20
2.6.	Metodologias de avaliação de adaptabilidade e estabilidade .....	21
<b>2.6.1.</b>	<b>Metodologias baseadas em análise de regressão</b> .....	21
<b>2.6.2.</b>	<b>Metodologias baseadas em análise não-paramétrica e análise de variância</b>	22
<b>2.6.3.</b>	<b>Método multivariado: GGE Biplot</b> .....	23
<b>3.</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	25
3.1.	Germoplasma .....	25
3.2.	Locais de condução dos experimentos .....	26
3.3.	Análises estatísticas dos dados .....	27
<b>3.3.1.</b>	<b>Delineamento experimental</b> .....	27
<b>3.3.2.</b>	<b>Variáveis avaliadas</b> .....	27
3.3.2.1.	<i>Características Agronômicas</i> .....	27
3.3.2.2.	<i>Características Tecnológicas de Fibra</i> .....	27
<b>3.3.3.</b>	<b>Análises de variância individual e conjunta</b> .....	28
3.4.	Análises de adaptabilidade e estabilidade fenotípica .....	29
<b>4.</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	32
4.1.	Análises de variância individuais .....	32
4.2.	Análise de variância conjunta .....	34
4.3.	Comparações de médias .....	36
4.4.	Análises de adaptabilidade e estabilidade .....	41
<b>4.4.1.</b>	<b>Metodologia de Eberhart e Russell (1966)</b> .....	41
<b>4.4.2.</b>	<b>Metodologia de Lin e Binns (1988), modificada por Carneiro (1998)</b> .....	44
<b>4.4.3.</b>	<b>Metodologia de Annicchiarico (1992)</b> .....	47
<b>4.4.4.</b>	<b>Correlação de Spearman</b> .....	49
<b>4.4.5.</b>	<b>Análise multivariada GGE biplot</b> .....	51
<b>5.</b>	<b>CONCLUSÕES</b> .....	55
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	56
	<b>APÊNDICE</b> .....	71

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Material genético utilizado nos Ensaios de Valor de Cultivo e Uso .....	25
Tabela 2	Esquema de análise de variância individual e teste F referente ao modelo (1)	28
	....	
Tabela 3	Esquema de análise de variância conjunta e teste F referente ao modelo (2). Efeitos fixos de genótipos e aleatórios de ambientes .....	29
Tabela 4	Resumo da Análise de Variância Individual para as características: Produtividade de algodão em caroço (PROD – kg/ha); Produtividade de Fibra (PRODF – kg/ha); Porcentagem de Fibra (PF - %); Comprimento de Fibra (COMP - mm); Resistência (RES – gf/tex); Micronaire (MIC) e Fiabilidade (CSP), do ensaio de VCU avaliado nos ambientes Apodi, 2016; Barbalha, 2016; Apodi, 2017; Barbalha, 2017 .....	33
Tabela 5	Resumo da Análise de Variância Conjunta dos ensaios de VCU para as características: Produtividade de algodão em caroço (PROD – kg/ha); Produtividade de Fibra (PRODF – kg/ha); Porcentagem de Fibra (PF - %); Comprimento de Fibra (COMP - mm); Resistência (RES – gf/tex); Micronaire (MIC) e Fiabilidade (CSP) .....	35
Tabela 6	Médias gerais das variáveis agronômicas e tecnológicas de fibra dos genótipos avaliados nos ensaios de VCU, classificadas segundo o teste de Scott e Knott (1974) e seus respectivos rankings (R): Produtividade de algodão em caroço (PROD – kg/ha); Produtividade de Fibra (PRODF – kg/ha); Porcentagem de Fibra (PF - %); Comprimento de Fibra (COMP - mm); Resistência (RES – gf/tex); Micronaire (MIC) e Fiabilidade (CSP) .....	38
Tabela 7	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 VCU avaliado em 4 ambientes do Semiárido Nordeste .....	43
Tabela 8	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 VCU, com decomposição de Pi (parâmetro de estabilidade e adaptabilidade) em ambiente favorável (Pi <sub>f</sub> ) e desfavorável (Pi <sub>d</sub> )	46
Tabela 9	Estimativas dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade fenotípica, pelo método de estabilidade de Annicchiarico (1992). Índice de confiança (Wi), com decomposição em ambientes favoráveis (Wi <sub>f</sub> ) e desfavoráveis (Wi <sub>d</sub> ), para produtividade de algodão em caroço (PROD) e produtividade de fibra (PRODF) do ensaio de VCU avaliado em 4 ambientes do Semiárido Nordestino .....	48

## APÊNDICE

Tabela 1A	Médias das variáveis agronômicas e tecnológicas de fibra de cada genótipo avaliado no ensaio de VCU no Ambiente 1 (Apodi, 2016), classificadas segundo o teste de Scott e Knott (1974) e seus respectivos rankings (R): Produtividade de algodão em caroço (PROD – kg/ha); Produtividade de Fibra (PRODF – kg/ha); Porcentagem de Fibra (PF - %); Comprimento de Fibra (COMP - mm); Resistência (RES – gf/tex); Micronaire (MIC) e Fiabilidade (CSP) .....	72
Tabela 2A	Médias das variáveis agronômicas e tecnológicas de fibra de cada genótipo avaliado no ensaio de VCU no Ambiente 2 (Barbalha, 2016), classificadas segundo o teste de Scott e Knott (1974) e seus respectivos rankings (R) para as características: Produtividade de algodão em caroço (PROD – kg/ha); Produtividade de Fibra (PRODF – kg/ha); Porcentagem de Fibra (PF - %); Comprimento de Fibra (COMP - mm); Resistência (RES – gf/tex); Micronaire (MIC) e Fiabilidade (CSP) .....	73
Tabela 3A	Médias das variáveis agronômicas e tecnológicas de fibra de cada genótipo avaliado no ensaio de VCU no Ambiente 3 (Apodi, 2017), classificadas segundo o teste de Scott e Knott (1974) e seus respectivos rankings (R) para as características: Produtividade de algodão em caroço (PROD – kg/ha); Produtividade de Fibra (PRODF – kg/ha); Porcentagem de Fibra (PF - %); Comprimento de Fibra (COMP - mm); Resistência (RES – gf/tex); Micronaire (MIC) e Fiabilidade (CSP) .....	74
Tabela 4A	Médias das variáveis agronômicas e tecnológicas de fibra de cada genótipo avaliado no ensaio de VCU no Ambiente 4 (Barbalha, 2017), classificadas segundo o teste de Scott e Knott (1974) e seus respectivos rankings (R) para as características: Produtividade de algodão em caroço (PROD – kg/ha); Produtividade de Fibra (PRODF – kg/ha); Porcentagem de Fibra (PF - %); Comprimento de Fibra (COMP - mm); Resistência (RES – gf/tex); Micronaire (MIC) e Fiabilidade (CSP) .....	75
Tabela 5A	Caracterização dos quatro ambientes avaliados nos ensaios de VCU conforme critério de Lin e Binns (1988), modificado por Carneiro (1998) e Annicchiarico (1992) para os caracteres produtividade de algodão em caroço (PROD) e produtividade de fibras (PRODF), avaliados em 17 genótipos de algodoeiro cultivados no Semiárido Nordeste	76

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 A: Representação gráfica do GGE biplot para a produtividade de algodão em caroço (PROD – kg/ha) e B: Representação gráfica do GGE biplot para a produtividade de fibra (PRODF – kg/ha) de 17 genótipos de algodoeiro avaliados em quatro ambientes..... 52
- Figura 2 A: Representação gráfica do GGE biplot “Mean vs. Stability” para a produtividade de algodão em caroço (PROD – kg/ha) e B: Representação gráfica do GGE biplot “Mean vs. Stability” para a produtividade de fibra (PRODF – kg/ha) de 17 genótipos de algodoeiro avaliados em quatro ambientes..... 54

## RESUMO

SILVA, Ruan dos Santos. M. Sc. Universidade Estadual da Paraíba / Embrapa Algodão; fevereiro de 2019; **Adaptabilidade e estabilidade fenotípica de linhagens de algodoeiro herbáceo para as condições do semiárido nordestino**. Orientador: Prof. Dr. Francisco José Correia Farias; Coorientador: Prof. Dr. José Jaime Vasconcelos Cavalcanti.

O algodoeiro herbáceo anual (*Gossypium hirsutum* L.), é, dentre as culturas produtoras de fibra, a de maior importância global. O Brasil se destaca no cenário mundial como um dos principais produtores e exportadores da fibra de algodão. O plantio desta cultura no semiárido brasileiro é importante para o desenvolvimento regional e incremento da capacidade de competição do cotonicultor nordestino. Assim, o desenvolvimento de programas de melhoramento que identifiquem cultivares adaptadas às condições da região é fundamental. Na condução desses programas, o estudo da interação genótipos x ambientes antes da seleção e recomendação de cultivares auxiliam na escolha e indicação dos melhores materiais. Neste contexto, o objetivo deste estudo foi avaliar a interação genótipos x ambientes de linhagens finais de algodoeiro herbáceo visando identificar genótipos adaptados e estáveis para as condições do semiárido nordestino. 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: 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 GGE Biplot (2000). 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 os genótipos CNPA NE 2012-2050, CNPA MT 2009-152, CNPA NE 2012-2008 e CNPA BA 2011-4970 FL como os mais produtivos, e de maior adaptabilidade para a região avaliada. CNPA BA 2011-4436, CNPA BA 2011-1197 e CNPA BA 2010-1174 também apresentaram potencial produtivo e foram considerados os mais estáveis.

**Palavras-chave:** *Gossypium hirsutum*; Valor de cultivo e uso; Interação genótipo x ambiente; GGE Biplot.

## ABSTRACT

SILVA, Ruan dos Santos. M. Sc. Paraíba State University / Embrapa Cotton; february 2019; **Adaptability and phenotypic stability of upland cotton lineages for northeastern semiarid conditions**. Advisor: Prof. Dr. Francisco José Correia Farias; Co-advisor: Prof. Dr. José Jaime Vasconcelos Cavalcanti.

Upland Cotton (*Gossypium hirsutum* L.) is one of the most important fiber producing crops. Brazil stands out on the world stage as one of the main producers and exporters of cotton fiber. The planting of this crop in the Brazilian semiarid region is important for the regional development and increase of the competition capacity of the Northeast cotton farmer. Thus, the development of breeding programs that identify cultivars adapted to the conditions of the region is fundamental. In conducting these programs, the study of genotypes x environments interaction before selection and recommendation of cultivars help in choosing and indicating the best materials. In this context, the objective of this study was to evaluate the genotypes x environments interaction of final lines of upland cotton, in order to identify adapted and stable genotypes for the northeastern semiarid conditions. Seventeen genotypes were evaluated in experiments conducted in the cities of Apodi-RN and Barbalha-CE in 2016 and 2017, totaling four environments. The characteristics evaluated were: cotton seed yield, cotton fiber yield, lint percentage, fiber length, fiber strength, micronaire and spinning index. Individual and joint analyzes of variance were performed. The adaptability and stability analyzes was evaluated following the methodologies proposed by Eberhart and Russell (1966), Lin and Binns (1988) modified by Carneiro (1998), Annicchiarico (1992) and GGE Biplot (2000). The different methodologies adopted in this study were concordant and complementary, being efficient and easily applied in the identification of adapted and stable cotton genotypes. The results indicated the genotypes CNPA NE 2012-2050, CNPA MT 2009-152, CNPA NE 2012-2008 and CNPA BA 2011-4970 FL as the most productive, and more adaptability for the evaluated region. CNPA BA 2011-4436, CNPA BA 2011-1197 and CNPA BA 2010-1174 also presented productive potential and were considered the most stable.

**Key-words:** *Gossypium hirsutum*; Value of cultivation and use; Genotype x environment interaction; GGE Biplot.

## 1. INTRODUÇÃO

O algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.) é conhecido pela produção de fibra têxtil de maior importância mundial, onde aproximadamente 60 países consomem e produzem, gerando emprego e renda. Trata-se da fibra vegetal mais utilizada pelo homem, podendo ser produzido em várias partes do mundo, devido às poucas exigências em solo e clima (RICHETTI e MELLO FILHO, 2001; VASCONCELOS, 2016).

O Brasil se destaca no cenário mundial como um dos principais produtores da fibra de algodão. Diante do bom desempenho obtido em produtividade e nas cotações da pluma na safra 2017/2018, tanto no mercado interno quanto no externo, os produtores nacionais intensificaram os investimentos no cultivo de algodão na safra atual (2018/2019), atingindo incrementos recordes na área cultivada. A área plantada nessa temporada deverá apresentar aumento de 25,3% em relação aos 1.174,7 mil hectares efetivados na safra passada (2017/2018). No contexto atual, a expectativa de produtividade da cultura, tem previsões em torno de 4800 kg/ha para o algodão primeira safra e aproximadamente 4200 kg/ha para a segunda safra (CONAB, 2019).

Os incrementos nas produtividades alcançadas nos últimos anos elevaram o Brasil ao patamar de quarto maior produtor mundial, estando atrás apenas da Índia, China e Estados Unidos. Os fatores que vêm contribuindo para estes avanços em produtividade são as pesquisas desenvolvidas nos diferentes programas de melhoramento do algodoeiro em diversas áreas agrícolas do Brasil, além do uso de pacote tecnológico e de melhores insumos por parte dos produtores que favorecem o desempenho da lavoura (FARIAS e CARVALHO, 2014).

No âmbito nacional o cultivo do algodoeiro herbáceo é feito de forma mais abrangente nas regiões de cerrado, mas por sua tolerância à seca, a cultura também é especialmente importante para as regiões semiáridas do planeta. Historicamente a cultura do algodão na região Nordeste atingiu o seu ápice de importância econômica e social na década de setenta. Naquela época a cultura era responsável pela geração de mais de um milhão de empregos no campo e fornecia matéria prima para 259 algodoieiras. Entretanto, a partir de meados da década de oitenta

a cultura entrou em crise, que se prolongou na região do semiárido, até os dias de hoje. Dentre os fatores que causaram esta crise na região, destacam-se as interferências do governo no mercado interno (proibição de exportações), provocando queda dos preços, eliminação de alíquotas de importação da pluma, mudanças na política de crédito rural, o impacto da praga bicudo-do-algodoeiro (*Anthonomus grandis*, Boheman) nos sistemas de produção dos pequenos produtores e a falência do sistema de exploração centrado na meação (FREIRE et al., 2008).

A decadência da cultura do algodoeiro na região Nordeste, motivou na década de 1990, o deslocamento do cultivo para a região Centro-Oeste. Um dos principais motivos que favoreceu o estabelecimento do algodoeiro nessa nova região foi o surgimento de um novo modelo agrícola, com base empresarial, praticado em grandes propriedades, altamente tecnificado e mecanizado, com altas produtividades e alavancado, principalmente, por clima, solo e topografia favoráveis, possibilitando a mecanização completa da cultura (VIDAL NETO e FREIRE, 2013).

Atualmente os estados nordestinos do Maranhão, Piauí e a Bahia (segundo maior produtor nacional), cultivam o algodão em áreas de cerrado, enquanto que Pernambuco, Ceará, Alagoas, Paraíba e Rio Grande do Norte, que caracterizam a região do semiárido (agreste e caatinga), possuem uma produtividade pouco expressiva. Segundo Freire e Carvalho (2004), uma das formas que vem sendo utilizadas para incrementar a capacidade de competição do cotonicultor do semiárido nordestino é o direcionamento da produção para mercados específicos de fibras coloridas, orgânicas, extralongas ou médias de alta qualidade, proporcionadas pelo cultivo irrigado e colheita manual.

Para a manutenção da produtividade no semiárido nordestino e o incremento da capacidade de competição do cotonicultor nessa região, o desenvolvimento de programas de melhoramento que identifiquem cultivares adaptadas às condições dessas localidades é fundamental. No desenvolvimento desses programas, é importante se ter em mente que a cultura do algodão na região é submetida a imprevisibilidades climáticas, especialmente em função da diversidade dos regimes pluviais entre os anos e mesmo entre locais em determinado ano. Aliado a este problema constata-se ainda um sistema de produção com uma considerável variação no uso de tecnologias. Nessa situação espera-se a ocorrência de uma forte interação genótipo x ambiente ( $G \times A$ ), que dificulta o trabalho do melhorista na identificação e recomendação de materiais produtivos e estáveis (FARIAS, 1995).

O principal objetivo dos programas de melhoramento vegetal é a identificação de genótipos com alto potencial produtivo, associado à ampla adaptabilidade e estabilidade aos ambientes avaliados. No entanto, quando há interação  $G \times A$ , ou seja, resposta diferencial dos genótipos em função do ambiente, há a necessidade de se diminuir o efeito dessa interação

através da condução dos experimentos em vários locais e anos, possibilitando avaliar a magnitude da interação e seu possível impacto sobre a seleção (SILVA e DUARTE, 2006; CRUZ et al., 2012).

Nesse contexto, o estudo da interação G x A antes da seleção e recomendação de cultivares na última etapa dos ensaios desenvolvidos nos programas de melhoramento faz-se necessário, sendo realizado através de testes de estabilidade e adaptabilidade fenotípica, que irão auxiliar na escolha dos melhores materiais (RAMALHO et al., 2012). Dentre as principais metodologias que explicam adequadamente os efeitos principais (de genótipos e de ambientes) e de sua interação, pode-se destacar: Eberhart e Russell (1966), Annicchiarico (1992), Lin e Binns (1988) modificado por Carneiro (1998) todas de caráter univariado. E mais recentemente evidencia-se também o método multivariado de análise gráfica GGE Biplot (YAN et al., 2000). Estas análises assumem um importante papel preditivo para o direcionamento de programas de melhoramento em relação ao processo seletivo de genótipos mais promissores (CARVALHO et al., 2017; SILVA, 2018).

O presente estudo tem o objetivo de avaliar a interação genótipos por ambientes e estimar os parâmetros de adaptabilidade e estabilidade das linhagens finais de algodoeiro herbáceo oriundas do Programa de Melhoramento do Algodoeiro da Embrapa Algodão, visando identificar genótipos adaptados e estáveis para as condições do semiárido nordestino.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. Aspectos gerais da cultura do algodoeiro (*G. hirsutum* L.)

O algodoeiro doméstico tem origem e história únicas entre as espécies cultivadas. Os ancestrais selvagens das espécies modernas de algodoeiro eram árvores perenes comuns em várias áreas geográficas distintas, incluindo África, Arábia, Austrália e Mesoamérica. Ao longo dos séculos passados, as pessoas nativas dessas regiões desenvolveram quatro espécies distintas de algodão cultivado, incluindo o algodão herbáceo (*G. hirsutum* L.), a principal espécie cultivada atualmente. As espécies *G. arboreum* L., *G. herbaceum* L., *G. barbadense* L., também apresentam valor econômico e estão dispersas pelo mundo inteiro (RITCHIE et al., 2007; CARVALHO, 2008).

O algodoeiro herbáceo anual (*G. hirsutum* L.), também conhecido com a denominação geral de “upland”, é, dentre as culturas produtoras de fibra, a de maior importância global. Atualmente, ele é cultivado em regiões tropicais e subtropicais em mais de 60 países do mundo. Apesar da ameaça de fibras sintéticas ou de fibras artificiais, o algodão mantém sua reputação como "rainha das plantas fibrosas", sendo também chamado de "ouro branco" (DHIVYA et al., 2014).

A planta do algodoeiro é considerada parcialmente autógama, possuindo um sistema reprodutivo considerado misto, com flores hermafroditas, desta forma, parte de suas sementes são provenientes de autofecundação, sendo a taxa de cruzamento natural variável, dependendo das condições ambientais e da presença de agentes polinizadores das cultivares. O conhecimento da taxa de cruzamento do algodoeiro torna-se importante, influenciando diretamente na escolha dos métodos de melhoramento (CARVALHO, 1993).

Nestas condições, trabalhos de melhoramento genético exigem como regra, polinização controlada, da mesma forma que a manutenção de pureza nos campos de multiplicação de sementes, depende de barreiras físicas ou de isolamento pela distância. Tratando-se de pólen

pesado e viscoso, seu transporte pelo vento é praticamente nulo, sendo realizado essencialmente por insetos que frequentam as flores recém-abertas (FUZATTO, 1999).

O Brasil é um dos principais produtores e exportadores de fibra de algodão no mundo. No âmbito nacional destacam-se os estados do Mato Grosso e da Bahia, que apresentam condições edafoclimáticas favoráveis à tecnificação. No cultivo do algodão nas condições do Cerrado utiliza-se alta tecnologia e a produtividade brasileira está entre as maiores do mundo. Deste modo, segundo dados da CONAB (2019), a produtividade alcançada no Brasil em 2017/2018 foi em média de 4.267 kg/ha (algodão em caroço) e 1.708 kg/ha (algodão em pluma).

