

**UNIVERSIDADE DO ESTADO DE MATO GROSSO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GENÉTICA E MELHORAMENTO DE
PLANTAS**

THIAGO ALEXANDRE SANTANA GILIO

**Divergência genética em genótipos de algodoeiro e quantificação
de danos causados pela mancha de ramulária**

TANGARÁ DA SERRA
MATO GROSSO – BRASIL
FEVEREIRO – 2014

THIAGO ALEXANDRE SANTANA GILIO

**Divergência genética em genótipos de algodoeiro e quantificação
de danos causados pela mancha de ramulária**

Dissertação apresentada à Universidade do Estado de Mato Grosso, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas, para obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof^a. Dra. Dejânia Vieira de Araújo

TANGARÁ DA SERRA
MATO GROSSO – BRASIL
FEVEREIRO- 2014

Gilio, Thiago Alexandre Santana.
G474d Divergência genética em genótipos de algodoeiro e
quantificação de danos causados pela mancha de
ramulária / Thalita Neves Marostega. – Cáceres , 2014
69 f. ; 30 cm.

Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de
Plantas) Universidade do Estado de Mato Grosso.

Bibliografia: f. 66-68

Orientador: Dejânia Vieira de Araújo

1. Algodoeiro. 2. *Ramularia areola*. 3. Divergência
genética. I. Autor. II. Título.

CDU 633.51

DIVERGÊNCIA GENÉTICA EM GENÓTIPOS DE ALGODOEIRO E
QUANTIFICAÇÃO DE DANOS CAUSADOS PELA MANCHA DE
RAMULÁRIA

THIAGO ALEXANDRE SANTANA GILIO

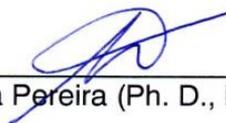
Dissertação apresentada à UNIVERSIDADE DO
ESTADO DE MATO GROSSO, como parte das
exigências do Programa de Pós-Graduação em
Genética e Melhoramento de Plantas, para
obtenção do título de Mestre.

Aprovada em 13 de fevereiro de 2014.

Comissão Examinadora:



Flávio Dessaune Tardin (D.Sc., Produção Vegetal) – Embrapa



Prof. Messias Gonzaga Pereira (Ph. D., Melhoramento de Plantas) – UENF



Profª. Dejânia Vieira de Araújo (D. Sc., Agronomia) – UNEMAT
(Orientadora)

BIOGRAFIA

Thiago Alexandre Santana Gilio, filho de Wilson Gilio, nascido em 29 de junho de 1988 na cidade de Lacerda no estado de São Paulo.

Formou em técnico em agricultura pela Fundação Shunji Nishimura de Tecnologia no ano de 2005. Iniciou a graduação em agronomia pelas Faculdades Adamantinenses Integradas em 2008, Trabalhou como estagiário voluntário no laboratório de genética vegetal da mesma instituição de 2009 a 2010, foi bolsista de iniciação científica no ano de 2010 a 2011.

No ano de 2012 ingressou no Programa de Pós-graduação em Genética e Melhoramento de Plantas pela Universidade do Estado de Mato Grosso, orientado pela Professora Dra. Dejânia Vieira de Araújo.

Ao meu pai Wilson Gilio, aos meus Irmãos Fernando Henrique Santana Gilio e Barbára Caroline Gilio e a minha companheira Kelly Lana Araújo.

Dedico!

AGRADECIMENTOS

À Deus em primeiro lugar

À UNEMAT e ao Programa de Pós-graduação em genética e melhoramento de plantas pela oportunidade.

À Professora Dra. Dejânia Vieira de Araújo pela orientação, conhecimentos transmitidos e compreensão nos momentos difíceis.

Ao professor Dr. Wilian Krause pela ajuda na estatística, pelos conselhos e contribuição em minha formação.

A todos os professores do programa em especial ao Marcos Antônio Aparecido Barelli, Leonarda Grillo Neves e Rosana Rodrigues pelos conhecimentos transmitidos e contribuição na minha formação.

Ao amigo Marcelo Pereira Assunção e toda sua família pelo companheirismo e toda ajuda prestada, muitas vezes até financeira.

Aos colegas Danilo, Felipe, Sandra, Gizelly, Simone, Adryellison, Alessandro, Valdete, Nadsley, Thalita, Aline, Wandreilla e Luana pela união.

Aos alunos do curso de agronomia Thomas, Hugo e Eduarda pela dedicação aos experimentos e amizade.

Aos companheiros de laboratório Francieli, Leonardo, Mariana, Jaqueline, Jair e Michele pela amizade.

Ao laboratório Kuhlmann pelas análises tecnológicas e à eng. Agrônoma Grazielle do grupo Vanguarda de Nova Mutum pelo auxílio.

À minha namorada Kelly Lana de Araújo pelo carinho, companheirismo e força nesta caminhada.

Ao meu pai Wilson Gilio por sempre me apoiar.

A FAPEMAT e Capes pela concessão da bolsa de mestrado.

ÍNDICE

RESUMO.....	v
ABSTRACT	vii
1. INTRODUÇÃO GERAL	9
2. REVISÃO DE LITERATURA	12
2.1- IMPORTÂNCIA ECONÔMICA DA CULTURA DO ALGODOEIRO.....	12
2.2- ALGODÃO	12
2.3. CARACTERES AGRONÔMICOS IMPORTANTES NO MELHORAMENTO DO ALGODOEIRO	13
2.4. A MANCHA DE RAMULÁRIA DO ALGODOEIRO	15
2.5. QUANTIFICAÇÃO DE DANOS CAUSADOS POR DOENÇAS EM PLANTAS.....	16
2.6. RESISTÊNCIA DO ALGODOEIRO À MANCHA DE RAMULÁRIA	17
2.7. DIVERGÊNCIA GENÉTICA NO MELHORAMENTO DE PLANTAS	18
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	20
4. CAPÍTULOS	26
4.1. DIVERGÊNCIA GENÉTICA EM GENÓTIPOS DE ALGODÃO BASEADO EM CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS E RESISTÊNCIA A MANCHA DE RAMULÁRIA EM CONDIÇÕES DE SAFRA E SAFRINHA.....	26
4.1.1 RESUMO	26
ABSTRACT	27
4.1.2 INTRODUÇÃO.....	29
4.1.3 MATERIAL E MÉTODOS	30
4.1.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
4.1.5 CONCLUSÕES.....	45
4.1.6 REFERÊNCIAS	45
5.1 ESTIMATIVA DE DANOS CAUSADOS PELA MANCHA DE RAMULÁRIA NO ALGODOEIRO	49
5.1.1 RESUMO	49
ABSTRACT	50
5.1.2 INTRODUÇÃO.....	51
5.1.3 MATERIAL E MÉTODOS	52
5.1.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	55

5.1.5 CONCLUSÕES.....	61
5.1.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	62
6. CONCLUSÕES GERAIS.....	65

RESUMO

GILIO, THIAGO ALEXANDRE SANTANA; Eng. Agrônomo, M.Sc.; Universidade do Estado de Mato Grosso; Fevereiro de 2014; Divergência genética em genótipos de algodoeiro e quantificação de danos causados pela mancha de ramulária; Professora orientadora Dejánia Vieira de Araújo.

O Brasil está entre os maiores produtores de algodão do mundo. Dentre as principais regiões produtoras a região centro-oeste tem a maior participação, no entanto a ocorrência de doença pode diminuir esta competitividade, dentre estas doenças está a mancha de ramulária. Para a escolha da melhor forma de controle, seja varietal ou por meio de integração com fungicidas, é necessário o conhecimento dos danos causados pela mancha de ramulária a esta cultura. Programas de melhoramento visando resistência podem ser implementados como melhor forma, a longo prazo, de resolver este problema. Além de resistência às doenças, o desempenho quanto ao rendimento e qualidade da fibra também são importantes. Para o sucesso na obtenção de linhagens superiores quanto a estas características a escolha dos genitores é primordial. Sendo assim, este trabalho teve como objetivo avaliar o comportamento e estimar a divergência genética, além de quantificar os danos pela mancha de ramulária em genótipos de algodoeiro. Para avaliar o comportamento e estimar a divergência foram realizados dois experimentos, um em condições de safra, semeado no dia 15 de dezembro de 2012 e outro em condições de safrinha semeado em no dia 15 de janeiro de 2013. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, sendo cinco blocos e 18 genótipos como tratamentos. Foram avaliadas as características, altura de planta, altura de primeiro ramo, posição do primeiro ramo frutífero, altura do primeiro ramo frutífero, comprimento entre nós, número de nós, número médio de capulhos por planta, peso médio por capulho, peso de cem sementes no terço médio, porcentagem de fibra, produção média por planta, produtividade, comprimento de fibra, índice de uniformidade, índice de resistência, alongamento, micronaire, grau de reflexão, grau de amarelecimento, maturidade, índice de fibras curtas, índice de fiabilidade^{CSP} e área abaixo da curva de progresso da severidade (AACPS) da mancha de ramulária. Foi realizada a análise de variância individual e conjunta das características avaliadas e foi estimada a divergência genética por meio de procedimentos multivariados como a distância generalizada de Mahalanobis e o método de agrupamento de otimização de Tocher. Para estimar a divergência genética considerando as duas safras, as