O principal produto do algodoeiro é a fibra, que, com 94% de celulose em sua composição, representa 35% a 45% da produção total, abastecendo 50% do mercado mundial de fibras têxteis (SANTOS et al., 2008). Além disso, pode-se dizer que o algodoeiro é uma planta de aproveitamento integral (semente, planta e fibra), sendo usada como matéria-prima na indústria têxtil, alimentícia, de ração animal, de cosméticos, farmacêutica, de celulose, entre outras, o que resulta em uma cadeia produtiva das mais longas e complexas. Atualmente, o óleo de algodão representa um importante segmento alternativo para a produção de energia baseada no biodiesel (VIDAL NETO e FREIRE, 2013).

Por sua tolerância à seca, o algodoeiro herbáceo é especialmente importante para as regiões semiáridas do planeta. O plantio desta cultura no semiárido brasileiro é importante para o desenvolvimento regional e para geração de empregos, pois permite a obtenção de diferentes produtos que podem ser utilizados para diferentes fins, gerando renda através de sua fibra (indústria e tecidos), caroço (fabricação de biodiesel, óleo de cozinha, etc.) e farelo (alimentação animal), movimentando diferentes setores da economia (ZONTA et al., 2016).

## 2.2. Melhoramento genético do algodoeiro no Brasil

O melhoramento de plantas pode ser definido de forma clássica como a ciência e ou a arte de modificar as plantas para o benefício humano (BORÉM e MIRANDA, 2009). Trata-se de uma ciência multidisciplinar que aplica os princípios da genética para o desenvolvimento de cultivares melhoradas para utilização humana e animal, utilizando-se de conhecimentos de agronomia, botânica, genética, genética molecular, citogenética, fisiologia, patologia, entomologia, bioquímica, estatística, entre outros (SCHLEGEL, 2003).

Pode-se dizer que o melhoramento de plantas nasceu com o início da agricultura, há aproximadamente 10.000 anos. A agricultura incentivou a prática empírica do melhoramento de plantas pelos primeiros agricultores, os quais selecionavam sementes das melhores plantas para

estabelecer novos plantios com melhor qualidade e maior produtividade. Com o avanço da ciência, o melhoramento de plantas passou a possibilitar aos melhoristas a criação de novos tipos de plantas, pela modificação dirigida e controlada dos caracteres hereditários de interesse. Hoje, várias cultivares de várias espécies são desenvolvidas a cada ano com características de alta produtividade, qualidade, resistência a estresses bióticos e abióticos, adaptabilidade, etc. (FALEIRO et al., 2011).

O melhoramento do algodoeiro no Brasil foi iniciado em 1921, quando foi reativado, no Ministério da Agricultura, o Serviço Federal do Algodão com os objetivos de dar assistência técnica aos agricultores, estimular o melhoramento das variedades, proceder estudos dos solos e do clima, incentivar a criação de campos experimentais e, por fim, desenvolver o estudo das pragas e doenças do algodoeiro, para permitir o seu combate (VIDAL NETO e FREIRE, 2013).

Com o advento do surgimento do bicudo-do-algodoeiro no final do século passado, grandes avanços foram necessários, levando ao desenvolvimento de cultivares de ciclo mais determinado, com rápida frutificação, sem perder características de produção e qualidade de fibra, sendo um marco nas conquistas genéticas. Há estimativas de que os programas de melhoramento têm proporcionado ganhos genéticos de 1,0 a 1,3% ao ano, em vários países do mundo, inclusive no Brasil (MORELLO e FREIRE, 2005).

Neste contexto, os programas de melhoramento do algodão buscam selecionar características e estabelecer padrões que atendam às demandas da cadeia produtiva. Embora os seus objetivos difiram de acordo com a espécie e o propósito do melhoramento, alguns são comuns a todos os programas por estarem relacionados com características básicas, de interesse geral (VIDAL NETO e FREIRE, 2013). De acordo com Freire et al. (2008), os programas de melhoramento do Brasil, assim como os de outros países produtores, possuem como objetivos comuns o aumento de produtividade e do rendimento de fibra, e a obtenção de fibras mais finas, resistentes e uniformes. Mais especificamente para o Brasil, alguns padrões mínimos são estabelecidos para essas variáveis, como: precocidade do ciclo entre 110 e 140 dias, rendimento de fibra igual ou superior a 40%, finura da fibra com índice micronaire entre 3,9 e 4,2, resistência maior que 28 gf tex<sup>-1</sup>, e uniformidade de comprimento maior que 84%.

O programa de melhoramento desenvolvido pela Embrapa Algodão para as condições semiáridas apresenta 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 (FREIRE et al., 2008; QUEIROZ, 2017).

Para o Nordeste, onde o algodoeiro é cultivado em dois ecossistemas distintos – os cerrados da Bahia, Piauí e Maranhão e o semiárido (Agreste e Caatinga), compreendendo os demais estados – tem-se que considerar as peculiaridades de cada região, por serem bastante diferentes e com características específicas, apresentando demandas diferenciadas em relação às cultivares. Nos cerrados da Bahia, Piauí e Maranhão, praticam-se agricultura empresarial de grande escala, empregando um sistema intensivo de produção de algodão de fibra média, totalmente mecanizado e com elevada produtividade, semelhantemente ao cerrado da região Centro-Oeste. As demandas gerais são por cultivares de ciclo precoce e médio, resistência às doenças, resistência ou tolerância ao bicudo-do-algodoeiro e demais pragas. No semiárido, caracterizado pela predominância da exploração familiar, a demanda é por tolerância à seca, ciclo precoce ou semiperene, adaptação às condições edafoclimáticas locais (chuvas irregulares, solos alcalinos, rasos e pedregosos), resistência ao bicudo e características especiais, como: fibra colorida, fibra longa, ausência de gossypol nas sementes e aumento do teor de óleo (VIDAL NETO e FREIRE, 2013).

### 2.3. Ensaio de Valor de Cultivo e Uso (VCU)

Um programa de melhoramento tem como objetivo obter linhagens que substituam, com vantagem, as pré-existentes. Para que isso possa ser realizado com sucesso é necessária uma intensa avaliação das linhagens obtidas. No Brasil, essas avaliações são necessárias devido à diversidade de condições ecológicas e de sistemas de plantio adotados pelos agricultores (SOUZA, 2013).

Os ensaios de VCU são exigidos pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) para orientar os obtentores de cultivares estabelecendo normas para determinar o valor de uma nova cultivar visando o seu registro. Trata-se de uma exigência básica para que uma cultivar obtenha o Registro Nacional de Cultivares (RNC). Entende-se por VCU o valor intrínseco de combinação das características agronômicas da cultivar com as suas propriedades de uso em atividades agrícolas, industriais, comerciais e/ou de consumo in natura (BRASIL, 2003).

Segundo Krause (2005), as recomendações para a implantação de ensaios VCU são: o delineamento experimental em blocos casualizados com, no mínimo, três repetições; as parcelas devem ser constituídas de, no mínimo, duas fileiras de quatro metros de comprimento sendo utilizadas apenas as duas centrais como útil. A norma também menciona que só serão aproveitados os experimentos cujo coeficiente de variação (CV) seja inferior a 20%. Atender tais

normas torna-se necessário pois, considerando que os experimentos de VCU são decisórios e que demandam enorme recurso, é necessário que eles sejam o mais eficiente possível.

Visando atender as normas do Serviço Nacional de Proteção de Cultivares (SNPC) do Ministério da Agricultura, com relação à proteção e registro de novas cultivares a serem lançadas, anualmente a Embrapa Algodão programa os ensaios de VCU para as regiões do Cerrado e Semiárido Brasileiro. Na região Semiárida, esses ensaios são geralmente implantados nas cidades de Apodi-RN, Barbalha-CE e Serra Talhada-PE. A avaliação experimental nesses ambientes, visa identificar linhagens altamente produtivas, bem adaptadas, com boa aceitação comercial, resistentes ou tolerantes as principais doenças e pragas e com maior potencialidade para uso comercial no Nordeste.

Nesse contexto, a Embrapa Algodão por meio dos seus programas de melhoramento do algodoeiro, já disponibilizou aos produtores nordestinos diversas cultivares de algodão com destaque para as cultivares de fibras brancas: CNPA PRECOCE 1, CNPA 7H, CNPA PRECOCE 2, CNPA PRECOCE 3 e BRS ACACIA, BRS AROEIRA, BRS 286, BRS 336 e BRS 416 (CARVALHO, 2008; MORELLO et al., 2017) e de fibras coloridas: BRS VERDE, BRS RUBI, BRS SAFIRA e BRS TOPÁZIO e BRS JADE (FREIRE e CARVALHO, 2004; MORELLO et al., 2017).

#### 2.4. Interação Genótipo x Ambiente

O genótipo é a composição genética de um indivíduo e a expressão fenotípica de um genótipo depende das circunstâncias ambientais que atuam no seu desenvolvimento. Cultivares de uma determinada cultura, quando cultivados sob uma ampla gama de condições ambientais, estão expostas a diferentes tipos de solo, níveis de fertilidade, teores de umidade, temperaturas, fotoperíodos, estresses bióticos e abióticos e práticas culturais (GUL et al., 2016).

Sendo assim, quando se avalia determinado genótipo em uma série de ambientes, além dos efeitos ambientais e genéticos, detecta-se um efeito adicional, proporcionado pela interação dos mesmos (CRUZ et al., 2012). A interação genótipos x ambientes (G x A) é definida como o comportamento diferencial de genótipos em diferentes ambientes (RESENDE, 2007; SOUZA, 2013).

A diversificação climática do semiárido brasileiro, que engloba desde climas úmidos a semiáridos, contribui para altas estimativas de interação G x A nas populações em fase de melhoramento, dificultando tanto a seleção quanto a identificação de genótipos com estabilidade de produção (VASCONCELOS et al., 2015). Os efeitos da interação G x A na seleção de

genótipos dificilmente são nulos, porém, podem ser minimizados em função do maior número de ensaios, repetidos em vários locais e anos, o que permitirá maior confiabilidade nos processos de seleção e posterior indicação dos genótipos mais promissores, em termos de produtividade e adaptabilidade (SANTOS et al., 2012).

O programa de melhoramento do algodão desenvolvido pela EMBRAPA visa obter genótipos mais produtivos e com fibras de maior qualidade. Para isso, um grande número de genótipos é testado anualmente em diferentes ambientes, antes da recomendação final e da multiplicação. Na maioria dos casos esses ambientes variam substancialmente e há interações entre genótipos e ambientes, que surgem de respostas genóticas diferenciais ao meio ambiente (FARIAS et al, 2016). Compreender as interações G x A permite uma avaliação do impacto real da seleção e garante maior confiabilidade ao recomendar genótipos para maximizar a produtividade e outras características agrônômicas de interesse em um local específico ou grupo de ambientes (CRUZ et al., 2012).

A fim de tornar essa recomendação a mais segura possível, é necessário um estudo detalhado acerca da adaptabilidade e da estabilidade das cultivares frente às variações ambientais, bem como de seus caracteres importantes economicamente (SILVA e DUARTE, 2006). Assim, análises da adaptabilidade e estabilidade são necessárias (CRUZ et al., 2012). Neste sentido, no tópico a seguir, serão detalhados os conceitos e as diferentes metodologias de estimação da adaptabilidade e estabilidade que são usados entre os melhoristas de plantas, como forma de avaliar e identificar novos genótipos antes de sua recomendação como cultivares.

## 2.5. Adaptabilidade e Estabilidade

De acordo com o conceito preconizado por Mariotti et al. (1976) a adaptabilidade de uma variedade refere-se ao seu potencial de assimilar vantajosamente as variações do ambiente. Esse conceito é semelhante à proposta de Darwin (1859) quando discutia a evolução das espécies. É mais adaptado o indivíduo que deixa mais descendentes (RAMALHO et al., 2012). Em relação a estabilidade, Vencovsky e Barriga (1992) a conceituam como a maior ou menor habilidade de genótipos se adaptarem às flutuações climáticas, ao longo de anos agrícolas, dentro de um local, ou seja, refere-se à capacidade do genótipo de apresentar um comportamento altamente previsível, mesmo com as variações ambientais.

A partir da avaliação da adaptabilidade e estabilidade pode-se selecionar genótipos com adaptação ampla ou específica para uma região, escolher locais de seleção, identificar o nível de estresse nos ambientes escolhidos para fazer as fases iniciais da seleção e também determinar o

número ideal de genótipos e ambientes a serem avaliados (ARANTES, 2013). Além disso, estudos dessa natureza são importantes para o melhoramento de plantas, uma vez que, fornecem informações sobre o comportamento de cada genótipo ante as variações do ambiente (SILVA e DUARTE, 2006).

Nas situações em que for avaliada mais de uma linhagem e/ou cultivar em mais de um ambiente, é possível estimar os componentes da interação G x A (RAMALHO et al., 2012). Neste contexto, as análises de adaptabilidade e estabilidade são, portanto, procedimentos estatísticos que permitem, de algum modo, identificar as cultivares de comportamento mais estável e que respondem previsivelmente às variações ambientais. Algumas dessas análises permitem, também, dividir os efeitos da interação G x A em efeitos de genótipos e de ambientes, revelando a contribuição relativa de cada um para a interação total (ROCHA, 2002).

## 2.6. Metodologias de avaliação de adaptabilidade e estabilidade

As metodologias desenvolvidas para a análise de adaptabilidade e estabilidade baseiam-se nos seguintes procedimentos: variância da interação G x A; 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; e 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 (RAMALHO et al., 2012; SOUZA, 2013).

Várias metodologias estão disponíveis na literatura para estimar a estabilidade e adaptabilidade dos genótipos a vários locais. Entre eles, destacam-se os fundamentados na análise de variância proposto por Annicchiarico (1992), na regressão linear simples por Eberhart e Russell (1966); na regressão linear bissegmentada de Cruz et al. (1989); métodos não paramétricos de Lin e Binns (1988) e na análise multivariada GGE Biplot (YAN et al., 2000), entre outros.

### 2.6.1. Metodologias baseadas em análise de regressão

As metodologias que se baseiam em análises de regressão, estão entre as mais usadas para a análise de estabilidade. O método da análise de regressão analisa o coeficiente de regressão das características de uma cultivar em relação a um índice ambiental (FINLAY e WILKINSON, 1963; EBERHART e RUSSEL, 1966). Segundo a metodologia proposta por

Eberhart e Russell (1966), a cultivar ideal é aquela com produção média alta, coeficiente de regressão ( $\beta_1 = 1$ ) igual a unidade e com desvio da regressão ( $\sigma^2_{di} = 0$ ) o menor possível, ou seja, aquela com resposta a melhoria das condições ambientais e de comportamento altamente previsível (RAMALHO et al., 2012).

Posteriormente, alguns pesquisadores propuseram a realização de duas análises de regressão para melhor explicar o comportamento dos genótipos, em ambientes favoráveis e desfavoráveis. O método proposto por Cruz, Torres e Vencovsky (1989) utiliza essa análise e, além disso, é um método bastante adotado por várias instituições de melhoramento no Brasil e no exterior (BORÉM e MIRANDA, 2009). Mesmo assim, apesar de amplamente utilizadas, as metodologias baseadas em análise de regressão apresentam algumas restrições quanto ao seu emprego, sendo seu uso recomendado em conjunto com algum outro método, garantindo maior segurança nas inferências sobre a estabilidade e adaptabilidade das cultivares selecionadas (FARIAS, 2005; RAMALHO et al., 2012).

Ao longo dos últimos anos, estudos de estabilidade e adaptabilidade do algodoeiro por meio de metodologias baseadas na análise de regressão foram realizados em várias ocasiões: Farias et al. (1997); Suinaga et al. (2006); Hoogerheide et al. (2007); Silva Filho et al. (2008); Carvalho et al. (2015) e (2018); Alves et al. (2017).

### **2.6.2. Metodologias baseadas em análise não-paramétrica e análise de variância**

Alguns pesquisadores propõem a realização de duas análises para melhor explicar o comportamento dos genótipos, em ambientes favoráveis e desfavoráveis. Neste contexto, se enquadram as metodologias de Lin e Binns (1988), modificado por Carneiro (1998), e de Annicchiarico (1992).

Lin e Binns (1988), propuseram uma medida ( $P_i$ ) que representa a superioridade de um genótipo para o conjunto de ambientes avaliados. O parâmetro  $P_i$  sugerido pelos autores mede o desempenho de um dado genótipo em relação ao genótipo com melhor desempenho, em cada um dos ambientes avaliados, e considera-se o genótipo mais promissor o que apresentar menor estimativa de  $P_i$ . Posteriormente, Carneiro (1998) decompôs o parâmetro de adaptabilidade de Lin e Binns (1988) para ambientes favoráveis e desfavoráveis, como forma de dar mais precisão à recomendação de cultivares. Na literatura, estudos de adaptabilidade e estabilidade na cultura do algodão baseados nesse método já foram realizados por Farias et al. (1997), Silva Filho et al. (2008), Rodrigues et al. (2017), Teodoro (2017), entre outros.

O método de Annicchiarico (1992), é baseado na análise de variância conjunta dos experimentos, considerando todos os ambientes e o posterior desdobramento da soma de quadrados dos efeitos de ambientes e da interação  $G \times A$ , em efeitos de ambientes dentro de cada genótipo (CRUZ et al., 2012).

Assim como em Lin e Binns (1988), modificado por Carneiro (1998), a metodologia Annicchiarico (1992), também estima o desempenho dos genótipos em ambientes favoráveis e desfavoráveis, e de modo geral obtém o risco da adoção de uma cultivar em relação a qualquer uma das demais em avaliação, ou seja, o índice de confiança de determinado genótipo apresentar desempenho abaixo ou acima da média do ambiente (SOUZA, 2013).

Annicchiarico (2002) relata que o nível de confiança para o seu próprio teste pode variar de 70 até 95% para a agricultura moderna. No entanto, quanto maior o nível de confiança, mais difícil se torna distinguir genótipos superiores, levando os pesquisadores da área a usarem apenas 75% como nível de confiança.

### **2.6.3. Método multivariado: GGE Biplot**

Dentre as metodologias mais recentes para análise da estabilidade e adaptabilidade de genótipos, têm-se as análises AMMI (additive main effects and multiplicative interaction) proposto por Gauch (1992), que é um método estatístico para compreender a estrutura de interações entre genótipos e ambientes e o modelo GGE biplot (genotype main effects + genotype environment interaction), proposto por Yan et al. (2000), que considera o efeito principal de genótipo mais a interação genótipo e ambiente. Ambas as análises, baseadas em gráficos biplot, representam uma matriz de dados.

O modelo GGE biplot é mais indicado para a identificação de mega-ambientes, seleção de ambientes representativos e discriminativos e indicação de cultivares mais adaptadas e estáveis a ambientes específicos. Enquanto que a análise AMMI pode ser utilizada com eficiência na identificação de condições ambientais superiores para a exploração agrícola (seleção de locais de cultivo) e genótipos de superior desempenho médio. A única diferença entre os modelos AMMI e GGE está na etapa inicial da análise, o modelo GGE analisa diretamente o efeito de  $G + G \times E$ , já a AMMI separa  $G$  da  $G \times E$  e, na etapa final da análise há a formação dos gráficos biplot para as duas metodologias (GAUCH, 2006; GAUCH et al., 2008; YAN et al., 2007; YAN, 2011; HONGYU et al., 2015).

Os gráficos do GGE biplot visualizam três aspectos importantes: 1) a relação entre genótipo e ambiente, permitindo o agrupamento de genótipos e ambientes com comportamentos

semelhantes, mostrando o genótipo com maior potencial e sua identificação em cada subgrupo de ambientes (mega-ambientes); 2) a interrelação entre ambientes, facilitando a identificação do melhor ambiente na avaliação das cultivares e indicando qual ambiente pode ser menos favorável; e 3), a interrelação entre genótipos, facilitando a comparação dos genótipos e do ordenamento (“ranking”) para os parâmetros de rendimento e estabilidade (YAN et al., 2001; YAN e RAJCAN, 2002; SILVA, 2016).

Yan et al. (2007) recomendam a metodologia GGE biplot como a análise mais adequada para avaliar o desempenho de genótipos sob diferentes ambientes. Recentemente, esta metodologia vem sendo utilizada para investigar a interação G x A em diversas culturas, a saber: Arroz (BUITRAGO et al., 2011); Trigo (SILVA et al., 2011); Soja (RAFAEL JÚNIOR et al., 2017); Feijão-Caupi (SOUZA et al., 2018); e algodão (FARIAS et al., 2016; SILVA, 2016; SILVA FILHO et al., 2016 e 2017; ALI et al., 2017; RIAZ et al., 2018; SILVA, 2018; TEODORO et al. 2018, entre outros).

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. Germoplasma

Os 17 genótipos (3 testemunhas e 14 linhagens) avaliados nesse trabalho são oriundos do Ensaio de Valor de Cultivo e Uso (VCU) do Algodoeiro, 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. Material genético utilizado nos Ensaios de Valor de Cultivo e Uso.

TRATAMENTO	GENÓTIPOS	OBTENTORA
G1	FM 993 <sup>(T)</sup>	BAYER
G2	BRS 286 <sup>(T)</sup>	EMBRAPA
G3	BRS 336 <sup>(T)</sup>	EMBRAPA
G4	CNPA BA 2011-102	EMBRAPA
G5	CNPA BA 2011-4436	EMBRAPA
G6	CNPA BA 2011-1197	EMBRAPA
G7	CNPA BA 2011-1149	EMBRAPA
G8	CNPA BA 2010-1174	EMBRAPA
G9	CNPA BA 2011-4964 FL	EMBRAPA
G10	CNPA BA 2011-4970 FL	EMBRAPA
G11	CNPA MT 2009-152	EMBRAPA
G12	CNPA GO 2010-152	EMBRAPA
G13	CNPA GO 2010-139	EMBRAPA
G14	CNPA NE 2012-2008	EMBRAPA
G15	CNPA NE 2012-2050	EMBRAPA
G16	CNPA NE 2012-143 FL	EMBRAPA
G17	CNPA NE 2012-5-1-1 COL	EMBRAPA

<sup>(T)</sup> Testemunhas

As testemunhas FM 993, BRS 286 e BRS 336 são cultivares já estabelecidas no mercado e foram escolhidas pela excelência em características desejadas, além disso, a BRS 286 destaca-se como um material muito adaptado às regiões semiáridas. A FM 993 foi desenvolvida pela empresa Bayer, possui rendimento de fibra de 40 a 41%, índice micronaire 4,00, comprimento

30,2 mm e resistência 30,9 gf/tex (BAYER, 2017). A BRS 286 tem origem no cruzamento biparental entre as variedades CNPA ITA 90 e CNPA 7H. A cultivar foi avaliada por cinco safras (2002/2003 a 2006/2007), obtendo-se produtividade média de algodão em caroço de 4.874 kg/ha. O rendimento de fibras é entre 39,5 e 41,0 %, com micronaire entre 3,9 e 4,5, comprimento entre 29,1 e 31,3 mm e resistência entre 27,8 e 33,5 gf/tex (EMBRAPA, 2009). A cultivar BRS 336 foi originada pelo cruzamento triparental entre as cultivares CHACO 520, BRS Itaúba e Delta Opal. O rendimento de fibras é entre 38,0 a 39,5%, com micronaire entre 4,0 e 4,9, comprimento entre 32,0 e 34,0 mm e resistência entre 31,0 e 34,2 gf/tex, caracterizando-se como um material com excelente qualidade de fibras (EMBRAPA, 2011).

### 3.2. Locais de condução dos experimentos

Os ensaios de VCU foram conduzidos nos anos de 2016 e 2017 nos municípios de Apodi-RN e Barbalha-CE (Figura 1). O município de Apodi possui coordenadas 05° 37' 19" S latitude Sul e 37° 49' 06" W longitude Oeste, localizado na microrregião da Chapada do Apodi e mesorregião do Oeste Potiguar, no estado do Rio Grande do Norte, com altitude variando entre 128 m e 132 m, distante 342 km de Natal, capital estadual (IBGE, 2017). As temperaturas de Apodi variam entre 21°C (mínima) e 37°C (máxima), com precipitação média entre 600 e 700 mm/ano e estação chuvosa iniciando no outono. De acordo com a classificação climática de Köppen, o clima do município é do tipo “BSwh”, tropical quente e semiárido (ZONTA et al., 2016). O experimento foi conduzido na estação experimental da EMPARN (Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte). O solo da área experimental foi classificado como Cambissolo eutrófico, de textura argilo-arenosa.

Barbalha, está localizada na região metropolitana do Cariri Cearense, com posição geográfica de 7° 18' 18" S latitude Sul e de 39° 18' 7" W longitude Oeste, com altitude de 414 m (IBGE, 2017). De acordo com a classificação climática de Köppen o clima predominante no município é do tipo “Aw”, equatorial úmido seco no inverno, 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 solo da área experimental foi classificado como Neossolo flúvico, de textura franco-argilosa.

Todos os experimentos de campo realizados nos dois locais foram conduzidos em regime irrigado. As irrigações foram realizadas de forma igual em todas as parcelas, de modo a garantir o pleno estabelecimento das plantas, sendo a lâmina de irrigação determinada em função da evapotranspiração da cultura, com turno de rega de 3 dias. As irrigações se encerraram quando a

cultura apresentou 60% de capulhos abertos. As demais práticas culturais, do plantio à colheita, foram realizadas de acordo com o sistema de produção preconizado pela Embrapa Algodão.

### 3.3. Análises estatísticas dos dados

#### 3.3.1. Delineamento experimental

Os ensaios foram realizados com delineamento em 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 m<sup>2</sup> de área total.

#### 3.3.2. Variáveis avaliadas

Para a realização das análises propostas foram utilizadas as seguintes variáveis:

##### 3.3.2.1. Características Agronômicas

- PROD (Produtividade de algodão em caroço, kg/ha): Obtido através da transformação do peso do algodão em caroço obtido da parcela útil em gramas convertido em quilogramas por hectare;
- PRODF (Produtividade de Fibra, kg/ha): Foi obtido pelo produto da produtividade do algodão em caroço (PROD) pela respectiva porcentagem de fibra;
- PF (Porcentagem de Fibras, %): Obtido pela relação entre o peso de fibra da amostra padrão (AP, 20 capulhos) em cada parcela útil pelo peso total da amostra padrão;

##### 3.3.2.2. Características Tecnológicas de Fibra

- COMP (Comprimento de Fibras, mm): Comprimento da metade superior da amostra de fibra expresso em polegadas ou milímetros;
- RES (Resistência da fibra à ruptura, gf/tex): Trata-se da resistência específica à ruptura de um feixe fibroso, calculando-se a finura das fibras individuais (tex) a partir do valor micronaire;
- MIC (Micronaire): 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;

- CSP (Fiabilidade): vem do 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). As análises de variância individuais, referentes aos ensaios de VCU, foram realizadas segundo o modelo geral (1), conforme Cruz (2006). Para as análises foi utilizado o teste F a 1 e 5% de probabilidade.

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

Em que,

$Y_{ij}$ : valor fenotípico do genótipo  $i$  no bloco  $j$ ;                       $b_j$ : efeito do bloco  $j$  ( $j = 1, 2, 3, 4$ );  
 $M$ : média geral;     $e_{ij}$ : erro experimental.  
 $l_i$ : efeito da linhagem  $i$  ( $i = 1, 2, \dots, 17$ );

Tabela 2. Esquema de análise de variância individual e teste F referente ao modelo (1).

FV	GL	QM	F
Blocos	$j-1$	Q1	Q1/Q3
Genótipos	$i-1$	Q2	Q2/Q3
Erro	$(i*j)-1$	Q3	

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

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

Em que,

$m$ : média geral;     $a_j$ : efeito aleatório do local  $a$  ( $a = 1$  a  $4$ );  
 $(b/a)_{ka}$ : efeito do bloco  $k$  dentro do local  $a$  ( $k = 1, 2, 3, 4$ );     $(ga)_{ij}$ : efeito da interação genótipos  $i$  e locais  
 $a$ ;  
 $g_i$ : efeito fixo do genótipo  $i$  ( $i = 1, 2, \dots, 17$ );     $e_{ij}$ : erro experimental.

Tabela 3. Esquema de análise de variância conjunta e teste F referente ao modelo (2). Efeitos fixos de genótipos e aleatórios de ambientes.

FV	GL	QM	E (QM)	F
Blocos (B) / Ambientes (A)	a(r-1)	Q1	$\sigma_E^2 + g \sigma_B^2$	Q1/Q5
Ambientes	a-1	Q2	$\sigma_E^2 + g \sigma_B^2 + bg\sigma_A^2$	Q2/Q1
Genótipos (G)	g-1	Q3	$\sigma_E^2 + b \frac{g}{g-1} \sigma_{GA}^2 + bl V_G$	Q3/Q4
G x A	(g-1)*(a-1)	Q4	$\sigma_E^2 + b \frac{g}{g-1} \sigma_{GA}^2$	Q4/Q5
Erro	r(b-1)*(g-1)	Q5	$\sigma_E^2$	

Foi utilizado o teste de Scott e Knott (1974) a 5% de probabilidade para agrupamento das médias obtidas nas análises. Todas as avaliações citadas foram efetuadas por meio do pacote computacional GENES versão 1990.2018.49 (CRUZ, 2013).

#### 3.4. Análises de adaptabilidade e estabilidade fenotípica

Para a realização desta análise utilizou-se os dados obtidos para as variáveis PROD e PRODF. Foi considerado que a combinação de ano e local representa um ambiente. Assim, foram avaliados o desempenho dos genótipos de algodão em quatro ambientes: Ambiente 1 – Apodi, 2016; Ambiente 2 – Barbalha, 2016; Ambiente 3 – Apodi, 2017; Ambiente 4 – Barbalha, 2017. As análises de adaptabilidade e estabilidade foram realizadas utilizando-se o programa GENES versão 1990.2018.49 (CRUZ, 2013). A análise GGE, assim como a plotagem do gráfico com o primeiro e segundo componentes principais (biplot) foram realizadas por meio dos pacotes Agricolae e GGEGui implementados no software R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2014).

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 GGE Biplot (YAN et al., 2000), visando a seleção dos 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).

$$Y_{ij} = \beta_{oj} + \beta_{li} + I_j + \delta_{ij} + \varepsilon_{ij}$$

Em que,

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

$I_j$ : índice ambiental;

$\beta_{oj}$ : média do genótipo  $i$  em todos os ambientes;

$\delta_{ij}$ : desvio da regressão do genótipo  $i$  no ambiente  $j$ ;

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

$\varepsilon_{ij}$ : 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 através das equações (4), (5) e (6), respectivamente.

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

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

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

Em que,

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

$f$  e  $d$ : número de locais favoráveis e desfavoráveis;

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

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

$\alpha$ : número de ambientes;

$M_j$ : 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%).

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

Em que,

$I_i$ : índice de confiança (%);

$\bar{Y}_i$ : média geral do genótipo  $i$  em porcentagem;

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

$\alpha$ : nível de significância;

$S_i$ : desvio padrão dos valores percentuais.

- GGE Biplot (YAN et al., 2000): O estudo de adaptabilidade e estabilidade dos genótipos pela metodologia GGE foi realizada a partir do modelo (8), segundo Yan et al.

(2000): (8)

$$Y_{ij} - y_j = y_1\varepsilon_{i1}\rho_{j1} + y_2\varepsilon_{i2}\rho_{j2} + \varepsilon_{ij}$$

Em que,

$Y_{ij}$ : representa a produtividade média da população de ordem  $i$  no ambiente de ordem  $j$ ;

$y_j$ : média geral dos genótipos no ambiente  $j$ ;

$y_1\varepsilon_{i1}\rho_{j1}$ : primeiro componente principal (PC1);

$y_2\varepsilon_{i2}\rho_{j2}$ : segundo componente principal (PC2);

$y_1$  e  $y_2$ : são os valores próprios associados a IPCA1 e IPCA2, respectivamente;

$\varepsilon_1$  e  $\varepsilon_2$ : são os valores do PC1 e PC2, respectivamente, do genótipo de ordem  $i$ ;

$\rho_{j1}$  e  $\rho_{j2}$ : são os valores do PC1 e PC2, respectivamente, para o ambiente de ordem  $j$ ;

$\varepsilon_{ij}$ : é o erro associado com o modelo do  $i$ -ésimo genótipo e  $j$ -ésimo ambiente.

Foram realizadas as comparações entre as metodologias de Eberhart e Russell (1966), Lin e Binns (1988) e a de Annicchiarico (1992) através da correlação classificatória de Spearman, segundo Steel e Torrie (1980). As comparações foram realizadas baseando-se no coeficiente de regressão ( $\beta_1$ ), e nos valores de  $P_i$  e  $W_i$ , obtidos para as médias gerais das variáveis PROD e PRODF.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Análises de variância individuais

O resumo das análises de variância individuais para as características agronômicas e tecnológicas de fibra dos quatro ambientes encontra-se na Tabela 4. Por meio do teste F constatou-se que os genótipos apresentaram comportamentos distintos ( $p \leq 0,01$ ;  $p \leq 0,05$ ) dentro dos ambientes A (Apodi, 2016), B (Barbalha, 2016) e D (Barbalha, 2017), evidenciando que os mesmos apresentaram variabilidade para as características avaliadas. Já no ambiente C (Apodi, 2017), os genótipos não apresentaram diferença significativa ( $p \leq 0,01$ ;  $p \leq 0,05$ ) apenas para as características PROD, PRODF e RES.

Os coeficientes de variação (CV %) para PROD oscilaram entre 14,20% (Barbalha, 2017) e 19,36% (Apodi, 2016), com média de 16,18%. Para PRODF oscilaram entre 13,91% (Barbalha, 2017) e 19,20% (Apodi, 2016), com média de 16,72%. Segundo Pimentel Gomes (2000), o coeficiente de variação dá uma ideia da precisão experimental. Tendo-se por base os coeficientes encontrados nos ensaios de campo podem-se classificar em baixos, quando inferiores a 10%, médios quando variarem de 10-20%, altos quando variarem de 20-30% e muito altos quando forem superiores a 30%. Partindo dessa classificação o CV% das características PROD e PRODF para os quatro ambientes foram médios, já que em nenhum deles o valor superou os 20%. No entanto, é importante destacar que estas variáveis são de natureza quantitativa e por isso sofrem bastante influência do ambiente, sendo assim, valores variando de 10-20% são esperados. Valores para CV's semelhantes a estes foram obtidos em experimentos conduzidos com a cultura do algodoeiro por Farias et al. (2016); Carvalho et al. (2016); Silva (2016); Vasconcelos (2016); Queiroz (2017) e Silva (2018).

Todas as demais características avaliadas (PF, COMP, RES, MIC e CSP), obtiveram nos quatro ambientes valores de CV% inferiores a 10%, sendo considerados baixos e de boa precisão experimental de acordo com a classificação de Pimentel Gomes (2000).

Tabela 4. Resumo da Análise de Variância Individual para as características: Produtividade de algodão em caroço (PROD – kg/ha); Produtividade de Fibra (PRODF – kg/ha); Porcentagem de Fibra (PF - %); Comprimento de Fibra (COMP - mm); Resistência (RES – gf/tex); Micronaire (MIC) e Fiabilidade (CSP), do ensaio de VCU avaliado nos ambientes Apodi, 2016; Barbalha, 2016; Apodi, 2017; Barbalha, 2017.

FV	Quadrados Médios - Apodi, 2016 (A)							
	GL	PROD	PRODF	PF	COMP	RES	MIC	CSP
BLOCOS	3	619579,92	137448,22	1,19	0,39	1,19	0,05	35055,56
GENÓTIPOS	16	4520714,26**	814330,94**	9,60**	10,66**	11,48**	0,49**	231417,51**
RESÍDUO	48	789861,89	128181,98	0,91	0,92	2,98	0,06	28543,97
MÉDIAS		4591,46	1864,29	40,50	29,29	31,60	4,95	2667
CV (%)		19,36	19,20	2,37	3,29	5,47	5,01	6,33
FV	Quadrados Médios - Barbalha, 2016 (B)							
	GL	PROD	PRODF	PF	COMP	RES	MIC	CSP
BLOCOS	3	1311960,37	178304,08	1,42	0,76	3,22	0,12	43771,65
GENÓTIPOS	16	7263022,21**	1270160,02**	5,86**	9,23**	13,85**	0,28*	243974,59**
RESÍDUO	48	847152,25	132618,53	0,84	1,31	3,38	0,13	62457,92
MÉDIAS		5397,81	2171,41	40,04	30,64	31,83	4,57	2959
CV (%)		17,05	16,77	2,30	3,75	5,78	7,94	8,44
FV	Quadrados Médios - Apodi, 2017 (C)							
	GL	PROD	PRODF	PF	COMP	RES	MIC	CSP
BLOCOS	3	479045,67	450070,86	75,85	0,71	1,21	0,11	61631,06
GENÓTIPOS	16	924525,80 <sup>ns</sup>	205548,44 <sup>ns</sup>	5,98*	7,23**	2,96 <sup>ns</sup>	0,44**	196867,03*
RESÍDUO	48	976789,81	206451,20	2,98	2,48	2,62	0,14	83765,42
MÉDIAS		6542,52	2622,63	39,99	30,36	33,07	4,86	3009
CV (%)		15,11	17,32	4,32	5,19	4,90	7,83	9,62
FV	Quadrados Médios - Barbalha, 2017 (D)							
	GL	PROD	PRODF	PF	COMP	RES	MIC	CSP
BLOCOS	3	833873,18	164081,07	0,74	0,20	3,55	0,50	56742,49
GENÓTIPOS	16	2436374,85**	637732,12**	13,71**	12,29**	13,47**	0,43**	306863,02**
RESÍDUO	48	790786,23	124851,18	0,55	0,79	2,00	0,07	37041,56
MÉDIAS		6263,25	2540,51	40,40	30,04	31,51	4,32	2936
CV (%)		14,20	13,91	1,85	2,96	4,50	6,47	6,55

\*\* e \* significativos a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F; ns não-significativo pelo teste F.

## 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. Os valores observados não excederam a relação 7:1, sendo assim, as variâncias residuais foram homogêneas, permitindo, a realização da análise conjunta dos ensaios (PIMENTEL GOMES, 2000; BANZATTO e KRONKA, 2006).

Os resultados da análise de variância conjunta encontram-se na Tabela 5. Os CV's da análise conjunta variaram entre 16,72% e 2,85. Demonstrando alta precisão experimental do conjunto de ensaios (PIMENTEL GOMES, 2000).

As médias gerais obtidas nos ensaios foram de 5698,76 kg/ha (PROD); 2299,70 kg/ha (PRODF); 40,23% (PF); 30,08 mm (COMP); 32,00 gf/tex (RES); 4,67 (MIC); 2893 (CSP). Esses resultados demonstram o alto potencial produtivo e de qualidade de fibra dos genótipos nos ambientes avaliados.

Ainda na Tabela 5, evidenciam-se os valores do coeficiente de determinação genotípica (CDG %). Segundo Yocomizo e Vello (2000), as estimativas do coeficiente de herdabilidade ou do coeficiente de determinação genotípica são importantes para a escolha de uma estratégia eficaz de seleção. Quando os tratamentos são considerados fixos, a herdabilidade é denominada coeficiente de determinação genotípica. Para todas as características avaliadas os valores de CDG (%) foram superiores a 80%, chegando a atingir mais de 90% para PF e COMP. O CDG (%) é um indicador importante em trabalhos de melhoramento genético, já que ele indica a precisão por meio da qual o valor fenotípico representa o valor genético do indivíduo (PASSOS et al., 2007). De acordo com Bonifácio et al. (2015), para a maioria das culturas e características valores acima de 70% são considerados desejáveis e possibilitam ganhos expressivos de seleção. Outras estimativas de CDG (%) para diversas características do algodoeiro foram observadas por Khan et al. (2010), superior a 60%, Resende et al. (2014), superior a 70%, Albuquerque (2017), entre 20 a 90% e Silva (2018), 30 a 80%.

As análises demonstraram efeitos significativos ( $p \leq 0,01$ ;  $p \leq 0,05$ ) para as fontes de variação Genótipos e para a interação G x A em relação a todos os caracteres avaliados. O comportamento diferenciado dos genótipos diante da significância da interação, indicou a necessidade de se realizar um estudo detalhado da interação G x A, abrindo a possibilidade de aplicação dos estudos de adaptabilidade e estabilidade dos genótipos.

Tabela 5. Resumo da Análise de Variância Conjunta dos ensaios de VCU para as características: Produtividade de algodão em caroço (PROD – kg/ha); Produtividade de Fibra (PRODF – kg/ha); Porcentagem de Fibra (PF - %); Comprimento de Fibra (COMP - mm); Resistência (RES – gf/tex); Micronaire (MIC) e Fiabilidade (CSP).

FV	Quadrados Médios							
	GL	PROD	PRODF	PF	COMP	RES	MIC	CSP
BLOCOS / AMB	12	9733377,47	2789712,76	19,79	0,51	2,30	0,18	49291,44
GENÓTIPOS	16	152564441,06**	33100293,14**	28,15**	32,08**	26,71**	1,21**	694188,06**
AMBIENTES	3	159613376,63**	25045613,93**	4,61 <sup>ns</sup>	22,99**	35,79**	5,60**	1597514,95**
GEN X AMB	48	89749753,26**	13744051,39**	2,36**	2,45**	5,01**	0,14*	95016,33**
RESÍDUO	192	163420329,72	28420939,73	1,32	1,37	2,74	0,10	52955,49
MÉDIAS		5698,76	2299,70	40,23	30,08	32,00	4,67	2893
CV (%)		16,18	16,72	2,85	3,90	5,18	6,87	7,95
CDG <sup>(1)</sup> (%)		80,39	86,15	91,58	92,35	81,21	87,83	86,31

\*\* e \* significativos a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F; <sup>ns</sup> não-significativo pelo teste F; <sup>(1)</sup> Coeficiente de determinação genotípico.