matrizes de dissimilaridade baseada na distância generalizada de Mahalanobis foram somadas e, posteriormente, submetidas aos testes de agrupamento. Para avaliar os danos causados pela mancha de ramulária, foram utilizadas quatro cultivares com diferentes níveis de resistência. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com arranjo fatorial de quatro cultivares x quatro gradientes. Os gradientes de doença em cada cultivar foram gerados por meio de aplicações em intervalos de 15 dias para o gradiente 1, de 30 dias para o gradiente 2, de 45 dias para o gradiente 3 e nenhuma aplicação para o gradiente 4. Foram utilizadas as cultivares FiberMax 993, FMT 701, FMT 707 RX e IAC 25 RMD. A severidade da doença foi avaliada semanalmente e utilizada para o cálculo da AACPS. Além da AACPS foram obtidas as variáveis referentes aos componentes de produção: produtividade, dano em Kg ha^{-1} , porcentagem de dano a produtividade, número médio de capulhos por planta, peso de cem sementes e porcentagem de fibra, e os componentes referentes às características da fibra: comprimento, índice de uniformidade, índice de resistência, alongamento, micronaire, grau de amarelecimento, maturidade, índice de fibras curtas e índice de fiabilidade^{CSP}. Foram realizadas análises de variância e os dados foram ajustados pelo modelo linear integral de dano. Houve variabilidade genética entre os genótipos testados tanto em safra como em safrinha. Os genótipos se comportaram diferentemente quanto à resistência a mancha de ramulária. As características que mais contribuíram para a divergência foram a produção por planta na safra e porcentagem de fibra na safrinha. Com os resultados deste trabalho sugere-se cruzamentos entre os genótipos BRS 335 e FMT 707, FM 910 e FMT 707, IMA 08-12427 e FMT 707. A variável AACPS apresentou alta relação com o dano em quilogramas por hectare e porcentagem de dano a produtividade. As estimativas alcançaram níveis de até 975,42 quilogramas por hectare ou 36, 83% de danos à produtividade. Quanto às características de fibra, a AACPS da mancha de ramulária interferiu negativamente apenas no índice de resistência.

Palavras Chave: Distância generalizada de Mahalanobis, *Ramularia areola* e modelo linear integral.

ABSTRACT

GILIO, THIAGO ALEXANDER SANTANA, Agronomist Engineer, M.Sc., Mato Grosso State University; February 2014; Genetic divergence in cotton genotypes and quantification of damage caused by *Ramularia*, Adviser Professor: Dejánia Vieira de Araújo.

Brazil is among the largest cotton producers in the world. Among the main producing regions, the Midwest has the higher participation. However, diseases occurrences can decrease its competitiveness. Among these diseases is the *Ramularia*. To make the best control choice, either varietal or through fungicides integration mode, it is required the knowledge of the *Ramularia* damage in this culture. So that, resistance breeding programs can be better conducted, aiming at long term to solve this problem. In addition to diseases resistance, the cotton performance in terms of yield and fiber quality is also important. To succeed in obtaining superior lineages on these characteristics, it is essential the right parent choice. So that, this work aimed to evaluate the behavior, estimate the genetic divergence and quantify the *Ramularia* damages in cotton genotypes. To evaluate the behavior and estimate the divergence it was conducted two experiments, one in normal crop conditions, sown at December 15, 2012 and other in late crop conditions, sown at January 15, 2013. It was used a randomized blocks experimental design, with five blocks and 18 genotypes as treatment. It was evaluated the characteristics: plant height, first branch height, first fruitful branch position, first fruitful branch height, length between nodes, number of nodes, number of bolls per plant, average weight per boll, weight of one hundred seeds from the middle third, fiber percentage, average production per plant, yield, fiber length, uniformity index, resistance index, elongation, micronaire, reflection degree, yellowing degree, maturity, short fiber index, fiability^{CSP} index and area under the severity progress curve (AACPS) of the *Ramularia*. It was performed individual and joint variance analysis to evaluated the characteristics and estimated the genetic divergence through multivariate procedures such as the Mahalanobis generalized distance and the Tocher optimization grouping method. To estimate the genetic divergence for the two crops, the dissimilarity matrices based on the Mahalanobis generalized distance were added and subjected to the grouping tests. To evaluate the damage caused by *Ramularia* it was used four cultivars with different resistance levels. It was used a randomized blocks experimental design in a factorial scheme of

four cultivars x four disease gradients. The disease gradients in each cultivar were generated through applications with 15 days intervals for the gradient 1, 30 days for the 2, 45 days for the 3 and no application for the gradient 4. It was used the cultivars FiberMax 993, FMT 701, FMT 707 RX and IAC 25 RMD. The disease severity was assessed weekly and used for AACPS calculation. In addition to the AACPS it was obtained the variables related to the production components: productivity, damage in Kg ha^{-1} , percentage of yield loss, average number of bolls per plant, weight of hundred seeds, fiber percentage and components related to fiber characteristics: length, uniformity index, resistance index, elongation, micronaire, yellowing degree, maturity, short fiber index and fiability^{CSP} index. Analyzes of variance were performed and the data were adjusted by the linear integral damage model. There was genetic variability among the genotypes tested both in the normal and late crops. The genotypes behaved differently regarding resistance to *Ramularia*. The characteristics that most contributed to the divergence were: production per plant in the normal crop and fiber percentage in the late crop. Based on the results of this work it is suggested crossings between genotypes BRS 335 and FMT 707, FM 910 and FMT 707, IMA 08-12427 and FMT 707. The AACPS variable presented high correlation with the damage in kilograms per hectare and the percentage of yield loss. The estimates reached levels of 975.42 kilograms per hectare or 36,83% of yield loss. For the fiber characteristics, the *Ramularia* AACPS reflected negatively only for the resistance index.

Keywords: Mahalanobis generalized distance, *Ramularia areola* and integral linear model.

1. INTRODUÇÃO GERAL

O algodão é produzido em mais de 80 países tropicais e temperados, sendo os principais produtores de algodão em pluma em 2011, a China (6,58 milhões de toneladas), a Índia (5,98 milhões de toneladas), os Estados Unidos (3,41 milhões de toneladas), o Paquistão (2,31 milhões de toneladas), o Brasil (1,67 milhões de toneladas) e o Usbequistão (0,98 milhão de toneladas) (FAO, 2013). No Brasil, a cultura do algodoeiro está inserida dentre as dez mais importantes do setor agrícola do país (IBGE 2009).

Com a expansão da cotonicultura brasileira para novas regiões, foi necessária a adoção de novos sistemas de produção. Os próprios produtores passaram a participar da comercialização direta da fibra e o surgimento de novas doenças levaram os melhoristas e fitotecnistas a buscar alternativas para manter o setor competitivo (Cia e Salgado, 1997). Dentre as doenças que ameaçam a competitividade na cultura do algodão está a mancha de ramulária (*Ramularia areola* Atk.), que atua de forma decisiva na cultura do algodoeiro, sendo considerada a principal doença, nos tempos atuais, para esta cultura (Cia e salgado, 2005).

A mancha da ramulária foi constatada pela primeira vez em 1890 no estado de Alabama, Estados Unidos (Atkinson,1890). Subseqüentemente, a doença foi constatada em vários locais que cultivavam algodão, abrangendo como hospedeiros quatro espécies cultivadas do Genêro *Gossypium*, *G. arboreum*, *G. herbaceum*, *G. hirsutum* e *G. barbadense* (Bell, 1981).

Essa doença pode ocorrer em todos os estádios de desenvolvimento da planta, promovendo desfolha precoce e lesões em ambas as faces das folhas, acarretando em redução da área fotossintetizante, sendo responsável por danos significativos na produtividade e na qualidade da fibra da cultura. As condições climáticas, favoráveis ao desenvolvimento do patógeno, são temperaturas de 12 a 32°C, sendo a faixa ideal de 25 a 30°C e umidade relativa acima de 80% (Rathaiah, 1977), condições estas frequentemente encontradas no estado de Mato Grosso.

Na ausência de cultivares com resistência satisfatória, o controle da mancha de ramulária vem sendo realizado por meio de fungicidas (Cia e Salgado, 2005), no entanto para a programação de manejo integrado e tomada de decisão para o melhoramento visando resistência a mancha de ramulária, torna-se necessário o

conhecimento do potencial de dano e as perdas econômicas ocasionadas pela doença.

Além da resistência a doenças para a obtenção de uma cultivar comercial, o melhorista tem que levar em consideração várias características econômicas como a produção, peso do capulho e da semente, porcentagem de fibra, qualidade da fibra, resistência a pragas e arquitetura da planta (Cia e Salgado, 2005; Farias et al., 2008)

Para alcançar uma constante melhoria destas características em uma população, a variabilidade entre os progenitores torna-se de grande importância, visto que esta variabilidade permite a obtenção de melhores tipos segregantes e aumenta a possibilidade de combinação de alelos favoráveis. O estudo da variabilidade genética tem por meio de análises de suma importância para a definição de populações base, auxílio na identificação de genitores adequados e caracterização de bancos de germoplasmas.

A variabilidade pode ser acessada por meio da quantificação da divergência genética, seja por meio de caracteres agronômicos, morfológicos e marcadores moleculares. No caso dos caracteres agronômicos quantitativos, essa variabilidade pode ser acessada por meio de medidas de dissimilaridade como a distância euclidiana e a distância generalizada de Mahalanobis (Cruz e Carneiro, 2003; Cruz et al., 2012).

Há uma preferência pela distância generalizada de Mahalanobis, pois esse método leva em consideração as variâncias e covariâncias residuais existentes entre as características avaliadas, sendo assim, só podem ser realizadas quando o experimento se encontra sob delineamento experimental (Cruz e Carneiro 2003; Cruz et al., 2012).