### 4.3. Comparações de médias

As comparações de médias das variáveis produtividade de algodão em caroço (PROD), produtividade de fibra (PRODF), porcentagem de fibra (PF), comprimento (COMP), resistência (RES), micronaire (MIC) e fiabilidade (CSP), a partir do teste de Scott e Knott (1974) a 5% de probabilidade para cada local avaliado nos ensaios de 2016 e 2017, encontram-se nas Tabelas 1A a 4A (APÊNDICE) e o agrupamento de médias no conjunto dos quatro ambientes na Tabela 6.

Todas as variáveis apresentaram diferenças significativas e formaram grupos nos ambientes 1 (Apodi, 2016 – Tabela 1A), 2 (Barbalha, 2016 – Tabela 2A) e 4 (Barbalha, 2017 – Tabela 4A). No ambiente 3 (Apodi, 2017 – Tabela 3A) não houve diferença para as médias dos genótipos apenas para os caracteres PROD, PRODF e RES. As médias obtidas de PROD e PRODF por local apresentaram os maiores valores em Apodi (2017) 6542,52 kg/ha (PROD) e 2622,63 kg/ha (PRODF). Em Barbalha (2017), a média em PROD foi 6263,25 kg/ha e em PRODF 2540,51 kg/ha, esses resultados ficaram próximos aos obtidos em Apodi (2017). Evidencia-se que o ambiente 1 (Apodi, 2016 – Tabela 1A) foi o que proporcionou a obtenção dos menores valores médios para PROD e PRODF, 4591,46 kg/ha e 1864,29 kg/ha, respectivamente. Os valores de PF e COMP sofreram pouca variação e foram próximos a 40% e 30 mm, respectivamente, nos quatro ambientes avaliados. Em Apodi (2017) se verificou os maiores valores médios em RES (33,07 gf/tex) e CSP (3009). Em Barbalha (2016 e 2017) se obteve melhor desempenho para MIC (4,32 e 4,57, respectivamente).

Na Tabela 6, verifica-se que na avaliação conjunta dos quatro ambientes todas as características formaram grupos, confirmando a variabilidade dos genótipos para estes caracteres nos diferentes locais avaliados. Para a característica PROD, as linhagens mais produtivas foram CNPA NE 2012-2050 (6771,09 kg/ha); CNPA MT 2009-152 (6525,23 kg/ha); e CNPA NE 2012-2008 (6510,07 kg/ha), todos eles superaram a melhor testemunha que foi a FM 993, que obteve produtividade média de 6405,64 kg/ha. As duas linhagens menos produtivas foram a CNPA NE 2012-143 FL e CNPA NE 2012-5-1-1 COL, que obtiveram produtividade média de 4270,96 kg/ha e 3751,56 kg/ha, respectivamente.

Para o caráter PRODF, as melhores linhagens também foram CNPA NE 2012-2050 (2799,06 kg/ha); CNPA NE 2012-2008 (2705,33 kg/ha); CNPA MT 2009-152 (2679,05 kg/ha) e as linhagens de menor desempenho foram CNPA NE 2012-143 FL (1641,33 kg/ha) e CNPA NE 2012-5-1-1 COL (1379,18 kg/ha). A testemunha FM 993 obteve 2617,38 kg/ha e superou a produtividade de fibra das demais BRS 286 e BRS 336, que foram de 2448,52 kg/ha e 2046,97

kg/ha, respectivamente. As elevadas médias de PROD e PRODF das linhagens CNPA NE 2012-2050 e CNPA MT 2009-152, também foram observadas por Farias et al. (2017).

Para a característica PF, quatro grupos foram formados pelo teste de Scott-Knott (1974). As linhagens de destaque no agrupamento foram CNPA NE 2012-2008; CNPA GO 2010-139; CNPA GO 2010-152; CNPA BA 2010-1174 e CNPA NE 2012-2050 todas elas apresentaram PF superior o 41%. De acordo com Carvalho et al. (2005) a porcentagem de fibra é fundamental para o produtor, porque é a parte da produção comercializada com maior valor econômico. A PF é um dos caracteres mais importantes dos programas de melhoramento da cultura do algodão, deve-se ao preço pago pela pluma, superior em média 3,5 vezes ao pago pelo algodão em caroço (COUTINHO et al., 2015). Desse modo, são desejáveis cultivares com alta porcentagem de fibra. As linhagens CNPA BA 2011-4436; CNPA NE 2012-143 FL; CNPA NE 2012-5-1-1 COL e a testemunha BRS 336 apresentaram os menores valores de PF, todas eles foram inferiores à média geral (40%).

Com relação a característica COMP, os valores variaram de 27,91 mm a 33,21 mm. As linhagens CNPA BA 2011-4970 FL (32,48 mm); CNPA BA 2010-1174 (31,29 mm); CNPA BA 2011-4964 FL (31,08 mm), CNPA NE 2012-143 FL (30,71 mm), CNPA BA 2011-1149 (30,79 mm) e CNPA BA 2011-4436 (30,52 mm), apresentaram comprimento de fibra classificado como médio (>30 mm) e ficaram atrás apenas da testemunha BRS 336 (33,21 mm), que é um material de fibra longa. A medição do comprimento das fibras é de grande importância no que diz respeito à avaliação das características que determinarão sua transformação em fio assim como suas propriedades finais enquanto fio e, até mesmo, enquanto tecido acabado. Quanto maior o comprimento efetivo da fibra do algodão, melhor será a sua classificação comercial (FONSECA e SANTANA, 2002). Neste sentido, todas as linhagens supracitadas apresentaram valores aceitáveis e recomendados, pois para a indústria têxtil o comprimento adequado deve ser superior a 30 mm (VIDAL NETO e FREIRE, 2013). Por outro lado, os genótipos CNPA NE 2012-2008 (28,85 mm), CNPA GO 2010-152 (28,89 mm), CNPA MT 2009-152 (28,47 mm), BRS 286 (28,95 mm) e CNPA NE 2012-5-1-1 COL (27,91 mm), não superaram o valor preconizado pela indústria, porém ainda obtiveram desempenhos satisfatórios.

Tabela 6. Médias gerais das variáveis agronômicas e tecnológicas de fibra dos genótipos avaliados nos ensaios de VCU, classificadas segundo o teste de Scott e Knott (1974) e seus respectivos rankings (R): Produtividade de algodão em caroço (PROD – kg/ha); Produtividade de Fibra (PRODF – kg/ha); Porcentagem de Fibra (PF - %); Comprimento de Fibra (COMP - mm); Resistência (RES – gf/tex); Micronaire (MIC) e Fiabilidade (CSP).

<b>GENÓTIPOS</b>	<b>PROD</b>	<b>R</b>	<b>PRODF</b>	<b>R</b>	<b>PF</b>	<b>R</b>	<b>COMP</b>	<b>R</b>	<b>RES</b>	<b>R</b>	<b>MIC</b>	<b>R</b>	<b>CSP</b>	<b>R</b>
FM 993 <sup>(T)</sup>	6405,64 a	4°	2617,38 a	4°	40,79 a	8°	29,72 c	10°	32,14 b	10°	4,91 c	15°	2746 d	14°
BRS 286 <sup>(T)</sup>	5995,22 b	6°	2448,52 b	6°	40,84 a	7°	28,95 d	13°	30,72 c	15°	4,81 c	14°	2677 e	16°
BRS 336 <sup>(T)</sup>	5297,66 b	15°	2046,97 b	15°	38,73 c	15°	33,21 a	1°	33,84 a	1°	4,73 c	9°	3156 a	4°
CNPA BA 2011-102	5560,46 b	11°	2244,24 b	13°	40,34 b	10°	29,76 c	9°	32,10 b	11°	4,74 c	10°	2910 c	8°
CNPA BA 2011-4436	5878,35 b	7°	2308,90 b	10°	39,26 c	14°	30,52 b	7°	33,77 a	2°	4,47 b	4°	3194 a	3°
CNPA BA 2011-1197	5803,82 b	8°	2319,92 b	8°	40,08 b	12°	30,09 c	8°	32,18 b	9°	4,52 b	5°	2931 c	7°
CNPA BA 2011-1149	5754,80 b	9°	2309,49 b	9°	40,18 b	11°	30,79 b	5°	32,44 b	8°	4,57 b	6°	2998 b	5°
CNPA BA 2010-1174	5462,15 b	14°	2257,49 b	12°	41,35 a	4°	31,29 b	3°	32,61 b	6°	4,25 a	2°	3209 a	2°
CNPA BA 2011-4964 FL	5506,64 b	12°	2240,44 b	14°	40,64 b	9°	31,08 b	4°	32,54 b	7°	4,68 c	7°	2937 c	6°
CNPA BA 2011-4970 FL	6200,75 a	5°	2468,17 b	5°	39,75 b	13°	32,48 a	2°	33,60 a	3°	4,40 b	3°	3224 a	1°
CNPA MT 2009-152	6525,23 a	2°	2679,05 a	3°	41,05 a	6°	28,47 d	16°	32,90 b	4°	5,10 d	17°	2791 d	11°
CNPA GO 2010-152	5465,13 b	13°	2262,71 b	11°	41,40 a	3°	28,89 d	14°	32,63 b	5°	5,09 d	16°	2789 d	12°
CNPA GO 2010-139	5719,35 b	10°	2366,80 b	7°	41,47 a	2°	29,28 c	12°	30,85 c	14°	4,80 c	13°	2796 d	10°
CNPA NE 2012-2008	6510,07 a	3°	2705,33 a	2°	41,60 a	1°	28,85 d	15°	31,30 c	12°	4,79 c	12°	2728 d	15°
CNPA NE 2012-2050	6771,09 a	1°	2799,06 a	1°	41,34 a	5°	29,33 c	11°	31,00 c	13°	4,77 c	11°	2774 d	13°
CNPA NE 2012-143 FL	4270,96 c	16°	1641,33 c	16°	38,39 c	16°	30,71 b	6°	29,89 d	16°	4,03 a	1°	2831 d	9°
CNPA NE 2012-5-1-1 COL	3751,56 c	17°	1379,18 c	17°	36,70 d	17°	27,91 d	17°	29,43 d	17°	4,71 c	8°	2486 f	17°
<b>MÉDIAS</b>	<b>5698,76</b>		<b>2299,70</b>		<b>40,23</b>		<b>30,08</b>		<b>32,00</b>		<b>4,67</b>		<b>2893</b>	

<sup>(T)</sup> Testemunhas; Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Scott e Knott (1974).

Para a característica RES, evidenciaram quatro grupos de médias, porém todos os genótipos avaliados atingiram o valor mínimo recomendado de 28 gf/tex. Comercialmente, cultivares que obtêm resistência abaixo desse valor são refugados para fins de exportação (QUEIROZ, 2017). Dentre as linhagens avaliadas pode-se destacar a CNPA BA 2011-4436, CNPA BA 2011-4970 FL e CNPA MT 2009-152, que obtiveram níveis de resistência bastante satisfatórios, 33,77 gf/tex, 33,60 gf/tex e 32,90 gf/tex, respectivamente. Existem na literatura resultados semelhantes para resistência de fibras de algodoeiro, com valores entre 27 a 30 gf/tex (FARIAS et al., 2015), 31,50 gf/tex (MORELLO et al., 2015), acima de 30 gf/tex (SILVA FILHO et al., 2016), 28,03 a 36,15 gf/tex (QUEIROZ, 2017), e 29,89 a 31,25 gf/tex (SILVA, 2018).

Formado por quatro grupos, o índice MIC teve como o menor valor a linhagem CNPA NE 2012-143 FL (4,03), seguido por CNPA BA 2010-1174 (4,25), enquanto que CNPA GO 2010-152 (5,09) e CNPA MT 2009-152 (5,10), obtiveram os maiores valores. Ao contrário do que acontece com as demais características onde busca-se destacar os genótipos que obtiveram os maiores resultados, ao se avaliar o caráter micronaire os valores aceitáveis são aqueles compreendidos entre 3,9 a 4,2 (FARIAS et al., 2015). Sendo assim, as linhagens CNPA NE 2012-143 FL e CNPA BA 2010-1174, foram as que apresentaram valores dentro desse intervalo. O índice micronaire refere-se a finura de fibra, ele estima a quantidade de fibras que irá compor a seção transversal do fio e, portanto, sua resistência e regularidade em função de comprimento. Índices > 5,0 indicam fibras muito grossas; 3,0 a 3,9 finas e < 3,0 são consideradas muito finas e imaturas (VASCONCELOS, 2016). Outra importância do micronaire é que esta é uma medição muito importante para o estabelecimento do valor do algodão, constituindo-se, inclusive, em um critério de seleção na produção de fios (FONSECA e SANTANA, 2002).

Quanto ao índice CSP, verificou-se a formação de 6 grupos e todos os genótipos avaliados apresentaram valores superiores a 2400, obtendo-se uma média geral de 2893. A relevância dessa característica é que CSP é um indicador da resistência dos fios, que depende essencialmente das fibras individuais. De acordo com as exigências da indústria têxtil, é ideal que o índice de fiabilidade atinja valores superiores a 2000 (FUNDAÇÃO MT, 1999). Merecem destaque as linhagens CNPA BA 2011-4970 FL (3224), CNPA BA 2010-1174 (3209), CNPA BA 2011-4436 (3194) todas apresentaram CSP considerados muito altos (>2500), segundo o padrão de classificação de Fonseca e Santana (2002) e tiveram desempenho acima da melhor testemunha BRS 336 (3156). As testemunhas FM 993 (2746), BRS 286 (2677) e as linhagens CNPA NE 2012-2008 (2728) e CNPA NE 2012-5-1-1 COL (2486) apresentaram os menores

valores, mas, mesmo assim seus desempenhos são aceitáveis (2250 a 2500) de acordo com a classificação de Fonseca e Santana (2002).

De modo geral, a maioria dos genótipos avaliados apresentaram desempenho satisfatório, com destaque para as linhagens CNPA BA 2011-4436, CNPA BA 2010-1174 e CNPA BA 2011-4970 FL que associaram altos valores médios para características agrônômicas e padrões de qualidade de fibra dentro dos exigidos pela indústria têxtil. No conjunto de ambientes apenas as linhagens CNPA NE 2012-143 FL e CNPA NE 2012-5-1-1 COL foram pouco produtivas.

#### 4.4. Análises de adaptabilidade e estabilidade

Como constatou-se na análise conjunta (Tabela 5), as fontes de variação Genótipos e GEN x AMB foram sempre significativas ( $p \leq 0,01$ ;  $p \leq 0,05$ ), indicando que o comportamento dos genótipos não foi coincidente nos ambientes avaliados, justificando um estudo mais detalhado visando identificar as cultivares com maior adaptabilidade e estabilidade. Para isso, foram utilizados os métodos de Eberhart e Russell (1966), Lin e Binns (1988) modificado por Carneiro (1998), Annicchiarico (1992) e GGE Biplot (YAN et al., 2000), utilizando-se dados de PROD e PRODF. A caracterização dos ambientes avaliados conforme critério de Lin e Binns (1988), modificado por Carneiro (1998) e Annicchiarico (1992) encontra-se na Tabela 5A (APÊNDICE). Os resultados obtidos em cada uma das análises realizadas serão detalhados a seguir.

##### 4.4.1. Metodologia de Eberhart e Russell (1966)

Encontram-se na Tabela 7 as estimativas dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade segundo a metodologia de Eberhart e Russell (1966). O parâmetro  $\sigma_{di}^2$  mensura a variância dos desvios da regressão e avalia a capacidade da cultivar apresentar comportamento previsível em função do estímulo ambiental. O parâmetro  $\beta_1$  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  $\beta_1$  maior que 1; e adaptabilidade específica a ambientes desfavoráveis, aqueles com  $\beta_1$  menor que 1. O parâmetro  $R^2$  é o coeficiente de determinação, ele estima a previsibilidade do genótipo nos vários ambientes. A cultivar adaptada e estável, segundo este método, é a que apresenta produtividade média alta,  $\beta_1 = 1$  e  $\sigma_{di}^2 = 0$ , respectivamente. (HOOGERHEIDE et al., 2007; RAMALHO et al., 2012).

Com relação ao coeficiente de regressão ( $\beta_1 = 1$ ), percebe-se que 60% dos genótipos avaliados apresentaram adaptabilidade ampla, ou seja,  $\beta_1$  igual a unidade (não significativo). Destes, dez obtiveram PROD e PRODF acima da média geral (5698,76 kg/ha) e (2299,70 kg/ha), respectivamente. As linhagens CNPA GO 2010-152 ( $\beta_1 = 1,70^*$  e  $1,71^*$ ), CNPA BA 2011-4964 FL ( $\beta_1 = 1,49^*$  e  $1,54^*$ ) e CNPA NE 2012-5-1-1 COL ( $\beta_1 = 1,59^*$  e  $1,48^*$ ), apresentaram estimativas de  $\beta_1$  superior à unidade, indicando adaptabilidade específica para ambientes favoráveis, enquanto que a testemunha BRS 286 ( $\beta_1 = 0,43^{**}$  e  $0,42^{**}$ ) e as linhagens CNPA BA 2011-4970 FL ( $\beta_1 = 0,38^{**}$  e  $0,41^{**}$ ), CNPA MT 2009-152 ( $\beta_1 = 0,61^{**}$  e  $0,64^{**}$ ) e CNPA NE 2012-2050 ( $\beta_1 = 0,21^{**}$  e  $0,26^{**}$ ) apresentaram adaptabilidade específica para ambientes desfavoráveis.

Em relação à estabilidade dos genótipos avaliados, medida pelos desvios da regressão, constata-se que 90% apresentaram alta estabilidade ( $\sigma_{di}^2 = 0$ ) para PROD e PRODF. Apenas as linhagens CNPA NE 2012-2008 e CNPA NE 2012-5-1-1 COL 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 BA 2011-4436, CNPA BA 2011-1197, CNPA BA 2010-1174, CNPA BA 2011-4964 FL, CNPA NE 2012-2050 e CNPA NE 2012-143 FL apresentaram alta previsibilidade de comportamento com valores superiores a 90%. No presente estudo, considerou-se apenas as estimativas de  $\beta_1$  e  $\sigma_{di}^2$ , para a identificação de genótipos adaptados e estáveis, porém, cabe salientar que, assim como a análise dos desvios da regressão ( $\sigma_{di}^2$ ) o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) também pode auxiliar na interpretação da estabilidade, validando a cultivar como estável para as condições das regiões avaliadas (PINTHUS, 1973).

Os genótipos que se destacaram devido à estabilidade ( $\sigma_{di}^2 = 0$ ), ampla adaptação ( $\beta_1 = 1$ ), alta previsibilidade de comportamento e PROD e PRODF acima da média geral foram, FM 993, CNPA BA 2011-4436, CNPA BA 2011-1197 e CNPA GO 2010-139, estes seriam os materiais mais recomendados de acordo com a metodologia de Eberhart e Russell (1966). Ademais, também merecem destaque o desempenho das linhagens CNPA NE 2012-2050, CNPA MT 2009-152 e CNPA BA 2011-4970 FL que apesar de não terem ampla adaptabilidade ( $\beta_1 \neq 1$ ), são estáveis ( $\sigma_{di}^2 = 0$ ), obtiveram os maiores valores de PROD (6771,09, 6525,23 e 6200,75 kg/ha, respectivamente) e PRODF (2799,06; 2679,05 e 2468,17 kg/ha, respectivamente) e conseguem ainda melhorar em resposta às condições ambientais desfavoráveis ( $\beta_1 < 1$ ), sendo capazes de manter os rendimentos em condições ambientais adversas. No contexto do cultivo de algodão na região Nordeste, a identificação de genótipos capazes de responder satisfatoriamente em ambientes desfavoráveis é importante, pois nas localidades da região em que se emprega

baixo nível tecnológico e que apresentam alta vulnerabilidade às condições climáticas, tais materiais podem ser recomendados.

Tabela 7. 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 VCU avaliado em 4 ambientes do Semiárido Nordestino.

GENÓTIPOS	PROD (kg/ha)				PRODF (kg/ha)			
	Média <sup>(1)</sup>	$\beta_1$ <sup>(2)</sup>	$\sigma_{di}^2$ <sup>(3)</sup>	R <sup>2</sup> (%)	Média <sup>(1)</sup>	$\beta_1$ <sup>(2)</sup>	$\sigma_{di}^2$ <sup>(3)</sup>	R <sup>2</sup> (%)
FM 993 <sup>(T)</sup>	6405,64 a	0,95 <sup>ns</sup>	-57277,20 <sup>ns</sup>	87,29	2617,38 a	1,05 <sup>ns</sup>	672,46 <sup>ns</sup>	84,35
BRS 286 <sup>(T)</sup>	5995,22 b	0,43 <sup>**</sup>	-153677,18 <sup>ns</sup>	79,22	2448,52 b	0,42 <sup>**</sup>	-30305,40 <sup>ns</sup>	83,35
BRS 336 <sup>(T)</sup>	5297,66 b	0,78 <sup>ns</sup>	19662,72 <sup>ns</sup>	75,73	2046,97 b	0,66 <sup>**</sup>	1389,09 <sup>ns</sup>	67,77
CNPA BA 2011-102	5560,46 b	1,13 <sup>ns</sup>	216831,35 <sup>ns</sup>	77,89	2244,24 b	1,15 <sup>ns</sup>	40872,02 <sup>ns</sup>	75,81
CNPA BA 2011-4436	5878,35 b	1,10 <sup>ns</sup>	-190044,98 <sup>ns</sup>	98,43	2308,90 b	1,14 <sup>ns</sup>	-32679,44 <sup>ns</sup>	98,24
CNPA BA 2011-1197	5803,82 b	0,92 <sup>ns</sup>	-169318,22 <sup>ns</sup>	95,84	2319,92 b	0,77 <sup>ns</sup>	-26066,15 <sup>ns</sup>	91,06
CNPA BA 2011-1149	5754,80 b	1,00 <sup>ns</sup>	333143,12 <sup>ns</sup>	68,45	2309,49 b	1,01 <sup>ns</sup>	54720,71 <sup>ns</sup>	67,33
CNPA BA 2010-1174	5462,15 b	1,22 <sup>ns</sup>	-85378,42 <sup>ns</sup>	93,23	2257,49 b	1,18 <sup>ns</sup>	-23367,40 <sup>ns</sup>	94,96
CNPA BA 2011-4964 FL	5506,64 b	1,49 <sup>*</sup>	8776,41 <sup>ns</sup>	92,24	2240,44 b	1,54 <sup>*</sup>	-4952,32 <sup>ns</sup>	93,17
CNPA BA 2011-4970 FL	6200,75 a	0,38 <sup>**</sup>	43328,62 <sup>ns</sup>	40,96	2468,17 b	0,41 <sup>**</sup>	7235,87 <sup>ns</sup>	41,81
CNPA MT 2009-152	6525,23 a	0,61 <sup>**</sup>	157910,72 <sup>ns</sup>	54,20	2679,05 a	0,64 <sup>**</sup>	26741,05 <sup>ns</sup>	54,28
CNPA GO 2010-152	5465,13 b	1,70 <sup>*</sup>	218195,31 <sup>ns</sup>	88,76	2262,71 b	1,71 <sup>*</sup>	60048,00 <sup>ns</sup>	84,78
CNPA GO 2010-139	5719,35 b	1,06 <sup>ns</sup>	273945,78 <sup>ns</sup>	73,28	2366,80 b	1,16 <sup>ns</sup>	13351,82 <sup>ns</sup>	83,29
CNPA NE 2012-2008	6510,07 a	0,96 <sup>ns</sup>	1060649,16 <sup>**</sup>	46,12	2705,33 a	0,99 <sup>ns</sup>	156430,55 <sup>**</sup>	48,68
CNPA NE 2012-2050	6771,09 a	0,21 <sup>**</sup>	-210027,51 <sup>ns</sup>	95,17	2799,06 a	0,26 <sup>**</sup>	-33879,13 <sup>ns</sup>	79,92
CNPA NE 2012-143 FL	4270,96 c	1,38 <sup>ns</sup>	-110273,72 <sup>ns</sup>	95,63	1641,33 c	1,36 <sup>ns</sup>	-18597,52 <sup>ns</sup>	94,90
CNPA NE 2012-5-1-1 COL	3751,56 c	1,59 <sup>*</sup>	2912697,49 <sup>**</sup>	48,88	1379,18 c	1,48 <sup>*</sup>	383378,25 <sup>**</sup>	49,10
<b>MÉDIAS</b>	<b>5698,76</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>2299,70</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>

<sup>(T)</sup> Testemunhas; \*\* e \* significativos a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente; <sup>ns</sup> não-significativo; <sup>(1)</sup> Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Scott e Knott (1974); <sup>(2)</sup> H<sub>0</sub>:  $\beta_1 = 1$ ; <sup>(3)</sup> H<sub>0</sub>:  $\sigma_{di}^2 = 0$ .

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

Na Tabela 8 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  $i$  em relação ao genótipo de desempenho máximo em cada ambiente. Portanto, é uma situação desejável no processo de seleção de cultivares superiores, pois, na prática, o melhorista almeja identificar genótipos que estejam sempre entre os melhores. Assim, quanto menor o valor  $P_i$ , mais adaptado e estável será o genótipo (FARIAS et al., 1997; CARBONEL et al., 2001; FARIAS, 2005). Nesse contexto, os genótipos recomendados com base nas menores estimativas do  $P_i$  geral para o conjunto total de ambientes avaliados foram CNPA NE 2012-2050, CNPA MT 2009-152, FM 993, e CNPA NE 2012-2008. Estes foram os quatro melhores genótipos do ranking e também apresentaram as maiores médias de PROD e PRODF ao longo dos quatro ambientes avaliados neste trabalho. Segundo Carbonell et al. (2001), convém que os materiais mais estáveis sejam também os mais produtivos, pois quanto menor o  $P_i$ , menor será também o desvio em torno da produtividade máxima de cada ambiente.

Para ambientes favoráveis os genótipos mais recomendados foram os mesmos já mencionados para o  $P_i$  geral, acrescidos apenas da linhagem CNPA BA 2011-4436, enquanto que em ambientes desfavoráveis, além dos materiais já citados, CNPA BA 2011-4970 FL também foi recomendada. Merece destaque que a presença dos genótipos CNPA NE 2012-2050, CNPA MT 2009-152, FM 993, e CNPA NE 2012-2008 entre os melhores do ranking tanto em ambientes favoráveis ( $P_{if}$ ) quanto em ambientes desfavoráveis ( $P_{id}$ ), demonstra que esses materiais possuem ampla adaptação e conseguem responder vantajosamente a variação ambiental. Além disso, tais genótipos são aqueles que mais se aproximam do genótipo hipotético ideal definido por Verma et al. (1978), que possui boa produtividade em ambientes desfavoráveis comparado aos demais, porém é responsivo à melhoria dos ambientes.

Ainda na Tabela 8, evidencia-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 NE 2012-143 FL e CNPA NE 2012-5-1-1 COL. 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) já foi utilizada com sucesso na identificação de genótipos de algodoeiro por Farias (1995 e 2005), Silva Filho et al. (2008), Rodrigues et al. (2017), Teodoro (2017), entre outros. Além deles, trabalhos desenvolvidos nos últimos anos com outras culturas demonstram a

importância dessa metodologia, a saber, Vasconcelos et al. (2015) com amendoim; Souza et al. (2017) e Melo et al. (2018) com feijão-caupi e feijão comum, respectivamente; Mendonça (2016), Câmara et al. (2018) e Silva et al. (2018) todos com soja.

Tabela 8. 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 VCU, com decomposição de Pi (parâmetro de estabilidade e adaptabilidade) em ambiente favorável (Pi<sub>f</sub>) e desfavorável (Pi<sub>d</sub>).

GENÓTIPOS	PROD (kg/ha)						PRODF (kg/ha)							
	Média <sup>(1)</sup>	$\frac{Pi\text{ geral}}{10^4}$	R <sup>(2)</sup>	$\frac{Pi_f}{10^4}$	R <sup>(2)</sup>	$\frac{Pi_d}{10^4}$	R <sup>(2)</sup>	Média	$\frac{Pi\text{ geral}}{10^4}$	R <sup>(2)</sup>	$\frac{Pi_f}{10^4}$	R <sup>(2)</sup>	$\frac{Pi_d}{10^4}$	R <sup>(2)</sup>
FM 993 <sup>(T)</sup>	6405,64 a	48,13	3°	5,31	1°	90,95	5°	2617,38 a	9,71	4°	0,79	1°	18,62	6°
BRS 286 <sup>(T)</sup>	5995,22 b	77,29	6°	61,12	10°	93,45	6°	2448,52 b	14,59	5°	12,56	10°	16,61	4°
BRS 336 <sup>(T)</sup>	5297,66 b	195,62	14°	125,74	15°	265,50	13°	2046,97 b	45,14	15°	37,27	15°	53,01	13°
CNPA BA 2011-102	5560,46 b	152,18	11°	72,99	13°	231,37	11°	2244,24 b	29,91	12°	16,49	14°	43,32	12°
CNPA BA 2011-4436	5878,35 b	102,86	7°	31,16	4°	174,56	9°	2308,90 b	24,92	10°	10,32	8°	39,52	10°
CNPA BA 2011-1197	5803,82 b	108,07	8°	49,90	8°	166,25	7°	2319,92 b	22,84	8°	14,67	12°	31,01	7°
CNPA BA 2011-1149	5754,80 b	119,59	9°	71,41	12°	167,78	8°	2309,49 b	24,78	9°	16,23	13°	33,32	9°
CNPA BA 2010-1174	5462,15 b	173,39	12°	84,21	14°	262,57	12°	2257,49 b	28,76	11°	14,64	11°	42,88	11°
CNPA BA 2011-4964 FL	5506,64 b	177,40	13°	43,29	7°	311,51	14°	2240,44 b	32,73	13°	9,33	6°	56,13	14°
CNPA BA 2011-4970 FL	6200,75 a	62,62	5°	50,61	9°	74,63	3°	2468,17 b	15,06	6°	12,21	9°	17,92	5°
CNPA MT 2009-152	6525,23 a	32,73	2°	39,61	6°	25,84	2°	2679,05 a	6,29	2°	7,29	4°	5,29	2°
CNPA GO 2010-152	5465,13 b	201,79	15°	38,56	5°	365,02	15°	2262,71 b	34,15	14°	8,39	5°	59,90	15°
CNPA GO 2010-139	5719,35 b	125,28	10°	63,89	11°	186,68	10°	2366,80 b	21,27	7°	9,57	7°	32,97	8°
CNPA NE 2012-2008	6510,07 a	51,43	4°	21,20	3°	81,67	4°	2705,33 a	8,09	3°	3,30	3°	12,88	3°
CNPA NE 2012-2050	6771,09 a	11,96	1°	13,56	2°	10,36	1°	2799,06 a	2,15	1°	2,06	2°	2,24	1°
CNPA NE 2012-143 FL	4270,96 c	459,94	16°	228,03	16°	691,85	16°	1641,33 c	93,91	16°	56,00	16°	131,81	16°
CNPA NE 2012-5-1-1 COL	3751,56 c	731,13	17°	302,29	17°	1159,97	17°	1379,18 c	145,70	17°	74,85	17°	216,56	17°
MÉDIAS	5698,76	-	-	-	-	-	-	2299,70	-	-	-	-	-	-

<sup>(T)</sup> Testemunhas; <sup>(1)</sup> Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Scott e Knott (1974); <sup>(2)</sup> Ranking dos genótipos quanto à estabilidade.

#### 4.4.3. Metodologia de Annicchiarico (1992)

As análises segundo o método de Annicchiarico (1992) estão apresentadas na Tabela 9. A partir da metodologia foi possível identificar os genótipos CNPA NE 2012-2050, FM 993, CNPA MT 2009-152, CNPA NE 2012-2008, CNPA BA 2011-4436, 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 ( $W_{if}$ ), os genótipos que se destacaram com alta estabilidade para as características PROD e PRODF foram a testemunha FM 993 e as linhagens CNPA NE 2012-2050, CNPA BA 2011-4436, CNPA BA 2011-1197 e CNPA NE 2012-2008, que superaram a média dos ambientes favoráveis entre 1 a 11%, demonstrando que em condições de cultivo que promovam favorecimento à cultura esses seriam os materiais que mais produziram. Os genótipos menos estáveis para essas condições foram a testemunha BRS 336 e as linhagens CNPA NE 2012-143 FL e CNPA NE 2012-5-1-1 COL.

Para os ambientes desfavoráveis, o destaque maior vai para as linhagens CNPA MT 2009-152, CNPA NE 2012-2050 e CNPA BA 2011-4970 FL, que mostraram serem materiais produtivos e adaptados em tais condições de cultivo. Estas superaram a média geral desses ambientes, com índice ( $W_{id}$ ) de 24, 23 e 5%, respectivamente, sendo os três melhores no ranking para a variável PROD, e primeiro, segundo e sexto colocados, respectivamente, para a variável PRODF. Os genótipos FM 993, CNPA NE 2012-2008 e CNPA NE 2012-2050, foram produtivos e apresentaram adaptabilidade tanto em ambientes favoráveis quanto em desfavoráveis, sendo os materiais que mais se aproximam do genótipo hipotético ideal definido por Verma et al. (1978). Já CNPA NE 2012-143 FL e CNPA NE 2012-5-1-1 COL não foram adaptados e estáveis nessas condições ambientais e foram os menos produtivos de todo o conjunto.

O método de Annicchiarico (1992), como já comentado anteriormente, tem a vantagem de auxiliar na recomendação das cultivares considerando o risco de apresentarem desempenho abaixo de um dado padrão, como, por exemplo, a média geral. Assim como os resultados aqui apresentados para a cultura do algodoeiro, diversos outros trabalhos em diferentes culturas evidenciam o uso dessa metodologia na identificação de genótipos adaptados e estáveis. Em soja (MONTEIRO et al., 2015); em guaraná (PINTO, 2016); em trigo (POSSATTO JÚNIOR et al., 2017); e em café (DIAS et al., 2017).

Tabela 9. Estimativas dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade fenotípica, pelo método de estabilidade de Annicchiarico (1992). Índice de confiança (Wi), com decomposição em ambientes favoráveis (Wi<sub>f</sub>) e desfavoráveis (Wi<sub>d</sub>), para produtividade de algodão em caroço (PROD) e produtividade de fibra (PRODF) do ensaio de VCU avaliado em 4 ambientes do Semiárido Nordestino.

GENÓTIPOS	PROD (kg/ha)							PRODF (kg/ha)						
	Média <sup>(1)</sup>	Wi	R <sup>(2)</sup>	Wi <sub>f</sub>	R <sup>(2)</sup>	Wi <sub>d</sub>	R <sup>(2)</sup>	Média	Wi	R <sup>(2)</sup>	Wi <sub>f</sub>	R <sup>(2)</sup>	Wi <sub>d</sub>	R <sup>(2)</sup>
FM 993 <sup>(T)</sup>	6405,64 a	107,93	2°	111,95	1°	105,04	4°	2617,38 a	108,86	3°	112,07	1°	104,77	5°
BRS 286 <sup>(T)</sup>	5995,22 b	98,61	8°	99,12	7°	103,93	6°	2448,52 b	99,97	5°	99,60	6°	106,19	4°
BRS 336 <sup>(T)</sup>	5297,66 b	87,96	13°	88,51	15°	85,83	13°	2046,97 b	84,00	15°	81,35	15°	85,04	13°
CNPA BA 2011-102	5560,46 b	90,23	12°	91,61	14°	86,20	12°	2244,24 b	89,88	12°	91,15	14°	85,76	12°
CNPA BA 2011-4436	5878,35 b	101,37	5°	104,07	3°	99,55	7°	2308,90 b	98,07	7°	101,05	5°	95,52	8°
CNPA BA 2011-1197	5803,82 b	99,52	7°	99,97	4°	98,68	8°	2319,92 b	97,40	8°	97,20	10°	97,85	7°
CNPA BA 2011-1149	5754,80 b	93,10	9°	97,52	9°	90,99	9°	2309,49 b	92,35	11°	96,68	11°	89,71	11°
CNPA BA 2010-1174	5462,15 b	91,14	11°	92,24	13°	90,03	10°	2257,49 b	94,46	10°	95,27	13°	93,39	9°
CNPA BA 2011-4964 FL	5506,64 b	87,60	14°	97,05	10°	79,93	14°	2240,44 b	88,42	13°	98,15	8°	80,91	14°
CNPA BA 2011-4970 FL	6200,75 a	100,17	6°	98,38	8°	105,32	3°	2468,17 b	98,99	6°	97,73	9°	102,76	6°
CNPA MT 2009-152	6525,23 a	107,47	3°	99,79	6°	124,17	1°	2679,05 a	109,51	2°	101,25	4°	125,49	1°
CNPA GO 2010-152	5465,13 b	83,25	15°	96,57	11°	72,34	15°	2262,71 b	85,55	14°	96,56	12°	75,41	15°
CNPA GO 2010-139	5719,35 b	92,81	10°	94,47	12°	89,52	11°	2366,80 b	96,52	9°	98,61	7°	92,67	10°
CNPA NE 2012-2008	6510,07 a	103,24	4°	99,80	5°	103,99	5°	2705,33 a	106,96	4°	103,83	3°	107,79	3°
CNPA NE 2012-2050	6771,09 a	109,64	1°	105,94	2°	123,92	2°	2799,06 a	112,66	1°	109,36	2°	125,27	2°
CNPA NE 2012-143 FL	4270,96 c	66,35	16°	82,23	16°	64,24	16°	1641,33 c	62,76	16°	74,66	16°	60,17	16°
CNPA NE 2012-5-1-1 COL	3751,56 c	44,04	17°	68,01	17°	27,16	17°	1379,18 c	40,91	17°	62,10	17°	24,62	17°
MÉDIAS	5698,76	-	-	-	-	-	-	2299,70	-	-	-	-	-	-

<sup>(1)</sup> Testemunhas; <sup>(1)</sup> Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Scott e Knott (1974); <sup>(2)</sup> Ranking dos genótipos quanto à estabilidade.

#### 4.4.4. Correlação de Spearman

Considerando-se as três diferentes metodologias adotadas neste estudo, verificou-se por meio das estimativas da correlação de Spearman ( $r_s$ ) que os métodos de Eberhart e Russell (1966), Lin e Binns (1988), modificado por Carneiro (1998) e Annicchiarico (1992) foram concordantes, para ambas variáveis (PROD e PRODF), todos os pares avaliados apresentaram correlação significativa ( $p \leq 0,01$ ) pelo teste t.

A correlação entre  $\beta_1$  (EBERHART e RUSSELL, 1966) e Pi (LIN e BINNS, 1988, modificado por CARNEIRO, 1998), foi positiva ( $r_s = 0,7916^{**}$  e  $0,7230^{**}$ ) e significativa, indicando que ambos os métodos foram concordantes em indicar genótipos estáveis para as duas variáveis, PROD e PRODF. As correlações possuem coeficientes adimensionais que variam de 1 à -1, sendo que o valor zero evidencia a falta de relação linear entre duas variáveis e a ausência de correlação. Além disso, valores negativos indicam que as características são inversamente correlacionadas e, quando seus valores são positivos, os caracteres se correlacionam no mesmo sentido. Valores próximos ao extremo entre 1 e -1, indicam associação forte entre ambas (NOGUEIRA, 2011; CARDOSO, 2018).

A correlação observada entre  $\beta_1$  e Pi está de acordo com os obtidos por Farias et al. (1997) e Silva Filho et al. (2008) em algodão; Silva e Duarte (2006) e Mendonça (2016) em soja; Pereira et al. (2009) em feijão, Vasconcelos et al. (2015) em amendoim, entre outros. Os resultados obtidos por esses autores indicam que o uso dos dois métodos em combinação, pode fornecer informações adicionais e complementares sobre a estabilidade fenotípica de materiais. Isso foi observado no presente estudo, já que a metodologia de Lin e Binns (1988) modificado por Carneiro (1998) foi capaz de adicionar resultados complementares ao método de Eberhart e Russell (1966), dando maiores informações sobre a responsividade de cada genótipo diante da melhoria ambiental e condições desfavoráveis.

Os métodos de Lin e Binns (1988) modificado por Carneiro (1998) e Annicchiarico (1992) apresentaram alta correlação ( $r_s = -0,9803^{**}$  e  $-0,9754^{**}$ ) entre si, evidência de que proporcionam informações semelhantes da estabilidade dos genótipos para as características de PROD e PRODF. O fato da correlação ter dado negativa indica que houve uma associação entre os menores valores do índice Pi (desejados) e os maiores valores de  $W_i$ , ou seja, as cultivares mais indicadas (maiores escores  $W_i$ ) pelo método de Annicchiarico (1992) seriam as mais indicadas (menores escores Pi) pelo método de Lin e Binns (1988) modificado por Carneiro (1998). No presente estudo, as duas metodologias coincidiram na identificação de genótipos estáveis, indicando praticamente os mesmos materiais e não havendo muita diferença no ranking

desses genótipos para ambientes favoráveis e desfavoráveis na classificação feita em ambas metodologias. Essa similaridade entre os dois métodos já foi relatada por Borges et al. (2000), Silva e Duarte (2006), Silva Filho et al. (2008), Cargnelutti Filho et al. (2007), Pereira et al. (2009), Monteiro et al. (2015) e Pinto (2016), que atribuíram a semelhança ao fato de que essas metodologias avaliam a superioridade dos genótipos, tomando-se como referência os melhores genótipos em cada ambiente, na metodologia de Lin e Binns modificada e a média de cada um dos ambientes em Annicchiarico. Assim, nas duas metodologias maior estabilidade estará obrigatoriamente associada a maior produtividade. De fato, os resultados aqui obtidos confirmam que as cultivares mais indicadas pelos métodos propostos por Lin e Binns (1988) modificado por Carneiro (1998) e por Annicchiarico (1992) foram as mais produtivas (CNPA NE 2012-2050, 6771,09 kg/ha; CNPA MT 2009-152, 6525,23 kg/ha; FM 993, 6405,64 kg/ha; CNPA NE 2012-2008, kg/ha; CNPA BA 2011-4970 FL, 6200,75 kg/ha).