O melhoramento do algodão no Brasil já foi marcado pela estreita base genética das cultivares, visto que os materiais utilizados nos cruzamentos eram descendentes exclusivamente das variedades Auburn 56 e da Tamcot SP, ambas originárias dos Estados Unidos. Somente a partir de 1995, que iniciou a inclusão nos trabalhos de seleção de novos materiais originados da Austrália (Carvalho, 2008).

A falta de diversidade genética entre os materiais utilizados no melhoramento limita a obtenção de linhagens promissoras, e quando esta falta de diversidade passa a ser entre as cultivares amplamente utilizadas, pode torná-las

vulneráveis à ocorrência de doença, até mesmo em níveis epidêmicos (Vilela-Morales e Valois, 2000; Carvalho, 2008).

Assim os objetivos deste trabalho foram: avaliar o comportamento e estimar a divergência genética em 18 genótipos de algodoeiro por meio de características agronômicas em condições de safra e safrinha e quantificar os danos à produtividade e a qualidade da fibra causada pela mancha de ramulária em genótipos resistentes e suscetíveis.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1- IMPORTÂNCIA ECONÔMICA DA CULTURA DO ALGODOEIRO

Além da fibra, que é o principal produto, o algodoeiro produz diversos subprodutos, que apresentam também grande importância econômica, destacando-se o línter, que corresponde a cerca de 10% da semente do algodão, o óleo bruto, média de 15,5% da semente, a torta, que é quase a metade da semente, além da casca e do resíduo (4,9% do total) (Beltrão et al., 2006).

A área plantada na safra de 2012/2013 foi de 894,3 mil hectares, e para a safra de 2013/2014 estima-se um aumento de 21,9% na área plantada, sendo que 61,2% da área total ocupada pelo cultivo de algodão pertence à região centro-oeste. A região centro-oeste possui a maior média de produtividade do país com 1551 quilogramas por hectare (Conab, 2014).

Hoje a produtividade da cultura do algodão no Brasil está entre as maiores do mundo, sendo superada apenas pela Austrália e Turquia, em que mais de 90% do seu algodão é produzido em áreas irrigadas (Santos et al., 2008).

A produção de algodão no Brasil era concentrada nos estados de São Paulo e Paraná, isso devido à participação da agricultura familiar, que tem sofrido grande redução. Hoje o cerrado brasileiro obtém a maior participação no cultivo de algodão, com produção em larga escala, que é uma conquista de agricultores da Região do cerrado. Além de o alto nível tecnológico e uso de elevadas quantidades de insumos para a obtenção de altas produtividades, o uso de cultivares com maior potencial produtivo, melhor arquitetura para a mecanização e com resistência a algumas doenças tem facilitado o alto desempenho produtivo (Santos et al., 2008).

Atualmente o Brasil é considerado o sétimo maior produtor têxtil do mundo, apresentando oportunidades internas de expansão com aumento de seu consumo per capita, que é de 9 quilogramas por habitante ano de fibra de algodão. Para a indústria têxtil, é importante o crescimento do consumo e do cultivo do algodão, uma vez que os gastos com transportes tornam-se menores (Beltrão et al., 2008).

2.2- ALGODÃO

O algodão é pertencente à família Malvaceae, gênero *Gossypium* do qual quatro espécies são cultivadas no mundo, *G. hirsutum* L, *G. barbadense* L, *G. arboreum* L e *G. herbaceum* L (Frexell, 1992). O gênero *Gossypium* é constituído por

mais de 50 espécies nativas de regiões áridas e semiáridas das Américas, Ásia, África e Austrália, sendo que destas 45 são diploides ($2n=26$ cromossomos) e 5 alotetraploides ($2n=52$ cromossomos).

As espécies do gênero *Gossypium*, são divididas em grupos genômicos, sendo oito diploides ($2n=26$, dos grupos; A, B, C, D, E, F, G e K) e um tetraploide ($4n=52AD$), baseado nos tamanhos dos cromossomos e pareamento de cromossomos homólogos de híbridos interespecíficos (Percival et. al., 1999; Freire, 2000), ou seja, as cinco espécies alotetraploides são anfidiplóides formadas a partir da duplicação de cromossomos em cruzamentos interespecíficos entre os genomas A e D (Wendel e Cronn, 2003).

O local de origem do gênero *Gossypium* não é conhecido, mas os centros primários de diversidade são o México (18 espécies), nordeste da África e Arábia (14 espécies) e Austrália (17 espécies) (Wendel e Albert, 1992).

Apenas quatro espécies são cultivadas comercialmente, sendo duas diploides (*G. arboreum* L. e *G. herbaceum* L.) e duas alotetraploides (*G. hirsutum* L. e *G. barbadense* L.). As demais espécies são consideradas silvestres. A espécie que domina o cultivo mundial de algodão é o *G. hirsutum*, que é responsável por mais de 90% da produção de cototeneira, espalhadas de seu local de origem, mesoamérica, por mais de 50 países nos dois hemisférios inclusive no Brasil (Freire, 2000).

O sistema de reprodutivo do *G. Hirsutum* é considerado misto, ou seja, possui até 90% de alogamia (Moresco, 1999). Em estudos realizados na região centro-oeste, a taxa de alogamia variou de 3,9% a 42,1%, sendo que neste mesmo estudo foram encontradas taxas de alogamia de até 54% (Freire, 2002). O conhecimento da taxa de cruzamento de uma espécie em cada região é importante como estratégia para se definir os métodos de melhoramento a ser utilizado.

2.3. CARACTERES AGRONÔMICOS IMPORTANTES NO MELHORAMENTO DO ALGODOEIRO

Dentre as características de importância a serem melhoradas no algodoeiro, estão as características ligadas à produtividade, à arquitetura da planta, à porcentagem de fibra e as características tecnológicas da fibra.

A produtividade é o fator de maior importância, pois é resultado de vários fatores como volume de frutificação, porcentagem de retenção de frutos, tamanho da

cápsula, e quantidade de fibra por semente, fatores estes que muitas vezes, se correlacionam negativamente (Farias et al., 2008).

A altura das plantas é um caráter de extrema importância, principalmente para as condições do cerrado, onde os genótipos selecionados devem possuir arquitetura favorável à mecanização e ao plantio adensado (Farias et al., 2006). A altura e o número de nós no eixo principal estão relacionados com o número de botões florais e o número de frutos (Mauney, 1984), sendo de maior importância à formação de muitos ramos frutíferos ao invés do crescimento destes (Beltrão et al., 2008). Beltrão et al. (1992), relacionando a produção com a posição do fruto no ramo, verificaram que 87% da produção está condicionada a frutos da primeira posição no ramo frutífero.

Outra característica muito importante é a retenção de frutos pela planta, pois a retenção e a produção estão altamente relacionadas. E as partes que mais contribuem para a produção são o terço médio e o terço inferior, em que juntos são responsáveis por 80% da produção de algodão (Soares et al., 1999).

O peso médio de um capulho corresponde ao peso de algodão em caroço contido em um único capulho. Existe grande variabilidade desta característica, valores estes que variam de quatro a sete gramas para o algodoeiro herbáceo (Farias et al., 2008).

A porcentagem de fibra é um caráter que tem muita influência na produtividade de fibra por hectare. Essa característica é também muito influenciada pelo ambiente. O posicionamento da cápsula na planta, em função da altura do ramo frutífero, bem como sua posição em relação ao caule, influencia negativamente na porcentagem de fibra, pois os capulhos do terço superior e inferior possuem menor porcentagem de fibra (Farias et al., 2006).

O peso de cem sementes é uma característica não menos importante que as outras, isso devido ao fato de sementes pequenas passarem entre as barras do descaroçador e manchar a fibra. Em programas de melhoramento geralmente descartam-se as sementes de progênes quando apresentam peso médio de cem sementes deslindadas inferior a nove gramas. Esta característica sofre influência significativa do ambiente, principalmente na formação dos frutos (Farias et al., 2008).

É importante ressaltar que a qualidade de fibra também é um dos objetivos do melhoramento do algodoeiro. Dentre os caracteres que determinam a qualidade de fibra estão comprimento, uniformidade, resistência, finura, maturidade e cor.

Estas características tornam a fibra mais adequada às indústrias têxteis, o que agrega um maior valor ao algodão produzido pelo agricultor (Farias et al., 2008).

A resistência a doenças também é uma característica de grande importância no melhoramento de plantas, visto que o uso de cultivares resistentes é a tática de controle mais desejável e eficaz por ser de baixo custo e de fácil implementação. (Cia e Salgado, 1997; Maranha et al., 2002).

2.4. A MANCHA DE RAMULÁRIA DO ALGODOEIRO

A mancha da ramulária também conhecida como ramulariose, falso oídio ou ramulária do algodoeiro é causada pelo fungo fitopatogênico *Ramularia areola* G.F. Atk., [syn.= *Ramularia gossypii* (Speg.) Cif., *Cercospora gossypii* Speg.], forma assexual ou anamófica e sexual ou telemórfica, *Mycosphaerella areola* Ehrliche F. A. Wolf (Suassuna e Coutinho, 2007). Os conídios (esporos assexuais), examinados em microscópios são incolores, compridos, de forma cilíndrica, com as extremidades arredondadas, usualmente são septados em dois podendo haver até três septos (Punitet al., 2006).