A correlação observada entre  $\beta_1$  (EBERHART e RUSSELL, 1966) e  $W_i$  (ANNICCHIARICO, 1992) foi significativa e os valores observados foram de  $r_s = -0,7573^{**}$  (PROD) e  $-0,7107^{**}$  (PRODF). Segundo já demonstrado por Silva e Duarte (2006), o método de Eberhart e Russell (1966) é capaz de mensurar, razoavelmente, as informações de estabilidade e adaptabilidade do método de Annicchiarico (1992). Sendo assim, essas duas metodologias podem ser usadas em combinação, já que fornecem indicações complementares. De acordo com Vasconcelos (2015), a utilização de mais de um método para estimação dos parâmetros genéticos em um programa de melhoramento é uma estratégia que permite maior confiabilidade na interpretação dos dados para posterior recomendação de linhas superiores ou cultivares para uma região.

Segundo Franceschi et al. (2010), a concordância entre as metodologias em relação aos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade, possibilitam orientar o melhorista na escolha do método de simples execução e de fácil interpretação. Neste sentido, qualquer um dos três métodos aqui apresentados pode ser utilizado para avaliar a adaptabilidade e estabilidade de genótipos de algodão, sendo a decisão de uso por um deles de escolha do melhorista e dependendo do detalhe da informação desejada, podendo ser usado um dos métodos, ou dois deles combinados, pois algumas informações são complementares.

#### 4.4.5. Análise multivariada GGE biplot

Na Figura 1 (A e B), encontra-se a representação gráfica do GGE biplot dos genótipos para as características PROD e PRODF. Na interpretação dos gráficos GGE biplot são apresentados dois eixos (x e y) que correspondem a decomposição da interação G x A em componentes principais (CP), assim o eixo x representa o CP1 e o eixo y o CP2. A soma dos percentuais em cada eixo indica o quanto da interação está sendo explicado. Observa-se na Figura 1 (A) 75,5% para o CP1 e 19,14% para CP2, assim, tem-se que o gráfico GGE biplot representado explica um total de 94,64% da variação total da interação G x A para produtividade de algodão em caroço (PROD), enquanto que, para produtividade de fibra (PRODF), tem-se 94,58% (Figura 1 - B). Estas estimativas atendem a porcentagem mínima de explicação (70%) recomendada por Yan et al. (2000), e são superiores às alcançadas em outros estudos que utilizaram a metodologia GGE biplot na cultura do algodoeiro (NG et al., 2013; FARIAS et al., 2016; SILVA, 2016; ALI et al., 2017; TEODORO, 2017; SILVA, 2018).

Os 17 genótipos e os quatro ambientes representados graficamente na Figura 1 (A e B), foram identificados de G1 a G17 e E1 a E4, respectivamente. De acordo com Hongyu et al. (2015), a linha reta traçada da origem do biplot para a colocação de um ambiente ou genótipo é chamado “vetor de ambiente” ou “vetor de genótipo”, de modo que a partir desses vetores, as interações específicas entre um genótipo e um ambiente (por exemplo, o desempenho de cada um dos genótipos em cada ambiente) possam ser visualizadas. Nesse sentido, com relação a contribuição dos ambientes para interação é possível observar que o ambiente E2 (Barbalha, 2016) foi o que mais contribuiu para interação (localizado mais distante do centro do gráfico), seguido do E1 (Apodi, 2016) e E4 (Barbalha, 2017), enquanto o E3 (Apodi, 2017) foi o que proporcionou a menor contribuição.

Evidencia-se ainda na Figura 1 (A e B), que houve uma distribuição relativamente homogênea dos genótipos em relação ao ponto central do gráfico. Segundo Riaz et al. (2018) a zona de estabilidade corresponde à região central da biplot, na intersecção de zero no primeiro e no segundo CP's. Sendo assim, os genótipos G5 (CNPA BA 2011-4436), G6 (CNPA BA 2011-1197) e G8 (CNPA BA 2010-1174), foram os mais estáveis para as variáveis PROD e PRODF. Os genótipos mais instáveis para as duas variáveis foram, G16 (CNPA NE 2012-143 FL) e G17 (CNPA NE 2012-5-1-1 COL), ambos apresentaram as maiores distâncias em relação ao centro do gráfico.

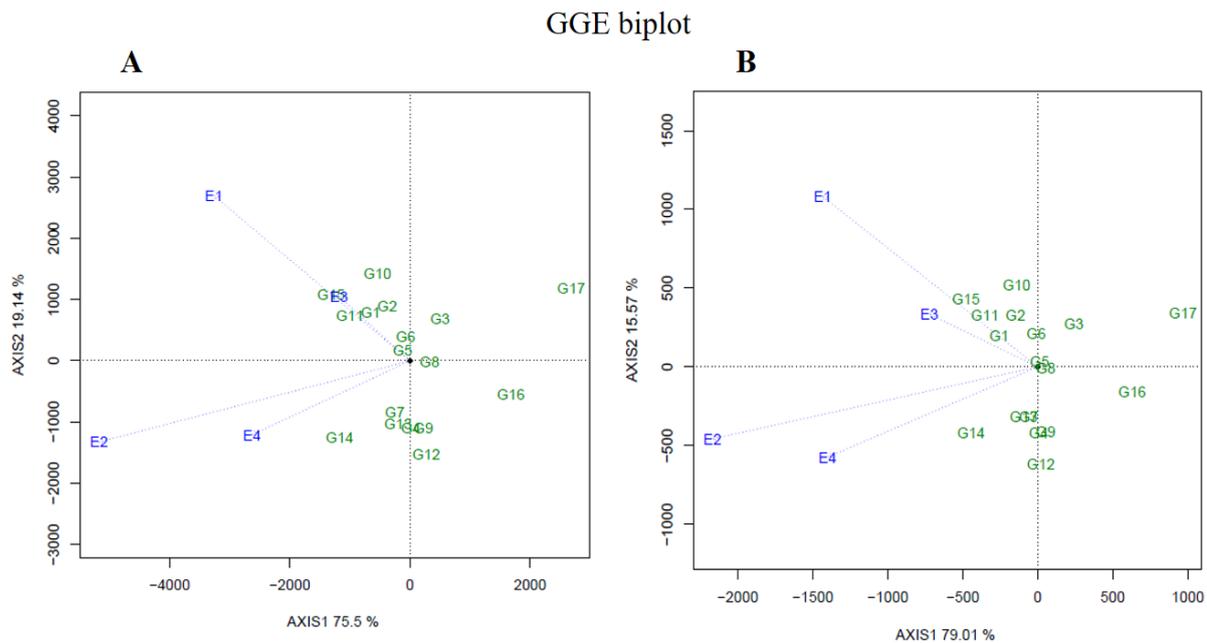


Figura 1. A: Representação gráfica do GGE biplot para a produtividade de algodão em caroço (PROD – kg/ha) e B: Representação gráfica do GGE biplot para a produtividade de fibra (PRODF – kg/ha) de 17 genótipos de algodoeiro avaliados em quatro ambientes.

Ambientes - E1: Apodi, 2016; E2: Barbalha, 2016; E3: Apodi, 2017; E4: Barbalha, 2017. Genótipos - G1: FM 993; G2: BRS 286; G3: BRS 336; G4: CNPA BA 2011-102; G5: CNPA BA 2011-4436; G6: CNPA BA 2011-1197; G7: CNPA BA 2011-1149; G8: CNPA BA 2010-1174; G9: CNPA BA 2011-4964 FL; G10: CNPA BA 2011-4970 FL; G11: CNPA MT 2009-152; G12: CNPA GO 2010-152; G13: CNPA GO 2010-139; G14: CNPA NE 2012-2008; G15: CNPA NE 2012-2050; G16: CNPA NE 2012-143 FL; G17: CNPA NE 2012-5-1-1 COL.

De acordo com Gauch e Zobel (1996), a proximidade dos genótipos e dos ambientes em qualquer área do gráfico, demonstra a adaptabilidade específica de um genótipo a esse ambiente. Na Figura 1 (A e B), observamos notadamente que os genótipos G15 (CNPA NE 2012-2050), G11 (CNPA MT 2009-152), G1 (FM 993), e G10 (CNPA BA 2011-4970 FL), estão localizados próximo ao ponto do ambiente E3 (Apodi-2017). A formação desse agrupamento demonstra que esses foram os materiais mais adaptados a esse local. De fato, tais genótipos apresentaram os maiores valores de produtividade de algodão em caroço (PROD) e produtividade de fibra (PRODF) na avaliação do ambiente Apodi-2017 (E3) como pode se constatar na Tabela 3A (APÊNDICE).

Na Figura 2 (A e B) é representado o gráfico “Mean vs. Stability” (média versus estabilidade) onde é possível avaliar tanto o rendimento produtivo de cada genótipo quanto sua estabilidade. Segundo Yan (2011) a visualização do GGE biplot “Média versus Estabilidade” é

uma ferramenta eficaz para avaliação de genótipos em ambos aspectos. A linha reta com uma seta que passa pela origem do biplot aponta para a direção dos genótipos com maiores desempenhos (HONGYU et al., 2015). Dessa forma, verifica-se que os genótipos em direção da esquerda para a direita do gráfico são os mais produtivos (PROD e PRODF), sendo esses, G15 (CNPA NE 2012-2050), G11 (CNPA MT 2009-152), G14 (CNPA NE 2012-2008), G1 (FM 993), G10 (CNPA BA 2011-4970 FL), G2 (BRS 286), G7 (CNPA BA 2011-4436), G5 (CNPA BA 2011-4436), G6 (CNPA BA 2011-1197) e G8 (CNPA BA 2010-1174). Esses três últimos (G5, G6 e G8), embora com performance produtiva mediana, foram os que apresentaram melhor desempenho em relação a estabilidade e adaptabilidade para o conjunto de ambientes, já que se encontram mais próximos do eixo central do gráfico, como já destacado na Figura 1 (A e B). Enquanto que os genótipos G16 (CNPA NE 2012-143 FL) e G17 (CNPA NE 2012-5-1-1 COL), localizados mais distantes do centro e à direita do gráfico, foram os menos produtivos de todo o conjunto de ensaios.

Evidencia-se que por meio da análise GGE biplot, foram obtidos resultados que corroboraram com os alcançados a partir dos demais métodos univariados de avaliação da adaptabilidade e estabilidade realizados neste estudo. Segundo Duarte e Vencovsky (1999), a combinação de técnicas univariadas e multivariadas vem dando um novo enfoque no estudo da interação G x A. Os resultados gerados permitem que as interpretações sejam mais coerentes com a realidade do material genético pesquisado, além de amenizar algumas limitações decorrentes do emprego da análise de estabilidade univariada.

## Mean vs. Stability

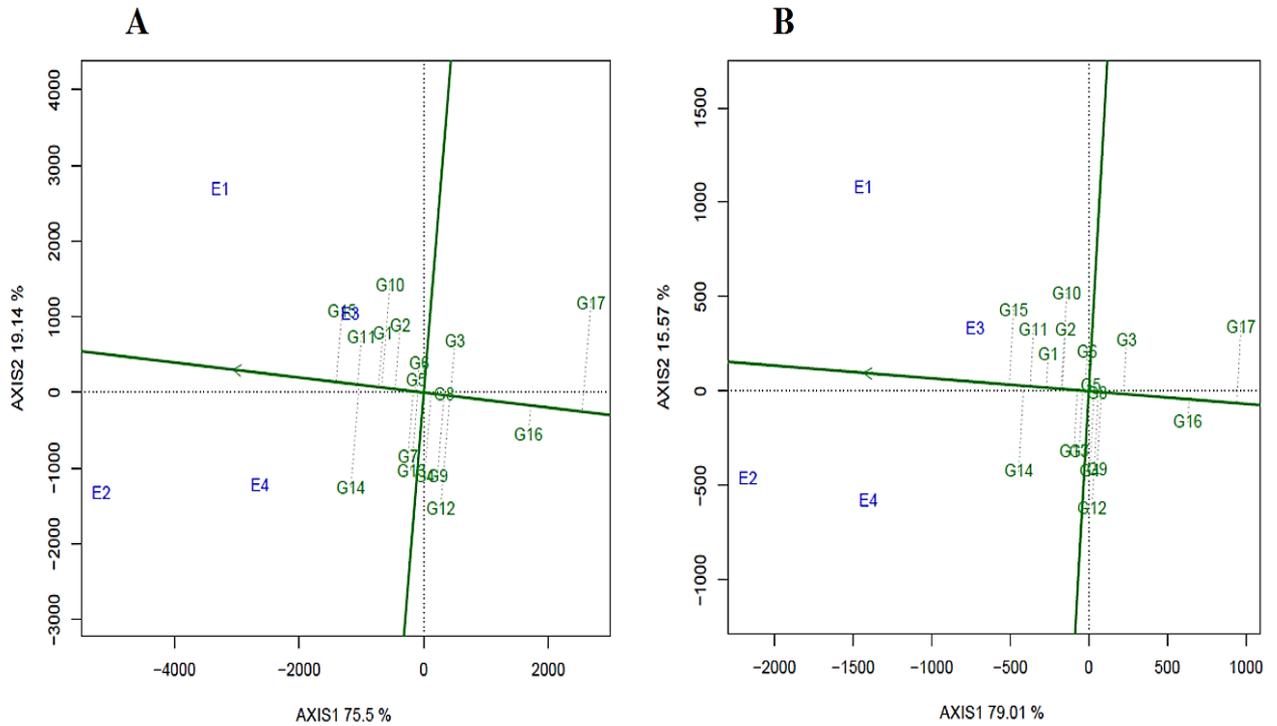


Figura 2. A: Representação gráfica do GGE biplot “Mean vs. Stability” para a produtividade de algodão em caroço (PROD – kg/ha) e B: Representação gráfica do GGE biplot “Mean vs. Stability” para a produtividade de fibra (PRODF – kg/ha) de 17 genótipos de algodoeiro avaliados em quatro ambientes. Ambientes - E1: Apodi, 2016; E2: Barbalha, 2016; E3: Apodi, 2017; E4: Barbalha, 2017. Genótipos - G1: FM 993; G2: BRS 286; G3: BRS 336; G4: CNPA BA 2011-102; G5: CNPA BA 2011-4436; G6: CNPA BA 2011-1197; G7: CNPA BA 2011-1149; G8: CNPA BA 2010-1174; G9: CNPA BA 2011-4964 FL; G10: CNPA BA 2011-4970 FL; G11: CNPA MT 2009-152; G12: CNPA GO 2010-152; G13: CNPA GO 2010-139; G14: CNPA NE 2012-2008; G15: CNPA NE 2012-2050; G16: CNPA NE 2012-143 FL; G17: CNPA NE 2012-5-1-1 COL.

## 5. CONCLUSÕES

- O comportamento dos genótipos foi diferente dentro dos quatro ambientes avaliados, evidenciando que houve a presença da interação genótipo x ambiente;
- A variabilidade genética observada entre os genótipos para as características agronômicas e de qualidade de fibras, possibilitam a utilização dos mesmos para cruzamentos em outros programas de melhoramento do algodoeiro visando a incorporação de características específicas;
- A metodologia de Eberhart e Russell (1996) pode ser usada em conjunto com Lin e Binns (1988) modificado ou Annicchiarico (1992), pois fornecem informações complementares na identificação de genótipos adaptados e estáveis;
- Os métodos de Lin e Binns (1988) modificado e Annicchiarico (1992) indicaram informações similares, portanto recomenda-se optar pelo uso de apenas um deles;
- As análises gráficas obtidas pelo método GGE biplot foram eficientes e permitiram a apresentação e interpretação dos dados de forma simples e de fácil entendimento para a identificação de genótipos estáveis e adaptados;
- Os genótipos CNPA NE 2012-2050, CNPA MT 2009-152, CNPA NE 2012-2008 e CNPA BA 2011-4970 FL foram produtivos e apresentaram ampla adaptabilidade e estabilidade para as condições de cultivo na região semiárida nordestina;
- A análise GGE biplot identificou as linhagens CNPA BA 2011-4436, CNPA BA 2011-1197 e CNPA BA 2010-1174 como as mais estáveis, sendo também materiais produtivos e passíveis de recomendação para a região.

## REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, R. R. S. **Seleção de genótipos de algodoeiro de fibra colorida para as condições da região semiárida do Nordeste**. Campina Grande – PB, 2017. 65f. Dissertação (Mestrado em Melhoramento Genético de Plantas). Universidade Estadual da Paraíba.
- ALI, I.; KHAN, N. U.; MOHAMMAD, F.; IQBAL, M. A.; ABBAS, A.; FARHATULLAH; BIBI, Z.; ALI, S.; KHALIL, I. A.; AHMAD, S.; MEHBOOB-UR-RAHMAN. Genotype by environment and gge-biplot analyses for seed cotton yield in upland cotton. **Pakistan Journal of Botany**, v. 49, n. 6, p. 2273-2283, 2017.
- 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, 2017.
- ANNICCHIARICO, P. Cultivar adaptation and recommendation from alfafa trials in Northern Italy. **Journal of Genetics and Plant Breeding**, v. 46, p. 269-278, 1992.
- ANNICCHIARICO, P. **Genotype x environment interactions: challenges and opportunities for plant breeding and cultivar recommendations**. Rome: Food and Agriculture Organization, 2002.
- ARANTES, F. C. **Interação genótipo x ambiente, adaptabilidade e estabilidade em genótipos de cana-de-açúcar**. Jaboticabal, 2013, 94f. Tese (Doutorado em Agronomia). Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.
- BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. N. **Experimentação agrícola**. 4. ed. Jaboticabal: FUNEP, 237 p. 2006.
- BAYER. **Guia de variedades FiberMax© - Central**. 2017. Disponível em: <file:///C:/Users/ruan-/Downloads/Guia%20Variedades%20FiberMax%20Central.pdf>. Acesso em: 05 nov. 2018.

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

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

BORGES, L. C.; FERREIRA, D. F.; ABREU, A. F. B.; RAMALHO, M. A. P. Emprego de metodologias de avaliação da estabilidade fenotípica na cultura do feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Ceres**, v. 47, p. 89- 102, 2000.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Requisitos mínimos para determinação do valor de cultivo e uso de feijão Vigna [Vigna unguiculata (L.) Walp.] e inscrição no Registro Nacional de Cultivares - RNC**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Seção 1, 23 jun. 2003.

BUITRAGO, I. C.; INTIRE, E. Q. M.; MENDONZA, R. G. Identificação de ambientes representativos e discriminatórios para selecionar genótipos de arroz através do GGE Biplot. **Agronomia Mesoamericana**, v. 22, n. 2, p. 245-255, dez. 2011.

CÂMARA, A. R.; OLIVEIRA, R. N.; SIMON, G. A. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de soja nos estados de Goiás e Minas Gerais. **Global Science and Technology**, v. 11, n. 2, 2018.

CARBONELL, S. A. M.; AZEVEDO FILHO, J. A.; DIAS, L. A. S.; GONÇALVES, C.; ANTONIO, C. B. Adaptabilidade e estabilidade de produção de cultivares e linhagens de feijoeiro no Estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v. 60, n. 2, p 69-77, 2001.

CARDOSO, D. B. O. **Melhoramento genético de algodoeiro colorido: Redes Neurais Artificiais versus métodos convencionais**. Uberlândia, 2018. 99f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Federal de Uberlândia. Disponível em: <<https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/21630/3/Melhoramentogen%C3%A9ticoalgodoeiro.pdf>>. Acesso em 17 dez. 2018.

CARGNELUTTI FILHO, A.; PERECIN, D.; MALHEIROS, E. B.; GUADAGNIN, J. P. Comparação de métodos de adaptabilidade e estabilidade relacionados à produtividade de grãos de cultivares de milho. **Bragantia**, v. 66, n. 4, p. 571-578, 2007.

CARNEIRO, P. C. S. **Novas metodologias de análise da adaptabilidade e estabilidade de comportamento**. Viçosa, 1998. 168f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento). Universidade Federal de Viçosa.

CARVALHO, L. P. **Divergência genética e análise dialélica de *Gossypium hirsutum* L. var. latifolium Hutch**. Viçosa, 1993. 203f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento). Universidade Federal de Viçosa.

CARVALHO, L. P.; BARROSO, P. A. V.; SANTOS, J. A. T.; ALVES, H. S. Seleção massal e porcentagem de fibra em cultivar de algodoeiro colorido. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n. 9, p. 895-898, 2005.