A mancha da ramulária (*Ramularia areola* Atk.) foi constada pela primeira vez em 1890 no estado de Alabama, Estados Unidos (Atkinson, 1890). Subsequentemente, a doença foi constatada por várias áreas no mundo que cultivavam algodão, abrangendo como hospedeiro todas as quatro espécies cultivadas do gênero *Gossypium*, *G. arboreum*, *G. herbaceum*, *G. Hirsutum* e *G. barbadense* (Bell, 1981). As condições climáticas favoráveis requeridas pelo patógeno são temperaturas de 12 a 32°C, sendo a faixa ideal de 25 a 30°C e umidade relativa acima de 80% (Rathaiyah, 1977). Segundo Punitet al. (2006) a doença agrava-se em umidade relativa de 90 a 91% e temperaturas de 23 a 27°C.

Os danos causados pela mancha da ramulária são em torno de 30% (Ultiamada et al., 2003), mas o potencial de dano desta doença pode ser ainda maior, como em países como a Índia em que as perdas se estendem a até 68% (Shivankar e Wangikar, 1992).

Os sintomas são frequentes nas duas faces da folha e consistem de lesões angulosas entre as nervuras, medindo de 1 a 3 mm, inicialmente de coloração branca, posteriormente amarelada e pulverulenta, característico da esporulação (Araújo, 2000). Após a esporulação do patógeno, as lesões tornam-se necróticas de coloração marrom escura, levando à diminuição da área foliar fotossintética, e

consequentemente à queda na produção (Holey et al., 1992). Em condições de alta favorabilidade ao desenvolvimento da doença, as lesões coalescem, levando a abscisão foliar. Também pode ocorrer apodrecimento das maçãs em ramos mais próximos ao solo (Iamamoto, 2007; Suassuna e Coutinho, 2007).

No Brasil os sintomas iniciais da doença normalmente coincidem com o início da fase reprodutiva da planta, entre o aparecimento do botão floral até a abertura da primeira flor. Os danos causados prolongam-se até o final do ciclo da cultura (Suassuna e Coutinho, 2007).

2.5. QUANTIFICAÇÃO DE DANOS CAUSADOS POR DOENÇAS EM PLANTAS

O dano pode ser definido como qualquer redução na qualidade ou quantidade da produção em kg ha^{-1} ou porcentagem de perda, ou seja, qualquer redução causada por um agente nocivo (Zadoks, 1985).

A estratégia geral para a quantificação de danos causados por uma doença envolve a instalação de experimentos com o chamado tratamento pareado, que consiste de parcelas gêmeas, ou seja, sadias e doentes. Há uma preferência aos tratamentos múltiplos, nos quais, vários níveis de intensidade da doença compõem o mesmo experimento. O dano é calculado, então, como a diferença de produção entre parcelas com diferentes níveis de doenças e parcelas sadias, expressas em porcentagem (Bergamin Filho et al., 1995; Amorin e Bergamin Filho, 2011).

As condições de manejo experimental devem ser as mais próximas das adotadas pelos produtores, desde a escolha das cultivares disponíveis, tratos culturais e colheita (James, 1974; Bergamin Filho et al., 1995).

Os experimentos projetados para quantificar danos geram uma grande quantidade de dados, difíceis de interpretar e usar, a menos que sejam sintetizados na forma de relações quantitativas, os chamados modelos (Amorin e Bergamin Filho, 2011)

Na literatura há muitos modelos para relacionar injúria e dano ou produção, os mais conhecidos são os modelos de ponto crítico, de múltiplos pontos, de superfície de resposta, sinealógicos e integrais (Madden et al., 2007; Amorin e Bergamin Filho, 2011).

Os modelos integrais relacionam danos com alguma variável que represente a totalidade de uma epidemia como, por exemplo, a área abaixo da curva de progresso da doença. Há vários trabalhos descrevendo uso deste tipo de modelo

como o de Schneider et al. (1976), no patossistema mancha de cercóspora no feijão-vagem, Canteri (1998) no patossistema mancha angular do feijoeiro, Brito et al. (2007) no potossistema cercosporiose do milho, Hartman (1990) e Hikishima et al. (2010) no patossistema ferrugem asiática da soja.

2.6. RESISTÊNCIA DO ALGODOEIRO À MANCHA DE RAMULÁRIA

A maioria das cultivares de *G. hirsutum* é suscetível à mancha de ramulária, no entanto, foram identificados genótipos resistentes a esta doença como, as cultivares Laxmi e MCU 5 (Dake e Kannan, 1982) e BJA 592 e REBA e BTK 12 (Rathaiah, 1976).

Na Índia diversos trabalhos em *G. arboreum* foram conduzidos visando à identificação de genótipos resistentes à mancha de ramulária. Aurangabadkar et al. (1981) identificaram 12 linhagens com resistência parcial à doença. Outras 15 linhagens foram identificadas por Holey et al. (1992) como moderadamente resistentes à doença dentre estes estavam AKH 559, AKA 29, AKA 30, AKA 60 e AKA 69. Posteriormente, Holey et al. (1993) identificaram 10 linhagens com resistência à mancha de ramulária, AKA 54, AKA 81, AKA 102, AKA 125, AKA 136, AKA 137, AKA 148, AKA 8419, AKA 8430 e AKA 8433.

No Brasil, no ano agrícola de 2004/2005, 22 genótipos pertencentes ao banco de germoplasma da Embrapa Algodão, foram avaliados sobre inoculação natural do patógeno, dentre os quais três (Pima S-5, BRS sucupira e Acala SJ5) não desenvolveram sintomas da doença (Araújo et al., 2003). Posteriormente, na avaliação de 107 genótipos, dois (CX 349 e 1014) não desenvolveram a doença (Suassuna e Araújo 2003). A Embrapa Algodão selecionou genótipos com resistência, como as linhagens CNPA CO 2000-11612 e CNPA GO 2001-2984, também com resistência moderada, a cultivar BRS Buriti (Suassuna et al., 2008).

Em experimentos em Primavera do Leste, MT e Ribeirão Preto, SP, Cia et al. (2008) consideraram a cultivar FiberMax 966 como resistente apenas em Ribeirão Preto, pois em Primavera do Leste a cultivar comportou-se como suscetível. Cia et al. (2011) consideraram a cultivar FMT 705 como resistente somente em experimentos no Mato Grosso, pois nos estados de São Paulo e Goiás esta cultivar não apresentou resistência a mancha de ramulária. Fuzatto et al. (2013) consideraram a cultivar IAC 25 RMD como resistente a mancha de ramulária. Cia et al. (2013), avaliando o desempenho de genótipos em Primavera do Leste, MT e

Ituverava, SP, obtiveram resultados de resistência dos genótipos CD 05 8276 e IAC 25 RMD nas duas localidades, resistência do genótipo FMT 705 na primeira localidade citada e resistência dos genótipos FiberMax 966 e LD 98001601 somente na segunda localidade citada. Isso pode estar ligado a variabilidade fitopatogênica do patógeno *R. areola*, nas diferentes regiões produtoras de algodão do Brasil, relatado recentemente por Giroto et al. (2013).

Há na literatura poucos trabalhos sobre a herança da resistência dos genótipos já identificados como resistentes. Novaes et al. (2011) estudando a herança da resistência a mancha de ramulária da linhagem FMT 02102996 constatou que a resistência é governada por um gene dominante.

2.7. DIVERGÊNCIA GENÉTICA NO MELHORAMENTO DE PLANTAS

Estudos sobre a divergência genética entre indivíduos ou populações em espécies vegetais têm sido de grande importância em programas de melhoramento envolvendo hibridações, por favorecerem parâmetros para a identificação de genitores que possibilitam maior efeito heterótico na progênie e uma maior probabilidade de obter genótipos superiores em gerações segregantes (Vidigal et al., 1997).

Na predição da divergência genética, vários métodos multivariados podem ser aplicados, entre estes métodos estão a análise de componentes principais, variáveis canônicas e os métodos aglomerativos. Os métodos aglomerativos diferem dos demais por dependerem de medidas de dissimilaridade estimadas previamente como a distância euclidiana ou a generalizada de Mahalanobis, entre outras (Cruz et al., 2012).

A quantificação da dissimilaridade genética é um dos parâmetros estimados mais importantes para o melhoramento, pois quanto maior a dissimilaridade entre os genitores, maior a variabilidade resultante na população segregante, e assim há uma maior probabilidade de reagrupar os alelos favoráveis por meio de novas combinações (Benin et al., 2003; Barbieri et al., 2005).

Há uma preferência na quantificação da dissimilaridade pela distância generalizada de Mahalanobis, porém esta só é possível de ser estimada quando se dispõe da matriz de covariâncias residuais estimadas a partir de ensaios experimentais com repetições, permitindo assim, a quantificação da divergência entre cada par de tratamento (Cruz e Regazzi, 1997).

A análise de agrupamento tem por finalidade reunir, por algum critério de classificação, os progenitores em vários grupos de tal forma que exista homogeneidade dentro dos grupos e heterogeneidade entre grupos. As técnicas de análise de agrupamento têm também por objetivo dividir um grupo original de observações em vários grupos segundo algum critério de similaridade ou dissimilaridade (Cruz et al., 2012).

Dentre os métodos de agrupamento mais comumente utilizados no melhoramento de plantas, citam-se os hierárquicos e os de otimização. Os métodos hierárquicos agrupam os genitores por meio de um processo que se repete em vários níveis até que seja construído o dendograma, que ilustra a relação entre estes genitores (Cruz et al., 2004). As delimitações podem ser estabelecidas por meio de um exame visual do dendograma, em que se avaliam os pontos de alta mudança de nível, tornando-os em geral como delimitadores do número de progenitores para um determinado grupo (Cruz et al., 2012).

Um dos métodos de otimização mais empregado no melhoramento de plantas é o método de otimização de Tocher. Neste método adota-se o critério de que a média das medidas de dissimilaridade dentro de cada grupo deve ser menor que as distâncias médias entre os grupos, nos quais são identificados os genitores mais similares, que formarão o grupo inicial e passa a ser avaliada a possibilidade de inclusão de outros progenitores (Cruz et al., 2004; Cruz et al., 2012). Cargneluti Filho et al. (2008) estudando métodos de agrupamento, verificaram que o método de otimização de Tocher e os métodos hierárquicos com base na distância generalizada de Mahalanobis, formaram grupos concordantes, coerentes e similares.

Algumas metodologias de interação de dados de diferentes naturezas foram propostas para a análise da divergência genética, como a transformação de dados e a soma de matrizes de dissimilaridade (Martins et al., 2011).

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMORIN L.; BERGAMIN FILHO A. Fenologia, patometria e quantificação de danos. In: AMORIN L.; REZENDE J. A. M.; BERGAMIN FILHO A. (Ed) **Manual de Fitopatologia**. 4nd ed. Piracicaba: Agronômica Ceres, 2011. 704p.
- ARAÚJO, A.E. Doenças da cultura do algodoeiro no cerrado. In: Congresso Internacional do Algodão/V Seminário Estadual do Algodão. **Anais**. Cuiabá, 2000. p. 189-195.
- ATKINSON, G.F. A new ramulária on cotton. **Botanical Gazette**, 15:166-168. 1890.
- AURANGABADKAR, J.H.; SHUKLA, V.N. ; WANGIKAR, P.D. Reaction of some cotton varieties against grey mildew caused by *Ramularia areola*. **Indian Phytopathology**, 34:2:244, 1981.
- BARBIERI, R. L.; LEITE, D. L.; CHOER, E.; SINIGAGLIA, C. Divergência genética entre populações de cebola com base em marcadores morfológicos. **Ciência Rural**, Santa Maria, 35:2:303-308, 2005.
- BELL, A.A. Areolatemildew pp.32-35. In: **Compendium of Cotton Diseases** (Ed. G.M. Watkins), American Phytopathological Society, St. Paul, Minnesota, United states. 1981.p. 87
- BELTRÃO, N.E.M.; AZEVEDO, D.M.P.. **Defasagem entre as produtividades real e potencial do algodoeiro herbáceo**: limitações morfológicas, fisiológicas e ambientais. Campina Grande: Embrapa-CNPQ, Documento, 39. 1993. 108p.
- BELTRÃO, N. E. M.; AZEVEDO, D.M.P.; CARDOSO, G. D.; VALE, L. S.; ALBUQUERQUE, W. G. Ecofisiologia do algodão. In: BELTRÃO, N. E. M.; AZEVEDO, D. M. P. (Ed) **O agronegócio do algodão no Brasil**. 2nd Ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica. 2008, p.413-430.
- BENIN, G.; CARVALHO, F. I. F.; OLIVEIRA, A. C.; MARCHIORO, V. S.; LORENCETTI, C.; KUREK, A. J.; SILVA, J. A. G.; CRUZ, P. J.; HARTWIG, I.; SCHMIDT, D. A. M. Comparações entre medidas de dissimilaridade e estatísticas multivariada como critérios no direcionamento de hibridações em aveia. **Ciência Rural**, Santa Maria, 33:4:657-662, 2003.
- BRITO, A. H.; VON PINHO, R. G.; POZZA, E.A.; PEREIRA, J.L.A.R.; FARIA FILHO, E.M. Efeito da cercosporiose no rendimento de híbridos comerciais de milho. **Fitopatologia Brasileira**, 32:472-479, 2007.

CANTERI M. G. (1998). **Uso de medidas da área foliar sadia e refletância no manejo da mancha angular do feijoeiro**. Tese de Doutorado em fitopatologia. Piracicaba SP. ESALQ, Universidade de São Paulo.

CIA, E.; FUZATTO, M.G.; PIZZINATTO, M.A.; BORTOLETTO, N. Uma escala para classificação da resistência a doenças do algodoeiro. **Summa Phytopathologica**, 28: 28-32, 2002.

CIA, E.; SALGADO, C. L. Doença do algodoeiro (*Gossypium* spp.). In: KIMATI, H.; AMORIN, L.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L. E. A.; REZENDE, J. A. M. **Manual de fitopatologia**. 4nd Ed. Agronômica Ceres; Piracicaba. 1997. p.40-55.

CIA, E.; FUZATTO, M. G.; KONDO, J. I.; OHL, A. G.; GALBIERI, R. Reação de genótipos de algodoeiro à mancha de ramulária em diferentes épocas e ambientes. **Summa Phytopathologica**, 39:193-197, 2013.

CIA, E.; GALBIERI, R.; FUZATTO, M.G.; KONDO, J.I.; OLIVEIRA, A.B. Indicativo de variabilidade de *Ramulariaareola* em algodoeiro no Brasil. In: XXXIII Congresso Paulista de Fitopatologia, Ituverava-SP, 2011. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 36.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético volume 1**. 4nd. ed. Viçosa: UFV. 2012. p. 392-419.

CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, 2003. 585 p.

CURVÊLO, C. R. da S.; RODRIGUES, P. G. B.; REZENDE, D. C. Microscopia eletrônica de varredura do processo infeccioso de *Ramularia areola* em folhas de algodoeiro. Viçosa, **Tropical Plant Pathology**, 35:2, 2010.

DAKE, G.N.; KANNAN, A. Reaction of cotton species and varieties to *Ramularia areola*. **Indian Phytopathology**,35:1: 156-158, 1982.

EHRlich, J.; WOLF, F.A. Areolate mildew of cotton. **Phytopathology**, 22: 229-240, 1932.

ENDRIZZI, J. E.; TURCOTTE E. L.; KOHEL, R. J. Genetics, cytology, and evolution of *Gossypium*. **Advences Genetics**, 23:271–375,1985.

FAO. **Faostat database gateway**. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/567/default.aspx#ancor>> Acesso em: 21, junho, 2012.

FARIAS, F. J. C.; MORELLO, C. L.;FREIRE, E. C. Produtividade registrou ótimos ganhos na última década. **Visão Agrícola**, 6: 26-29, 2006.

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

FREIRE, E. C. Distribuição, coleta uso e preservação das espécies silvestres de algodão no Brasil. **Campina Grande**: Embrapa Algodão, 2000.p.22

FREIRE, E. C. Fluxo gênico entre algodoeiros convencionais e Transgênicos. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v.6, n.1, p.471-482, 2002

FUZATTO M. G ; CIA E.; LÜDES R. R.; GALBIERI R. Metodologia para estimativa de perdas devidas a doenças em experimentos com genótipos de algodoeiro. **6º Congresso Brasileiro de Algodão**, Búzios, RJ. 2007.p. 5.

FRYXELL, P. A.; CRAVEN, L. A.; STEWART, J. M. A revision of *Gossypium* Sect. Grandicalyx (Malvaceae), including the description of six new species. *Systematic Botany*, 17:1:91-114, 1992.

GALBIERI R.; FUZATTO M. G.; CIA E.; WELTER A. M.; FANAN S. Desempenho de genótipos de algodoeiro na presença ou não de rotação de cultura com *Crotalaria spectabilis*, em área infestada com *Meloidogyne incognita*. **Tropical Plant Pathology**, 36:5:303-307, 2011.

GIROTTI, L.; MARANGONI, M. S.; MATOS, J. N.; GALBIERI, R.; ALMEIDA, W. P.; MEHTA, Y. R. Identification of phenotypic and genotypic variability among the isolates of *Ramularia areola* of Brazilian Cotton. **American Journal of Plant Sciences**, 4: 1893-1898, 2013.

GLIENKE-BLANCO, C.; AGUILAR-VILDOSO, C. I.; VIEIRA, M. L. C.; BARROSO, P. A. V.; AZEVEDO, J. L. The Genetic variability in the endophytic fungus *Guignardia citricarpa* isolated from citrus plants. **Genetics and Molecular Biology**, 25:2: 251-255, 2002.

GOMES, A. M. A.; MICHEREFF, S. J.; MARIANO, R. L. R. Elaboração e validação de escala diagramática para cercosporiose da alface. **Summa Phytopathologica**, 30:1: 38-42, 2004.

GRIDI-PAPP, I. L.; CIA, E.; FUZATTO, M. G.; CHIAVEGATO, E. J.; DUDIENAS, C.; PIZZINATTO, M. A.; SABINO, J. C.; CAMARGO, A. P.; CAMPANA, M.P. Melhoramento do algodoeiro para resistência múltipla a doenças e broca-da-raiz em condições de campo. **Bragantia**, 53: 1: 33-45, 1994.

HARTMAN G. L.; WANG T. C.; TSCHANZ A. T. Soybean rust development and quantitative relationship between rust severity and soybean yield. **Plant Disease**, 75:596-600, 1991.

HIKISHIMA, M.; CANTERI, M. C.; GODOY C. V.; KOGA, L. J.; DA SILVA, A. J. Quantificação de danos e relações entre severidade, medidas de refletância e produtividade no patossistema ferrugem asiática da soja. **Tropical Plant Pathology**. 35:2:096-103, 2010.