CARVALHO, L. P. Contribuição do melhoramento ao cultivo do algodão. In: BELTRÃO, N. E. de M.; AZEVEDO, D. M. P. de (Ed.) **O Agronegócio do Algodão no Brasil**. 2 ed. Brasília, DF: Embrapa Informações Tecnológica, 2008. cap. 8, p. 271-298.

CARVALHO, L. P.; SALGADO, C. S.; FARIAS, F. J. C.; CARNEIRO, V. Q. Estabilidade e adaptabilidade de genótipos de algodão de fibra colorida quanto aos caracteres de fibra. **Ciência Rural**, v. 45, n. 4, 2015.

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

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, L. P.; TEODORO, P. E.; BARROSO, L. M. A.; FARIAS, F. J. C.; MORELLO, C. L.; NASCIMENTO, M. Artificial neural networks classify cotton genotypes for fiber length. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 18, n. 2, p. 200-204, 2018.

CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. Safra 2018/19 - Quarto levantamento. Brasília, v. 6, 126 p. 2019.

COUTINHO, C. R.; ANDRADE, J. A. S.; PEGORARO, R. F. Produtividade e qualidade de fibra de cultivares de algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.) na região do semiárido mineiro. **Essentia**, v. 16, n. 2, p. 62-82, jan/jun. 2015.

CRUZ, C. D.; TORRES, R. A.; VENCOVSKY, 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. **Programa GENES: biometria**. Viçosa: UFV, 2006.

CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 3. ed. Viçosa: Editora UFV, 2012.

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

DARWIN, C. **The origin of species by means of natural selection, or the preservation of favoured races in the struggle for life**. London: Jhon Murray, 1859.

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.

DIAS, R. E. B.; CARVALHO, G. R.; BOTELHO, C. E.; CARVALHO, A. M.; CARVALHO, J. P. F.; CARDOSO, D. A. Adaptabilidade e estabilidade fenotípica de progênies F4 de *Coffea arabica* L. **Coffee Science**, Lavras, v. 12, n. 4, p. 508 - 516, out./dez., 2017.

DUARTE, J. B.; VENCOVSKY, R. **Interação genótipos x ambientes: uma introdução à análise AMMI**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 60 p. 1999.

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

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: 05 nov. 2018.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **BRS 336**. 2011. Disponível em:<<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/902746/4/FolderBRS336.pdf>>. Acesso em: 05 nov. 2018.

FALEIRO, F. G.; RIBEIRO JÚNIOR, W. Q.; FARIAS NETO, A. L. de. Melhoramento genético de plantas e biotecnologia. In: FALEIRO, F. G.; DE ANDRADE, S. R. M.; REIS JUNIOR, F. B. dos (Ed.) **Biotecnologia: estado da arte e aplicações na agropecuária**. 1 ed. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados. cap. 18, p. 553-565 2011.

FARIAS, F. J. C. **Parâmetros de estabilidade em cultivares de algodoeiro herbáceo (*Gossypium hirsutum* L. r. latifolium), avaliadas na região Nordeste no período de 1981 a 1992**. Lavras, 1995. 89f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas). Universidade Federal de Lavras.

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.

FARIAS, F. J. C. **Índice de seleção em cultivares de algodoeiro**. Piracicaba, 2005. 121f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz - USP.

FARIAS, F. J. C.; CARVALHO, L. P. Melhoramento Genético do Cultivo de Algodão – Variedades Convencionais e Transgênicas. In: Curso Internacional de Tecnologia de Producción de Algodon. 1, 2014. **Trabalhos...** [S.I.: s.n.], 2014. 12p.

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

FARIAS, F. J. C.; CARVALHO, L. P.; SILVA FILHO, J. L.; TEODORO, P. E. Biplot analysis of phenotypic stability in upland cotton genotypes in Mato Grosso. **Genetics and Molecular Research**, v. 15, n. 2, p. 1-8, 2016.

FARIAS, F. J. C.; CARVALHO, L. P., CAVALCANTI, J., MORELLO, C. D. L., SILVA FILHO, J. L., SUASSUNA, N. D.; ARAUJO, G. P. Ensaio de valor de cultivo e uso do algodoeiro herbáceo no Semiárido nordestino. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO ALGODÃO, 11., 2017, Maceió. **Anais...** Brasília, DF: Associação Brasileira dos Produtores de Algodão-Abrapa, 2017.

FINLAY, K. W.; WILKINSON, G. N. The analysis of adaptation in a plant-breeding programme. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 14, p.742-754, 1963.

FONSECA, R. G.; SANTANA, J. C. F. **Resultados de ensaio HVI e suas interpretações (ASTM D-4605)**. Campina Grande – PB: Embrapa Algodão (INFOTECA-E), 13p., 2002. (Circular Técnica, 66).

FRANCESCHI, L.; BENIN, G.; MARCHIORO, V. S.; MARTIN, T. N.; SILVA, R. R.; SILVA, C. L. 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.; CARVALHO, L. P. Cultivares do algodoeiro. In: BELTRÃO, N. E. de M.; ARAÚJO, A. E. de (Ed.). **Algodão: o produtor pergunta e a Embrapa responde**. Brasília, DF: Embrapa Informações Tecnológicas, 2004. p. 33-45.

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. Objetivos e métodos utilizados nos programas de melhoramento do algodão no Brasil. In: BELTRÃO, N. E. M.;

AZEVEDO, D. M. P. (Ed.) **O agronegócio do algodão no Brasil**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informações Tecnológicas, 2008. cap. 10. p. 299-323.

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

FUZATTO, M. G. Melhoramento Genético do Algodoeiro. In: CIA, E.; FREIRE, E. C.; SANTOS, W. J. (Ed.) **Cultura do algodoeiro**. Piracicaba: Potafos, 1999, p. 15-34.

GAUCH, H. G. **Statistical analysis of regional yield trials: AMMI analysis of factorial designs**. Amsterdam: Elsevier, 1992.

GAUCH, H. G.; ZOBEL, R. W. AMMI analysis of yield trials. In: KANG, M. S.; GAUCH, H. G. (Ed.). **Genotype by environment interaction**. Boca Raton: CRC Press, 1996. v. 4, p. 85-122.

GAUCH, H. G. Statistical Analysis of Yield Trials by AMMI and GGE. **Crop Science**, v.46, n.4, p.1488-1500, 2006.

GAUCH, H. G. PIEPHO, H. P.; ANNICCHIARICO, P. Statistical analysis of yield trials by AMMI and GGE: further considerations. **Crop Science**, v.48, n3, p.866-889, 2008. Disponível em: <<https://www.crops.org/publications/cs/articles/48/3/866>>. Acesso em: 05 dez., 2018. doi: 10.2135/cropsci2007.09.0513.

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.

HONGYU, K.; SILVA, F. L.; OLIVEIRA, A. C. S.; SARTI, D. A.; ARAUJO, L. B.; DIAS, C. T. S. Comparação entre os modelos AMMI e GGE-Biplot para os dados de ensaios multi-ambientais. **Revista Brasileira de Biometria**, São Paulo, v. 33, n. 2, p. 139-155, 2015.

HOOGERHEIDE, E. S. S.; FARIAS, F. J. C.; VENCOSKY, R.; FREIRE, E. C. Estabilidade fenotípica de genótipos de algodoeiro no Estado do Mato Grosso. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, p.695-698, 2007.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Redes Geodésicas**. 2017. Disponível em:<<https://www.ibge.gov.br/geociencias-novoportal/informacoes-sobre-posicionamento-geodesico/rede-geodesica.html?redirect=1>>. Acesso em: 25 out. 2017.

KHAN, N. U.; MARWAT, K. B.; HASSAN, G.; FARHATULLAH, S. B.; MAKHDOOM, K.; AHMAD, W.; KHAN, H. U. Genetic variation and heritability for cotton seed, fiber and traits in *G. hirsutum*. **Pakistan Journal of Botany**, Islamabad, v. 42, n. 1, p. 615-625, 2010.

KRAUSE, W. **Alternativas para melhorar a eficiência dos experimentos de valor de cultivo e uso (VCU) na cultura do feijoeiro**. Lavras, 2005. 73f. Dissertação (Mestrado em Melhoramento Genético de Plantas). Universidade Federal de Lavras. Disponível em: <[http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/4358/3/DISSERTA%C3%87%C3%83O\\_Alternativas%20para%20melhorar%20a%20efici%C3%Aancia%20dos%20experimentos%20de%20valor%20de%20cultivo%20e%20uso%20%28VCU%29%20na%20cultura%20do%20feijoeiro.pdf](http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/4358/3/DISSERTA%C3%87%C3%83O_Alternativas%20para%20melhorar%20a%20efici%C3%Aancia%20dos%20experimentos%20de%20valor%20de%20cultivo%20e%20uso%20%28VCU%29%20na%20cultura%20do%20feijoeiro.pdf)>. Acesso em 13 dez. 2018.

LIN, C. S.; BINNS, M. R. A superiority measure of cultivar performance for cultivars x location data. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 68, n. 1, p.193-198, 1988.

MARIOTTI, J. A.; OYARZABAL, E. S.; OSA, J. M.; BULACIO, A. N. R.; ALMADA, G. H. Análisis de estabilidad y adaptabilidad de genotipos de caña de azúcar. I. Interacciones dentro de una localidad experimental. **Revista Agronómica del Noroeste Argentino**, Tucumán, v. 13, n. 14, p. 105-127, 1976.

MELO, P. G. S.; ALVARES, R. C.; PEREIRA, H. S.; BRAZ, A. J. B. P.; FARIA, L. C.; MELO, L. C. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de feijoeiro - comum em sistema de agricultura familiar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 53, n. 2, p. 189-196, 2018.

MENDONÇA, D. M. **Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de soja RR nas regiões sudeste, centro-oeste e nordeste do Brasil**. Uberlândia, 2016. 54f. Dissertação. (Mestrado em Agronomia). Universidade Federal de Uberlândia. Disponível em: <<http://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/22732/1/AdaptabilidadeEstabilidadeCultivares.pdf>>. Acesso em: 11 dez. 2018.

MONTEIRO, F.; JOSIAS, F.; PELUZIO, J. M.; ALFÉRI, F. S.; CARVALHO, E. V.; SANTOS, W. F. Correlação entre parâmetros de quatro metodologias de adaptabilidade e estabilidade em cultivares de soja em ambientes distintos. **Revista de la Facultad de Agronomía**, La Plata, v. 114, n. 2, p. 143-147, 2015.

MORELLO, C. L.; FREIRE, E. C. Estratégias para o melhoramento genético do algodoeiro no Brasil. In: Congresso Brasileiro de Algodão. 5., 2005, Salvador. **Anais...** Salvador: Embrapa Algodão, 2005. p. 317.

MORELLO, C. L.; SILVA FILHO, J. L.; SUASSUNA, N. D.; BEZERRA, W.; LOPES, G. D.; FARIAS, F. J. C. Avaliação de linhagens finais convencionais do Programa de Melhoramento da Embrapa Algodão no Estado de Goiás. In: Embrapa Algodão-Resumo em anais de congresso (ALICE). In: CONGRESSO BRASILEIRO DO ALGODÃO, 10., 2015, **Anais...** Foz do Iguaçu. Resumos. Brasília, DF: ABRAPA, 2015.

MORELLO, C. L.; PEDROSA, M. B.; FARIAS, F. J. C.; CARVALHO, L. P.; SILVA FILHO, J. L.; RIBEIRO, J. L. **BRS JADE: Cultivar de algodoeiro de fibra colorida com alta produtividade e qualidade de fibra adaptada às condições do Cerrado e Semiárido do Nordeste**. Campina Grande: Embrapa Algodão. Folder, p. 2. 2017.

NG, E. H.; JERNIGAN, K.; SMITH, W.; HEQUET, E.; DEVER, J.; HAGUE, S. IBRAHIM, A. M. H. Stability analysis of upland cotton in Texas. **Crop Science**, v. 53, n. 4, p. 1347-1355, 2013.

NOGUEIRA, A. P. O. **Correlações, análise de trilha e diversidade fenotípica e molecular em soja**. Viçosa, 2011. 139f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas). Universidade Federal de Viçosa.

PASSOS, C. D.; ARAGÃO, W. M.; PASSOS, E. E. M. Herdabilidade de Caracteres Reprodutivos de Cultivares de Coqueiro Anão. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, n. S1, p. 336-338, 2007.

PEREIRA, H. S.; MELO, L. C.; DEL PELOSO, M. J.; FARIA, L. D.; COSTA, J. D.; DIAZ, J. L. C. Comparação de métodos de análise de adaptabilidade e estabilidade fenotípica em feijoeiro-comum. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 4, p. 374-383, 2009.

PIMENTEL GOMES, F. P. **Curso de estatística experimental**. São Paulo: Nobel, 2000. 466p.

PINTHUS, M. J. Estimate of genotypic value: A proposed method. **Euphytica**, v. 22, n. 1, p. 121-123, 1973. Disponível em: <<http://link.springer.com/article/10.1007/BF00021563#page-1>>. Acesso em: 12 out. 2018. doi: 10.1007/BF00021563.

PINTO, C. E. D. L. **Adaptabilidade e estabilidade de clones de guaranazeiro pelos métodos Annicchiarico, Reml/Blup e Lin e Binns**. Manaus, 2016. 66f. Tese (Doutorado em Agronomia Tropical). Universidade Federal do Amazonas. Disponível em: <<https://bdtd.ufam.edu.br/bitstream/tede/5282/2/Tese%20Daniel%20E.%20Lopez.pdf>>. Acesso em: 20 dez. 2018.

POSSATTO JÚNIOR, O.; FARIA, M. V.; MENDES, M. C.; OLIBONI, R.; BARCELLOS A. L.; GUERRA, E. P. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de trigo em dez ambientes nos estados do Paraná e São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 12, n. 2, p. 113-121, 2017.

QUEIROZ, D. R. **Análise genética para caracteres agronômicos e tecnológicos de fibra em genótipos de algodoeiro herbáceo (*Gossypium hirsutum* L. var. *latifolium* Hutch.)**. Campina Grande, 2017. 66f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias). Universidade Estadual da Paraíba. Disponível em: <<http://tede.bc.uepb.edu.br/jspui/handle/tede/2740>>. Acesso em: 10 jul. 2017.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: a language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2014.

RAFAEL JÚNIOR, E. U.; BROGIN, R. L.; GODINHO, V. P. C.; BOTELHO, F. J. E.; TARDIN F. D.; TEODORO, P. E. Identificação de genótipos de soja com alta estabilidade para a macrorregião brasileira 402 através de análise biplot. **Genetics and Molecular Research**, v. 16, p. 86-97, 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**. 1 ed. Lavras: Ed. UFLA, 2012.

RESENDE, M. D. V. **Matemática e Estatística na Análise de Experimentos e no Melhoramento Genético**. Colombo: Embrapa Florestas. 561 p. 2007.

RESENDE, M. A. D. V.; FREITAS, J. A. D.; LANZA, M. A.; RESENDE, M. D. V.; AZEVEDO, C. F. Genetic divergence and BLUP selection index for fiber traits in cotton accessions. **Revista Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 44, n. 3, jul/set. 2014.

RIAZ, M.; FAROOQ, J.; AHMED, S.; AMIN, M.; CHATTHA, W. S.; AYOUB, M; KAINTH, R. A. Stability analysis of different cotton genotypes under normal and water-deficit conditions. **Journal of Integrative Agriculture**, v. 17, 2018.

RICHETTI, A.; MELO FILHO, G. A. Aspectos socioeconômicos do algodoeiro. In: EMBRAPA AGROPECUÁRIA. **Algodão: tecnologia de produção**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, Cap. 1. p. 13-34, 2001.

RITCHIE, G. L.; BEDNARZ, C. W.; JOST, P. H.; BROWN, S. M. **Cotton Growth and Development**. The University of Georgia: College of Agricultural and Environmental Sciences and the U.S. Department of Agriculture cooperating, p. 1-5, 2007.

ROCHA, M. M. **Seleção de linhagens experimentais de soja para adaptabilidade e estabilidade fenotípica**. Piracicaba, 2002. 184f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz - USP.

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, jul./set. 2017.

SANTOS, R. F.; KOURY, J.; SANTOS, J. W. O Agronegócio do algodão crise e recuperação

no mercado brasileiro da matéria-prima agrícola. In: BELTRÃO, N. E. de M.; AZEVEDO, D. M. P. de (Org.). **O agronegócio do algodão no Brasil**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. v. 1, p. 31-60.

SANTOS, R. C.; SILVA, A. F.; GONDIM, T. M. S.; OLIVEIRA JÚNIOR, J. O. L. D.; ARAÚJO NETO, R. B. D.; SAGRILO, E.; SILVA FILHO, J. L. Stability and adaptability of runner peanut genotypes based on nonlinear regression and AMMI analysis. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 8, p. 1118-1124, 2012.

SCHLEGEL, R. H. J. **Encyclopedic dictionary of plant breeding and related subjects**. New York: Haworth Press, 2003. p. 177.

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.

SILVA, R.; BENIN, G.; SILVA, G. O.; MARCHIORO, V. S.; ALMEIDA, J. L.; MATEI, G. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de trigo em diferentes épocas de semeadura no Paraná. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 11, p. 1439-1447, nov. 2011.

SILVA, J. A. S.; MEDEIROS, R. M.; SILVA, A. O., SILVA, J. W. O. S.; MATOS, R. M. Oscilações no regime da precipitação pluvial no município de Barbalha-CE. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Naturais do Semiárido – SBRNS, 1., 2013, Iguatu - CE. **Anais...** 2013.

SILVA, R. C. **Métodos AMMI e GGE no estudo da interação genótipos x ambientes em algodão**. Campina Grande, 2016. 59f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias). Universidade Estadual da Paraíba.

SILVA, G. P. **Estimativas de parâmetros genéticos e estabilidade fenotípica em cultivares de algodoeiro herbáceo**. Campina Grande, 2018. 71f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias). Universidade Estadual da Paraíba.

SILVA, N. S.; NOGUEIRA, A. P. O.; HAMAWAKI, O. T.; MARQUES, F. S.; MEDEIROS, L. A.; GOMES, G. F.; JULIATTI, F. C. Adaptability and productive stability of soybean genotypes under natural rust infection without fungicide. **Bioscience Journal**, v. 34, n. 5, 2018.

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

SILVA FILHO, J. L.; SUASSUNA, N. D.; FARIAS, F. J. C.; LAMAS, F. M.; PEDROSA, M. B.; SUASSUNA, T. M. F. Estratificação ambiental em algodão na presença ou ausência de genótipos com alfa ecovalência. **Appl Biotechnology**, v. 17, n. 1, Viçosa. jan./mar., 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1984-70332017v17n1a5>.

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.

SOUSA, M. B.; SILVA, K. J. D.; ROCHA, M. D. M.; MENEZES JÚNIOR, J. A. N. D.; LIMA, L. R. L. Adaptability and yield stability of cowpea elite lines of semi-prostrate growth habit in the cerrado biome. **Revista Ciência Agronômica**, v. 48, n. 5, p. 832-839, 2017.

SOUZA, M. B.; SILVA, K. J. D.; ROCHA, M. D. M.; MENEZES JÚNIOR, J. A. N. D.; LIMA, L. R. L. Genotype by environment interaction in cowpea lines using GGE Biplot method. **Rev. Caatinga**, Mossoró, v. 31, n. 1, p. 64-71, jan./mar., 2018.

STEEL, R. G. F.; TORRIE, J. H. **Principles and procedures of statistics**. New York: McGraw-Hill, 1980, 633p.

SUINAGA, F. A.; BASTOS, C. S.; RANGEL, L. E. P. Fenotípica adaptabilidade e estabilidade de cultivares de algodão em Mato Grosso State, Brazil. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.36, p.145-150, 2006.

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. Disponível em: <<http://www.locus.ufv.br/bitstream/handle/123456789/16342/texto%20completo.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 09 nov. 2018.

TEODORO, P. E.; FARIAS, F. J. C.; CARVALHO, L. P.; NASCIMENTO, M.; PEIXOTO, L. A.; CRUZ, C. D.; BHERING, L. L. Identification of Optimal Environments for Cotton Cultivars in the Brazilian Cerrado. **Agronomy Journal**, v. 110, n. 4, p. 1226-1232, 2018.

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.

VASCONCELOS, U. A. A. **Análise dialélica em algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.) para tolerância à seca**. Campina Grande, 2016. 47f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias). Universidade Estadual da Paraíba. Disponível em: <<http://tede.bc.uepb.edu.br/jspui/handle/tede/2333>>. Acesso em: 25 set. 2017.

VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 496p. 1992.

VERMA, M. M; CHAHAL, G. S.; MURTY, B. R. Limitations of conventional regression analysis a proposed modification. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 53, n. 2, p. 89-91, 1978.