HOLEY, N.R.; SATPUTE, G.N.; GHODERAO, B.N.; PESHNEY, N.L. Evaluation of diploid cottons (*Gossypium* species) for resistance to grey mildew disease caused by *Ramularia gossypii*. **Indian Journal of Agricultural Science**, 62:4: 293-294, 1992.

HOLEY, N.R.; GHODERAO, B.N.; KORDE, S.R. Field resistance of cotton to grey mildew *Ramularia gossypii*. **Journal of Cotton Research and Development**, 7:1: 164-165, 1993.

IQBAL, M.J.; REDDY, O.U.K.; EL-ZIK, K.M.; PEPPER, A.E. A genetic bottleneck in the 'evolution under domestication' of upland cotton *Gossypium hirsutum* L. examined using DNA finger printing. **Theoretical and Applied Genetics**, 103: 547-554, 2001.

JAMES, W. C.; TENG, P. S. The quantification of production constraints associated with plant diseases. **Applied Biology** 4:201-267, 1979.

MARANHA, F. G. C. B.; RAMALHO, M. A. P.; FARIAS, F. J. C. Estratégias de análise da reação de cultivares de algodoeiro a patógenos. **Revista Brasileira de Oleaginosas e fibrosas**, 6:2: 565-575. 2002.

MARTINS, M.C.; GUERZONI, R.A.; CÂMARA, G.M.S.; MATTIAZZI, P.; LORENÇO, S.A.; AMORIM, L. Escala diagramática para quantificação do complexo de doenças foliares de final de ciclo em soja. **Fitopatologia Brasileira**, 29:2: 179-184, 2004.

MARTINS, F. A.; CARNEIRO, P. C. S.; DA SILVA, D. J. H.; CRUZ, C. D., CARNEIRO, J. E. S. Integração de dados em estudos de diversidade genética de tomateiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 46: 11: 1496-1502, 2011.

MADDEN, L.V.; HUGHES, G.; VAN DEN BOSH, F. **The Study of Plant Disease Epidemics**. APS Press, St. Paul, MN, USA, 2007, 342p.

MCDONALD, B. A. The population genetics of fungi: tools and techniques. **Phytopathology**, 87:448-453, 1997.

MENEZES, I. P. P.; HOFFMANN, L. V.; ALVES, M. F.; MORELLO C. L.; BARROSO, P. A. V. Distância genética entre linhagens avançadas de germoplasma de algodão

com uso de marcadores de RAPD e microssatélites. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 43:10:1339-1347, 2008.

MORELLO, C. L.; FREIRE, E. C. Estratégias para o melhoramento genético do algodoeiro no Brasil. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO**, 2005.

MORESCO, E.R. **Taxa de cruzamento natural do algodoeiro herbáceo no Estado do Mato Grosso**. Piracicaba: ESALQ/USP, 1999. 71p. Dissertação de Mestrado.

NOVAES, G. T.; ALMEIDA, W. P.; SCHUSTER, I.; MEHTA, Y. R. Herança de resistência do algodoeiro a *Ramularia areola*. **Summa Phytopathologica**, 37:2:150-152, 2011.

PERCIVAL, A. E.; WENDEL, J. F.; STEWART, J. M. Taxonomy and germoplasma resources. In: SMITH, C. W.; COTHREN, J. T. **Cotton: origin, history, technology and production**. 1999, p. 33-63.

PUNIT M.; MUKEWAR, P. M.; SINGH, V. V.; SINGH, P.; KHADI, B. M.; AMUDHA, J.; DESHPANDE; V. G. Identification of sources of Resistance to grey mildew disease (*Ramularia areola*) in diploid Cotton (*Gossypium arboreum*). 2006.

RATHAIAH, Y. Spore germination and mode of cotton infection by *Ramularia areola*. **Phytopathology**, 67:351-357, 1977.

SANTOS, R. F.; KOURI, J.; SANTOS, J. W. O agronegócio do algodão – crise e recuperação no mercado brasileiro da matéria-prima agrícola. In: BELTRÃO, N. E. M.; AZEVEDO, D. M. P. (Ed) **O agronegócio do algodão no Brasil**. 2nd Ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica. 2008, p.413-430.

SCHNEIDER R. W.; WILLIAMS , R. J.; SINCLAIR, J. B. Cercospora leaf spot of cowpea: models for estimating yield loss. **Phytopatology**.v 66: p. 384-388, 1976.

SILVERTOOTH, J. C.; EDMISTEN, K. L.; MCCARTY, W. H. Production practices. In SMITH C. W.; COTHREN, J. C. **Cotton: origin, history, tecnologia and production**. New York. 1999. p.451-458.

SHANER, G., FINNEY, R.E. The effect of nitrogen fertilization on the expression of slow mildewing resistance in knox wheat. **Phytopathology**, 67: 1051-1056, 1977.

SHIVANKAR, S. K.; WANGIKAR, P. D. Estimation of crop losses due to grey mildew disease of cotton caused by *Ramularia areola*. **Indian phytopathology**, 45:1:74-76,.1992.

IAMAMOTO, M. M. **Doença foliares do algodoeiro**. 1nd ed. Jaboticabal, SP. 2003. p.41.

- SOARES, J. J.; LARA, F. M.; SILVA, C. A. D.; ALMEIDA, R. P.; WANDERLEY, D. S. Influência da posição do fruto na planta sobre a produção do algodoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 34: 5, 1999.
- SOMODI, G. C.; JONES, J. B.; SCOTT, J.W. Populations of *Xanthomonas campestris* pv. *Vesicatoria* in lesions of susceptible and resistant tomato genotypes. **Plant Disease**.75:357-360, 1991.
- SUASSUNA, N. D.; COUTINHO, W. M. Manejo das principais doenças do algodoeiro no cerrado brasileiro. In: FREIRE, E. C. (Ed.). **Algodão no cerrado do Brasil**. Brasília. 2007. p. 479-521.
- UTIAMADA, C. M., LOPES, J. C., SATO, L. N., ROIM, F. L. B., KAJIHARA, L. OCCHIENA, E. M. Controle químico da ramulária (*Ramularia areola*) e ferrugem (*Phakospora gossypii*) na cultura do algodoeiro In: **IV CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO**, Goiânia GO, 2003.
- VIDIGAL, M.C.G.; VIDIGAL FILHO, P.S.; AMARAL JÚNIOR, A.T.; BRACCINI, A. L. E. Divergência genética entre cultivares de mandioca por meio de estatística multivariada. **Bragantia**, 56: 263-271, 1997.
- WENDEL, J. F.; ALBERT V. A. Phylogenetics of the cotton genus (*Gossypium*): Character-State Weighted Parsimony Analysis of chloroplast DNA restriction site data and its systematic and biogeographic implications. **Systematic Botany**. 17: 115-143. 1992.
- WENDEL, J. F.; CRONN R. C. Polyploidy and the evolutionary history of cotton. **Advances in Agronomy**, 78.2003.

4. CAPÍTULOS

4.1. DIVERGÊNCIA GENÉTICA EM GENÓTIPOS DE ALGODÃO BASEADO EM CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS E RESISTÊNCIA A MANCHA DE RAMULÁRIA EM CONDIÇÕES DE SAFRA E SAFRINHA

4.1.1 RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar o comportamento e estimar a divergência genética entre 18 genótipos de cinco diferentes detentores/obtentores, com base em características agronômicas e de resistência à mancha de ramulária. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso em duas épocas de plantio, sendo em safra (dezembro de 2012) e safrinha (janeiro de 2013). As características avaliadas foram: altura da planta, altura de primeiro ramo, posição de primeiro ramo frutífero, altura do primeiro ramo frutífero em centímetros, comprimento entre nós, número de nós, número médio de capulhos por planta, peso médio por capulho, área abaixo da curva de progresso da severidade da mancha de ramulária (AACPS), peso de cem sementes no terço médio, porcentagem de fibra, produção média por planta, produtividade, comprimento de fibra, índice de uniformidade, índice de resistência, alongamento, micronaire, grau de reflexão, grau de amarelecimento, maturidade, índice de fibras curtas e índice de fiabilidade. Foi realizada a análise de variância individual e conjunta das características avaliadas e estimada a divergência genética com base nos procedimentos multivariados de distância generalizada de Mahalanobis e o método de agrupamento de otimização de Tocher. Para estimar a divergência genética considerando as duas safras, as matrizes de dissimilaridade baseadas na distância generalizada de Mahalanobis foram somadas e, posteriormente, submetidas aos testes de agrupamento. Houve variabilidade genética entre os genótipos testados, tanto em condições de safra como de safrinha. Os genótipos se comportaram diferentemente quanto à resistência a mancha de ramulária quantificada pela AACPS. As características que mais contribuíram para a divergência genética foram a produção por planta na safra e a porcentagem de fibra na safrinha. Com os resultados deste trabalho sugere-se cruzamentos entre os genótipos BRS 335 e FMT 707, FM 910 e FMT 707, IMA 08-12427 e FMT 707, para

a obtenção de novas cultivares superiores em produção e resistentes a mancha de ramulária.

Palavras chave: Distância generalizada de Mahalanobis, Soma de matrizes e otimização de Tocher.

ABSTRACT

GENETIC DIVERGENCE IN COTTON GENOTYPES BASED ON AGRONOMICAL AND RAMULARIA RESISTANCE CHARACTERISTICS IN NORMAL AND LATE CROP CONDITIONS.

The aim of this work was to evaluate the behavior and estimate the genetic divergence among 18 genotypes from five different owners/breeders, based on agronomic and Ramularia resistance characteristics. It was used a randomized blocks experimental design in both planting dates, normal crop (December 2012) and late crop (January 2013). The evaluated characteristics were: plant height, first branch height, first fruitful branch position, first fruitful branch height in centimeters, internode length, number of nodes, average number of bolls per plant, average weight per boll, area under the Ramularia severity progress curve (AACPS), weight of one hundred seeds from the middle third, fiber percentage, average production per plant, yield, fiber length, uniformity index, resistance index, elongation, micronaire, reflection degree, yellowing degree, maturity, short fiber index and fiability^{CSP} index. It was performed individual and joint variance analysis for the evaluated characteristics and estimated the genetic divergence based on Mahalanobis multivariate procedures of generalized distance and the of Tocher optimization grouping method. To estimate the genetic divergence considering both crops, the dissimilarity matrices based on Mahalanobis generalized distance were added and subjected to grouping tests. There was genetic variability among the genotypes tested in both normal and late crop conditions. The genotypes behaved differently for Ramularia resistance quantified by the AACPS. The characteristics that most contributed to the divergence were: production per plant in the normal crop and fiber percentage in the late crop. Based on the results of this work it is suggested crossings between genotypes BRS

335 and FMT 707, FM 910 and FMT 707, IMA 08-12427 and FMT 707 to obtained new cultivars with superior production and resistant to Ramularia .

Keywords: Mahalanobis generalized distance, matrices sum and Tocher optimization.

4.1.2 INTRODUÇÃO

A cultura do algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.) é de grande importância econômica mundial. A China e a Índia são os maiores produtores mundiais, com produções de 17,91 e 17,26 milhões de toneladas de algodão em caroço referentes a 2011, respectivamente. O Brasil é o quinto maior produtor, com produção de 1,275 milhões de toneladas de algodão em pluma (FAO, 2012). No entanto, algumas doenças apresentam entraves ao crescimento econômico desta cultura. Dentre as doenças de importância, a mancha de ramulária é considerada a principal limitação para o aumento em produtividade do algodoeiro.

A mancha de ramulária é causada pelo fungo anamorfo *Ramularia areola* G. F. Atk., (teleomorfo *Mycosphaerella areola* Ehrlich e F. A. Wolf). O uso de cultivares resistentes vem como a melhor alternativa para o controle desta doença. Além de os cultivares apresentarem diferenças quanto ao grau de suscetibilidade ao patógeno, ocorre ainda influência da época de plantio e de práticas culturais no grau de severidade da doença (Suassuna e Coutinho, 2007). Além destas características, há outras de grande importância, como a arquitetura da planta, caracteres relacionados à produção e às características da fibra que agregam valor à pluma do algodão (Farias et al., 2008).

Para a constante melhoria destas características é necessária a escolha de genitores divergentes, pois o uso de genitores com insuficiente diversidade genética na formação de populações para hibridação reduz a variabilidade genética quanto aos caracteres quantitativos (Fehr, 1987). Sendo assim, é importante o uso de genitores com ampla diversidade genética no melhoramento genético, pois possibilita produção de melhores tipos segregantes (Maurya e Singh, 1977). No entanto, a base genética de *G. hirsutum*, que deu origem às cultivares é considerada restrita (Iqbal et al., 2001), o que pode dificultar este trabalho, tornando-se necessária cautela para que não haja um maior estreitamento genético.

Para estimar a divergência genética, diferentes técnicas de análise multivariada têm sido utilizadas, destacando-se as medidas de dissimilaridade e métodos aglomerativos (Cruz et al., 2012). Para as variáveis quantitativas essa variabilidade pode ser acessada por meio de medidas de dissimilaridade como a distância euclidiana e a distância generalizada de Mahalanobis. A distância generalizada de Mahalanobis leva em consideração as variâncias e covariâncias residuais existentes entre as características avaliadas sendo assim só pode ser

realizada quando o experimento se encontra sob delineamento experimental (Cruz e Carneiro 2003; Cruz et al., 2012).

Segundo Hallauer e Miranda Filho (1981), para a escolha de genitores, além da alta divergência genética, o desempenho “per se” dos mesmos quanto às características desejadas, nos ambientes desejados também é de grande importância para o sucesso na escolha de genitores, que possam dar origem a linhagens superiores. Sendo assim, este trabalho teve como objetivo avaliar o comportamento e estimar a divergência genética entre 18 genótipos de cinco diferentes obtentores, baseado em características agronômicas e de resistência a mancha de ramulária em condições de safra e safrinha.

4.1.3 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos no campo experimental da Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), *Campus* Universitário de Tangará da Serra-MT, localizado a 14°39'07" S e 57°26'02" W, a uma altitude de 320 m. Os valores médios anuais de temperatura são 24,4°C, precipitação média de 1.500 mm e umidade relativa do ar de 70 – 80%. As chuvas são concentradas nos meses de outubro a março, e entre abril e setembro estabelece-se a estação seca (Dallacort et al., 2011).

Os experimentos foram conduzidos em duas épocas de plantio, sendo época 1 (safra) semeado no dia 15 de dezembro de 2012 e época 2 (Safrinha) no dia 15 de janeiro de 2013. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com 18 tratamentos representados por genótipos (Tabela 1) distribuídos em cinco repetições. Entre os genótipos escolhidos estão as principais cultivares plantadas no Brasil.

Tabela 1. Genótipos de algodoeiro utilizados nos experimentos e os respectivos órgãos obtentores/detentores.

Nº	Nome	Genótipo	Obtentor/detentor
1	FIBERMAX 966LL	Cultivar	Bayer Seeds
2	FIBERMAX 975WS	Cultivar	Bayer Seeds
3	FIBERMAX 951LL	Cultivar	Bayer Seeds
4	FIBERMAX 910	Cultivar	Bayer Seeds
5	IMA 07-6035	Linhagem	Inst. Mato-grossense do Algodão
6	IMA 08-12427	Linhagem	Inst. Mato-grossense do Algodão

Continua...

Tabela 1. Cont...

Nº	Nome	Genótipo	Obtentor/detentor
7	IMA 09-474	Linhagem	Inst. Mato-grossense do Algodão
8	IMA 09-2059	Linhagem	Inst. Mato-grossense do Algodão
9	BRS 335	Cultivar	Embrapa
10	BRS 336	Cultivar	Embrapa
11	FMT 705	Cultivar	Fundação Mato Grosso
12	FMT 709	Cultivar	Fundação Mato Grosso
13	FMT 707	Cultivar	Fundação Mato Grosso
14	IAC 09-848	Linhagem	Inst. Agronômico de Campinas
15	IAC 08-2031	Linhagem	Inst. Agronômico de Campinas
16	NUOPAL	Cultivar	Delta Pine
17	NUOPAL RR	Cultivar	Delta Pine
18	DP 555 BGRR	Cultivar	Delta Pine

A parcela experimental foi constituída por uma linha de cinco metros, com densidade de sete plantas por metro. O espaçamento entre linhas foi de 0,90 m. Nas laterais dos experimentos foi inserida uma linha marginal utilizando a cultivar Nuopal.

A adubação foi realizada de acordo com o resultado da análise química e recomendação de Souza e Lobato (2004). Para o plantio foram utilizados 25 Kg ha⁻¹ de N, 100 Kg ha⁻¹ P₂O₅ e 40 Kg ha⁻¹ K₂O. A cobertura foi realizada aos 30 dias com 50 kg ha⁻¹ de N e 40 Kg ha⁻¹ de P₂O₅ e aos 50 dias com 50 kg ha⁻¹ de N. O controle de eventuais insetos-praga e plantas daninhas foi realizado de acordo com a recomendação técnica para a cultura.

A inoculação da mancha de ramulária ocorreu naturalmente e os sintomas foram observados aos 65 após o plantio, período em que se iniciaram as avaliações sendo finalizadas aos 128 dias após o plantio. A severidade da mancha de ramulária foi avaliada com o auxílio da escala diagramática proposta por Aquino et al.(2008). A escala tem nove níveis de severidade variando de 0,05% a 67,20%. Por meio dos valores da severidade foi calculada a área abaixo da curva de progresso da severidade (AACPS) (Shaner e Finney, 1977): $AACPS = \sum_{i=1}^{n-1} \left(\frac{N_i + N_{i+1}}{2} \right) (t_{i+1} - t_i)$, em que, n é o número de avaliações, N é a severidade da mancha de ramulária e $t_{i+1} - t_i$ é o intervalo entre duas avaliações.

As demais características agronômicas avaliadas foram: altura de planta (AP) – medida em centímetros da base até o ápice de seis plantas, altura do primeiro ramo (APR) – em centímetros da base até o primeiro ramo, posição do primeiro ramo frutífero (PPRF) , altura de primeiro ramo frutífero (APRF) – medida em centímetros da base até o primeiro ramo frutífero, comprimento entre nós (CEN)-

medido em centímetros, número de nós (NN) – média de seis plantas, número médio de capulhos por planta (NMCP) – obtido pela média de seis plantas, peso médio por capulho (PMC) – média obtida em gramas a partir da pesagem do total de capulhos de seis plantas, peso de cem sementes no terço médio (PCS) - obtida em gramas a partir da média de amostras de 100 sementes de seis plantas, porcentagem de fibra (%F) – obtida a partir de 20 capulhos do terço médio de seis plantas coletados e descaroçados, produção média por planta (PMP) – a média de produção por planta em gramas foi obtida a partir da produção de algodão em caroço de seis plantas e produtividade – obtido pela produção de algodão em caroço de cada parcela e transformada para quilogramas por hectare.