VIDAL NETO, F. C.; FREIRE, E. C. Melhoramento genético do algodoeiro. In: VIDAL NETO, F das C.; CAVALCANTI, J. J. V. (Ed.) **Melhoramento genético de plantas no Nordeste**. 1 ed. Brasília, DF: Embrapa, v. 1, 2013. p. 49-84.

YAN, W.; HUNT, L. A.; SHENG, Q. L.; SZLAVNICS, Z. Cultivar evaluation and mega-environment investigation based on the GGE Biplot. **Crop Science**, Madison, v. 40, n.3, p.597-605, 2000.

YAN, W.; CORNELIUS, P. L.; CROSSA, J.; HUNT, L. A. Two types of GGE Biplot for analyzing multienvironment trial data. **Crop Science**, v. 41, p. 656-663, 2001.

YAN, W.; RAJCAN, I. Biplot evaluation of test sites and trait relations of soybean in Ontario. **Crop Science**, v. 42, p. 11–20, 2002.

YAN, W.; KANG, M. S.; MA, B.; WOODS, S.; CORNELIUS, P. L. GGE biplot vs. AMMI analysis of genotype-by-environment data. **Crop Science**, v. 47, n. 2, p. 643-653, 2007.

YAN, W. GGE biplot vs. AMMI graphs for genotype-by-environment data analysis. **Journal of the Indian Society of Agricultural Statistics**, v. 65, n. 2, p. 181-193, 2011. Disponível em: <<http://isas.org.in/jisas/jsp/volume/vol65/issue2/06-Weikai%20Yan.pdf>>. Acesso em: 09 dez. 2018.

YOKOMIZO, G. K.; VELLO, N. A. Coeficiente de determinação genotípica e de diversidade genética em topocruzamentos de soja tipo alimento com tipo grão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 11, p. 2223-2228, 2000.

ZONTA, J. H.; 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.

## **APÊNDICE**

Tabela 1A. Médias das variáveis agrônômicas e tecnológicas de fibra de cada genótipo avaliado no ensaio de VCU no Ambiente 1 (Apodi, 2016), classificadas segundo o teste de Scott e Knott (1974) e seus respectivos rankings (R): Produtividade de algodão em caroço (PROD – kg/ha); Produtividade de Fibra (PRODF – kg/ha); Porcentagem de Fibra (PF - %); Comprimento de Fibra (COMP - mm); Resistência (RES – gf/tex); Micronaire (MIC) e Fiabilidade (CSP).

GENÓTIPOS	PROD	R	PRODF	R	PF	R	COMP	R	RES	R	MIC	R	CSP	R
FM 993 <sup>(T)</sup>	5611,00 a	5°	2275,54 a	5°	40,67 a	10°	28,92 c	9°	32,85 a	6°	5,05 c	12°	2656 b	9°
BRS 286 <sup>(T)</sup>	5673,71 a	4°	2318,59 a	4°	40,82 a	9°	28,55 c	11°	30,70 b	11°	4,82 c	5°	2615 b	11°
BRS 336 <sup>(T)</sup>	4720,66 b	9°	1847,39 b	9°	39,25 b	14°	32,90 a	1°	33,07 a	3°	5,00 c	11°	2910 a	3°
CNPA BA 2011-102	3936,25 c	13°	1589,60 b	13°	40,42 a	11°	28,35 c	12°	29,70 b	15°	4,97 c	10°	2441 a	14°
CNPA BA 2011-4436	4755,62 b	7°	1852,11 b	8°	39,07 b	15°	30,07 b	6°	34,02 a	1°	4,62 b	3°	3124 a	1°
CNPA BA 2011-1197	4912,81 b	6°	2045,62 a	6°	41,47 a	6°	28,55 c	10°	31,67 a	10°	4,95 c	9°	2585 a	12°
CNPA BA 2011-1149	4149,85 c	10°	1660,79 b	12°	40,02 b	12°	30,55 b	5°	32,87 a	4°	4,85 c	7°	2889 a	5°
CNPA BA 2010-1174	4127,97 c	11°	1738,97 b	10°	41,92 a	4°	29,70 b	7°	32,67 a	7°	4,57 b	2°	2905 a	4°
CNPA BA 2011-4964 FL	3650,62 c	14°	1501,14 b	14°	41,12 a	8°	30,60 b	3°	32,37 a	9°	4,82 c	6°	2792 a	6°
CNPA BA 2011-4970 FL	6061,75 a	2°	2414,12 a	2°	39,70 b	13°	31,85 a	2°	32,65 a	8°	4,65 b	4°	2923 a	2°
CNPA MT 2009-152	5700,62 a	3°	2353,10 a	3°	41,25 a	7°	27,82 d	14°	32,85 a	5°	5,40 d	15°	2632 b	10°
CNPA GO 2010-152	3293,97 c	15°	1394,72 c	15°	42,35 a	1°	29,40 c	8°	33,52 a	2°	5,50 d	17°	2710 a	8°
CNPA GO 2010-139	4084,91 c	12°	1719,19 b	11°	42,07 a	3°	27,72 d	15°	29,27 b	16°	5,12 d	13°	2393 c	15°
CNPA NE 2012-2008	4741,25 b	8°	1996,18 a	7°	42,10 a	2°	27,07 d	17°	30,50 b	12°	5,40 d	16°	2331 c	16°
CNPA NE 2012-2050	6548,75 a	1°	2714,05 a	1°	41,55 a	5°	28,00 d	13°	30,05 b	14°	5,37 d	14°	2456 c	13°
CNPA NE 2012-143 FL	2949,79 c	17°	1120,84 c	17°	38,00 c	16°	30,57 b	4°	30,10 b	13°	4,12 a	1°	2731 a	7°
CNPA NE 2012-5-1-1 COL	3135,31 c	16°	1150,83 c	16°	36,75 c	17°	27,27 d	16°	28,30 b	17°	4,92 c	8°	2254 c	17°
MÉDIAS	4591,46		1864,29		40,50		29,29		31,60		4,95		2667	
QM <sub>GENÓTIPOS</sub>	4520714,26*		814330,94*		9,60**		10,66**		11,40**		0,49**		231417,51*	
CV (%)	19,36		19,20		2,37		3,29		5,47		5,01		6,33	

<sup>(T)</sup> 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).

Tabela 2A. Médias das variáveis agronômicas e tecnológicas de fibra de cada genótipo avaliado no ensaio de VCU no Ambiente 2 (Barbalha, 2016), classificadas segundo o teste de Scott e Knott (1974) e seus respectivos rankings (R) para as características: Produtividade de algodão em caroço (PROD – kg/ha); Produtividade de Fibra (PRODF – kg/ha); Porcentagem de Fibra (PF - %); Comprimento de Fibra (COMP - mm); Resistência (RES – gf/tex); Micronaire (MIC) e Fiabilidade (CSP).

<b>GENÓTIPOS</b>	<b>PROD</b>	<b>R</b>	<b>PRODF</b>	<b>R</b>	<b>PF</b>	<b>R</b>	<b>COMP</b>	<b>R</b>	<b>RES</b>	<b>R</b>	<b>MIC</b>	<b>R</b>	<b>CSP</b>	<b>R</b>
FM 993 <sup>(T)</sup>	5648,75 b	8°	2266,30 b	8°	40,15 b	9°	30,85 a	8°	32,17 a	10°	4,89 b	16°	2850 b	13°
BRS 286 <sup>(T)</sup>	5585,62 b	9°	2296,85 b	7°	41,24 a	3°	29,77 b	13°	29,98 b	14°	4,78 b	15°	2724 b	15°
BRS 336 <sup>(T)</sup>	4611,87 b	15°	1839,50 b	15°	39,86 b	12°	33,11 a	1°	33,39 a	2°	4,48 a	6°	3042 a	8°
CNPA BA 2011-102	5750,93 b	6°	2325,26 b	6°	40,44 b	6°	30,59 b	9°	33,34 a	3°	4,77 b	14°	3129 a	5°
CNPA BA 2011-4436	5368,75 b	10°	2094,47 b	14°	38,94 c	16°	31,01 a	7°	32,40 a	9°	4,37 a	4°	3113 a	6°
CNPA BA 2011-1197	5316,25 b	11°	2118,83 b	13°	39,88 b	11°	30,20 b	11°	32,84 a	7°	4,69 b	12°	3046 a	7°
CNPA BA 2011-1149	6331,56 a	4°	2536,82 a	4°	40,09 b	10°	31,59 a	5°	33,10 a	4°	4,35 a	3°	3147 a	4°
CNPA BA 2010-1174	5155,00 b	14°	2135,34 b	11°	41,52 a	1°	31,90 a	4°	32,03 a	11°	4,48 a	7°	3174 a	3°
CNPA BA 2011-4964 FL	5294,37 b	13°	2129,95 b	12°	40,24 b	8°	32,04 a	3°	33,02 a	6°	4,58 b	9°	3017 a	9°
CNPA BA 2011-4970 FL	5651,87 b	7°	2217,96 b	9°	39,23 c	14°	32,80 a	2°	34,71 a	1°	4,25 a	2°	3331 a	1°
CNPA MT 2009-152	6748,75 a	2°	2724,60 a	2°	40,42 b	7°	29,36 b	15°	33,03 a	5°	5,04 c	17°	2941 a	10°
CNPA GO 2010-152	5307,81 b	12°	2200,05 b	10°	41,44 a	2°	29,26 b	16°	31,06 a	13°	4,49 a	8°	2911 a	12°
CNPA GO 2010-139	6127,81 a	5°	2435,88 b	5°	39,82 b	13°	31,52 a	6°	32,44 a	8°	4,46 a	5°	3184 a	2°
CNPA NE 2012-2008	7309,68 a	1°	3009,83 a	1°	41,18 a	4°	29,72 b	14°	29,77 b	15°	4,75 b	13°	2782 b	14°
CNPA NE 2012-2050	6665,93 a	3°	2710,07 a	3°	40,64 b	5°	30,06 b	12°	31,52 a	12°	4,67 b	11°	2929 a	11°
CNPA NE 2012-143 FL	3472,81 c	16°	1356,21 c	16°	39,04 c	15°	30,25 b	10°	28,77 b	16°	3,91 a	1°	2711 b	16°
CNPA NE 2012-5-1-1 COL	1415,00 d	17°	516,05 d	17°	36,45 d	17°	26,78 c	17°	27,55 b	17°	4,65 b	10°	2273 c	17°
<b>MÉDIAS</b>	5397,81		2171,41		40,04		30,64		31,83		4,57		2959	
<b>QM<sub>GENÓTIPOS</sub></b>	7263022,21**		1270160,02**		5,86**		9,23**		13,85**		0,28*		243974,59**	
<b>CV (%)</b>	17,05		16,77		2,30		3,75		5,78		7,94		8,44	

<sup>(T)</sup> 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).

Tabela 3A. Médias das variáveis agrônômicas e tecnológicas de fibra de cada genótipo avaliado no ensaio de VCU no Ambiente 3 (Apodi, 2017), classificadas segundo o teste de Scott e Knott (1974) e seus respectivos rankings (R) para as características: Produtividade de algodão em caroço (PROD – kg/ha); Produtividade de Fibra (PRODF – kg/ha); Porcentagem de Fibra (PF - %); Comprimento de Fibra (COMP - mm); Resistência (RES – gf/tex); Micronaire (MIC) e Fiabilidade (CSP).

<b>GENÓTIPOS</b>	<b>PROD</b>	<b>R</b>	<b>PRODF</b>	<b>R</b>	<b>PF</b>	<b>R</b>	<b>COMP</b>	<b>R</b>	<b>RES</b>	<b>R</b>	<b>MIC</b>	<b>R</b>	<b>CSP</b>	<b>R</b>
FM 993 <sup>(T)</sup>	7324,06 a	2°	2935,78 a	2°	39,87 a	8°	29,72 b	11°	32,93 a	9°	5,18 c	15°	2814 b	13°
BRS 286 <sup>(T)</sup>	6484,37 a	9°	2611,48 a	9°	40,17 a	6°	28,87 b	15°	31,64 a	17°	5,16 c	14°	2649 b	17°
BRS 336 <sup>(T)</sup>	6325,93 a	12°	2440,99 a	14°	38,63 b	16°	33,15 a	1°	34,37 a	1°	4,94 c	11°	3335 a	2°
CNPA BA 2011-102	5973,43 a	16°	2382,01 a	15°	39,71 a	12°	30,50 b	6°	32,87 a	10°	4,90 c	8°	3053 b	6°
CNPA BA 2011-4436	6871,87 a	5°	2723,28 a	6°	39,71 a	13°	30,38 b	8°	34,21 a	2°	4,69 b	5°	3208 a	4°
CNPA BA 2011-1197	6728,43 a	7°	2647,84 a	8°	39,55 a	15°	31,69 a	4°	32,81 a	11°	4,57 b	3°	3197 a	5°
CNPA BA 2011-1149	6379,68 a	10°	2534,50 a	12°	39,84 a	9°	30,21 b	9°	32,24 a	14°	4,91 c	9°	2944 b	10°
CNPA BA 2010-1174	6805,31 a	6°	2740,53 a	5°	40,01 a	7°	31,81 a	3°	33,80 a	5°	4,21 a	2°	3432 a	1°
CNPA BA 2011-4964 FL	6333,75 a	11°	2567,92 a	11°	40,22 a	5°	29,56 b	13°	32,43 a	13°	5,14 c	13°	2778 b	16°
CNPA BA 2011-4970 FL	6938,75 a	3°	2762,19 a	4°	39,79 a	10°	32,77 a	2°	33,40 a	7°	4,67 b	4°	3318 a	3°
CNPA MT 2009-152	7420,93 a	1°	3075,46 a	1°	41,37 a	3°	28,71 b	16°	33,54 a	6°	5,28 c	16°	2813 b	15°
CNPA GO 2010-152	6296,25 a	13°	2520,98 a	13°	39,65 a	14°	28,66 b	17°	34,11 a	3°	5,30 c	17°	2814 b	14°
CNPA GO 2010-139	6166,87 a	15°	2581,02 a	10°	41,84 a	1°	29,12 b	14°	31,72 a	16°	4,95 c	12°	2882 b	12°
CNPA NE 2012-2008	6500,00 a	8°	2712,10 a	7°	41,66 a	2°	29,58 b	12°	33,23 a	8°	4,89 c	7°	2907 b	11°
CNPA NE 2012-2050	6924,06 a	4°	2865,21 a	3°	41,34 a	4°	30,49 b	7°	32,72 a	12°	4,75 b	6°	3008 b	8°
CNPA NE 2012-143 FL	5513,43 a	17°	2196,64 a	17°	39,75 a	11°	30,83 b	5°	32,16 a	15°	4,12 a	1°	3023 b	7°
CNPA NE 2012-5-1-1 COL	6235,62 a	14°	2286,80 a	16°	36,61 b	17°	29,98 b	10°	33,98 a	4°	4,92 c	10°	2975 b	9°
<b>MÉDIAS</b>	6542,52		2622,63		39,99		30,36		33,07		4,86		3009	
<b>QM<sub>GENÓTIPOS</sub></b>	924525,80 <sup>ns</sup>		205548,44 <sup>ns</sup>		5,98 <sup>*</sup>		7,23 <sup>**</sup>		2,96 <sup>ns</sup>		0,44 <sup>**</sup>		196867,03 <sup>*</sup>	
<b>CV (%)</b>	15,11		17,32		4,32		5,19		4,90		7,83		9,62	

<sup>(T)</sup> 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).

Tabela 4A. Médias das variáveis agronômicas e tecnológicas de fibra de cada genótipo avaliado no ensaio de VCU no Ambiente 4 (Barbalha, 2017), classificadas segundo o teste de Scott e Knott (1974) e seus respectivos rankings (R) para as características: Produtividade de algodão em caroço (PROD – kg/ha); Produtividade de Fibra (PRODF – kg/ha); Porcentagem de Fibra (PF - %); Comprimento de Fibra (COMP - mm); Resistência (RES – gf/tex); Micronaire (MIC) e Fiabilidade (CSP).

<b>GENÓTIPOS</b>	<b>PROD</b>	<b>R</b>	<b>PRODF</b>	<b>R</b>	<b>PF</b>	<b>R</b>	<b>COMP</b>	<b>R</b>	<b>RES</b>	<b>R</b>	<b>MIC</b>	<b>R</b>	<b>CSP</b>	<b>R</b>
FM 993 <sup>(T)</sup>	7038,75 a	2°	2991,91 a	2°	42,47 a	1°	29,39 d	10°	30,59 c	12°	4,53 b	13°	2663 c	16°
BRS 286 <sup>(T)</sup>	6237,18 a	10°	2567,16 a	8°	41,11 b	8°	28,62 e	14°	30,59 c	13°	4,45 b	12°	2719 c	14°
BRS 336 <sup>(T)</sup>	5532,18 b	15°	2060,01 b	15°	37,19 d	15°	33,69 a	1°	34,55 a	1°	4,54 b	14°	3339 a	1°
CNPA BA 2011-102	6581,25 a	6°	2680,10 a	7°	40,78 b	10°	29,60 d	9°	32,49 b	4°	4,34 a	10°	3016 b	6°
CNPA BA 2011-4436	6517,18 a	7°	2565,74 a	9°	39,31 c	14°	30,62 c	7°	34,45 a	2°	4,21 a	8°	3332 a	2°
CNPA BA 2011-1197	6257,81 a	9°	2467,41 a	13°	39,43 c	13°	29,91 d	8°	31,43 b	11°	3,89 a	2°	2897 c	8°
CNPA BA 2011-1149	6158,12 a	12°	2505,84 a	11°	40,78 b	11°	30,81 c	6°	31,56 b	10°	4,18 a	6°	3015 b	7°
CNPA BA 2010-1174	5760,31 b	14°	2415,13 a	14°	41,96 a	4°	31,76 c	4°	31,94 b	7°	3,71 a	1°	3325 a	3°
CNPA BA 2011-4964 FL	6747,81 a	5°	2762,78 a	5°	40,99 b	9°	32,13 b	3°	32,36 b	5°	4,19 a	7°	3163 b	5°
CNPA BA 2011-4970 FL	6150,62 a	13°	2478,41 a	12°	40,28 b	12°	32,49 b	2°	33,64 a	3°	4,07 a	4°	3322 a	4°
CNPA MT 2009-152	6230,62 a	11°	2563,04 a	10°	41,15 b	7°	28,00 e	16°	32,20 b	6°	4,68 b	16°	2777 c	11°
CNPA GO 2010-152	6962,50 a	3°	2935,09 a	3°	42,16 a	2°	28,26 e	15°	31,86 b	8°	5,06 c	17°	2722 c	13°
CNPA GO 2010-139	6497,81 a	8°	2731,10 a	6°	42,12 a	3°	28,79 e	12°	29,97 c	14°	4,67 b	15°	2724 c	12°
CNPA NE 2012-2008	7489,37 a	1°	3103,23 a	1°	41,44 b	6°	29,03 d	11°	31,70 b	9°	4,15 a	5°	2893 c	9°
CNPA NE 2012-2050	6945,62 a	4°	2906,92 a	4°	41,85 a	5°	28,78 e	13°	29,75 c	15°	4,30 a	9°	2703 c	15°
CNPA NE 2012-143 FL	5147,81 b	16°	1891,61 b	16°	36,77 d	17°	31,21 c	5°	28,52 d	16°	3,99 a	3°	2857 c	10°
CNPA NE 2012-5-1-1 COL	4220,31 b	17°	1563,05 b	17°	37,01 d	16°	27,58 e	17°	27,92 d	17°	4,38 b	11°	2444 c	17°
<b>MÉDIAS</b>	6263,25		2540,51		40,40		30,04		31,51		4,32		2936	
<b>QM<sub>GENÓTIPOS</sub></b>	2436374,85**		637732,12**		13,71**		12,29**		13,47**		0,43**		306863,02**	
<b>CV (%)</b>	14,20		13,91		1,85		2,96		4,50		6,47		6,55	

<sup>(T)</sup> 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).

Tabela 5A. Caracterização dos quatro ambientes avaliados nos ensaios de VCU conforme critério de Lin e Binns (1988), modificado por Carneiro (1998) e Annicchiarico (1992) para os caracteres produtividade de algodão em caroço (PROD) e produtividade de fibras (PRODF), avaliados em 17 genótipos de algodoeiro cultivados no Semiárido Nordestino.

<b>AMBIENTE</b>	<b>PROD</b>	<b>PRODF</b>	<b>ÍNDICE</b>	<b>CLASSIFICAÇÃO</b>
	<b>(kg/ha)</b>	<b>(kg/ha)</b>		
	<b>MÉDIAS</b>		<b>AMBIENTAL</b>	
Apodi, 2016 (E1)	4591,46	1864,29	-1107,2983	Desfavorável
Barbalha, 2016 (E2)	5397,81	2171,41	-300,9496	Desfavorável
Apodi, 2017 (E3)	6542,52	2622,63	843,7563	Favorável
Barbalha, 2017 (E4)	6263,25	2540,51	564,4916	Favorável