Também foram avaliadas as características tecnológicas da fibra, comprimento (UHM), índice de uniformidade (UI), índice de resistência (STR), alongamento (ELG), micronaire (MIC), reflexão da fibra (RD), grau de amarelecimento (+B), maturidade (MR), índice de fibras curtas (SFI) e índice de fiabilidade (CSP), obtidas por meio de análises em aparelho de HVI (High Volume Instrument).

Os dados foram submetidos a análise de variância individual e conjunta das características avaliadas e quando significativas as médias dos componentes de produção foram submetidas ao teste de Scott-Knott ao nível de probabilidade de 5%. A homogeneidade entre os ambientes (safras) foi verificada através do cálculo do F máximo conforme descrito por Cruz et al. (2012). Foi estimado o coeficiente de determinação genotípico (h^2), que foi calculado conforme descrito por Cruz et al. (2012). A divergência genética foi estimada pela distância generalizada de Mahalanobis (D^2), baseada na quantificação relativa dos caracteres para a divergência de acordo com Mahalanobis (1936). Com relação ao estabelecimento de grupos similares, foi aplicado o método hierárquico aglomerativo de otimização proposto por Tocher e o Método de ligação média entre grupo (UPGMA), cujos cálculos foram embasados na distância generalizada de Mahalanobis.

Para estimar a divergência genética baseada nas duas safras, as matrizes de dissimilaridade foram somadas, para a aplicação dos métodos aglomerativos de Tocher e UPGMA. A correlação entre as matrizes de dissimilaridade da safra, safrinha e conjunta foram obtidas considerando 10000 simulações utilizando-se a metodologia sugerida por Mantel (1967). As análises de variância bem como todas

as análises multivariadas foram realizadas utilizando-se o programa Genes (Cruz, 2006).

4.1.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na análise de variância do experimento conduzido na safra houve diferenças significativas entre as médias dos genótipos avaliados para os caracteres: altura de planta (AP), altura de primeiro ramo (APR), posição do primeiro ramo frutífero (PPRF), altura de primeiro ramo frutífero (APRF), comprimento entre nós (CEN), número de nós (NN), número médio de capulhos por planta (NMCP), peso de cem sementes (PCS), peso médio por capulho (PMC), porcentagem de fibra (%F), produção média por planta (PMP), produtividade, comprimento (UHM), alongamento (ELG) e índice de fibras curtas (CSP) (Tabela 2).

Para o experimento conduzido em condição de safrinha houve diferenças significativas entre as médias dos genótipos para as características AP, PPRF, APRF, NN, NMCP, PCS, PMC, %F, PMP, produtividade, UHM, UI, STR, MIC, RD, SFI e CSP (Tabela 2).

O coeficiente de variação das características avaliadas variou de 1,14 a 28,04% na safra e de 0,57 a 23,12% na safrinha (Tabela 2).

O coeficiente de determinação genotípico em condição de safra variou de 30,09% a 96,93% e em condições de safrinha variou de 50,0% a 97,94. O coeficiente de determinação genotípico em sua grande maioria foi maior em condições de safrinha. Sendo assim, condições de safrinha podem ser melhores para a seleção de genitores. Como exemplo, a avaliação da doença foi mais precisa na safrinha.

As únicas características que não apresentaram homogeneidade das variâncias residuais foram RD e CSP, com F máximo calculado de 7,16 e 7,98, respectivamente. O que indicou que pode se realizar a análise conjunta entre os experimentos conduzidos em safra e safrinha.

Tabela 2. Resumo da análise de variância individual, para 23 características agrônômicas em 18 genótipos em experimentos realizados em Tangará da Serra - MT, em condições de safra e de safrinha.

	Safra					Safrinha					F máx de Hartley
	Quadrado médio					Quadrado médio					
	Blocos	Genótipos	Resíduo	CV(%)	h ²	Blocos	Genótipos	Resíduo	CV	h ²	
AP	10,72	54,86**	15,47	6,07	78,00	107,36	173,74**	53,93	8,37	76,31	3,48
APR	1,45	2,1**	1,11	7,91	65,42	1,41	1,06 ^{ns}	0,80	17,27	59,99	2,37
PPRF	1,14	1,11**	0,19	5,58	85,38	0,91	1,79**	0,46	10,81	79,56	2,46
APRF	32,02	19,67**	5,91	8,07	79,90	6,96	49,70**	16,11	16,22	75,52	2,73
CEN	0,15	0,34 ^{ns}	0,79	7,22	30,09	0,37	0,74**	0,18	10,93	80,43	2,35
NN	1,78	1,76**	0,45	4,04	79,64	1,43	11,47**	1,15	5,07	90,89	2,52
NMCP	0,15	4,37**	0,18	6,06	96,04	0,15	1,90**	0,04	4,23	97,94	4,44
PMC	0,07	0,57*	0,10	7,65	85,07	0,15	1,45**	0,06	7,07	96,03	1,64
AACPS	20956,95	25367,84**	6896,50	28,04	78,63	7096,81	179544,81**	9544,95	23,12	94,95	1,66
PCS	3,12	1,00 ^{ns}	1,92	16,11	34,25	14,54	402,01**	31,18	5,45	92,80	1,38
% fibra	0,26	10,28**	0,81	2,05	92,70	0,12	9,98**	0,32	1,34	96,89	2,53
PP	0,68	72,91**	2,54	5,76	96,63	0,70	7,99**	0,74	5,09	91,52	3,43
Prod	26967,14	217169,22**	80286,80	21,09	73,01	11439,35	31190,24**	12756,51	16,03	70,97	6,29
UHM	2,01	1,65**	0,67	2,94	71,12	0,02	1,34**	0,25	1,91	84,28	2,69
UI	1,90	2,20 ^{ns}	1,34	1,39	62,15	0,29	1,52**	0,21	0,57	87,86	6,41
STR	3,07	1,69 ^{ns}	1,17	3,59	59,09	0,61	2,59**	0,77	3,15	77,08	1,51
ELG	0,01	0,04**	0,01	1,73	80,00	0,10	0,03 ^{ns}	0,03	2,91	50,00	2,69
MIC	0,03	0,16 ^{ns}	0,11	8,03	59,26	0,01	0,10**	0,03	4,95	76,92	3,29
RD	4,53	4,60 ^{ns}	4,66	3,05	49,68	1,13	1,95**	0,65	1,10	75,00	7,16
+B	0,60	0,49 ^{ns}	0,52	9,41	48,51	3,27	0,61 ^{ns}	0,48	8,31	55,96	1,09
MR	0,00	0,0001 ^{ns}	0,0001	1,14	50,00	0,0001	0,0002 ^{ns}	0,0001	1,32	66,67	1,28
SFI	2,28	2,39*	1,09	10,71	68,68	0,09	2,63**	0,49	5,74	84,29	2,24
CSP	39467,27	62010,01 ^{ns}	55167,92	9,06	52,92	3031,74	71596,28**	6908,94	3,71	91,20	7,98

¹ ** e *, significativos a 1% e 5% pelo teste de F respectivamente e ^{ns}, não significativo. ² Características agrônômicas: AP - altura de planta, APR - altura de primeiro ramo, PPRF - posição do primeiro ramo frutífero, APRF - altura de primeiro ramo frutífero, CEN - comprimento entre nós, NN - número de nós, NMCP - número médio de capulhos por planta, PMC - peso médio por capulho, PCS - peso de cem sementes, % F - porcentagem de fibra, PMP - produção média por planta e produtividade. Características tecnológicas da fibra: UHM - comprimento, UI - índice de uniformidade, STR - índice de resistência, ELG - alongamento, MIC - micronaire, RD - reflexão da fibra, +B - grau de amarelecimento, MR - maturidade, SFI - índice de fibras curtas e CSP - índice de fiabilidade.

A interação foi significativa para maioria das características avaliadas, exceto para as características de fibra ELG, RD, +B, MR e CSP. Isso demonstrou que o comportamento dos genótipos foram diferentes de acordo com a condição de plantio (Tabela 3).

A avaliação da divergência nas duas safras, segundo o Cargnelutti Filho et al. (2008) é importante, pois reduz a possibilidade de obter informações equivocadas, isto devido à variabilidade ambiental ser considerada nestes estudos.

Hoogerheide et al. (2007) em experimentos em diferentes regiões do Mato Grosso, identificaram interação significativa entre genótipos de algodão e ambiente, indicando a não consistência no comportamento dos oitos genótipos estudados pelos autores nas diferentes localidade.

O coeficiente de variação na análise conjunta foi baixo para a maioria das características analisadas variando de 1,07% a 25,85% (Tabela 3).

Tabela 3. Resumo da análise de variância conjunta, para 23 características agrônômicas em 18 genótipos avaliadas em condições de safra (2012/2013) e safrinha (2013/2013)

	Quadrado médio				Resíduo	Médias	CV(%)
	Blocos	Genótipos	Épocas	Genótipos X Épocas			
AP	54,65	126,70**	23667,43**	101,89**	35,52	76,24	7,82
APR	0,63	1,67**	208,12**	1,52**	0,62	6,26	12,54
PPRF	0,60	0,60*	97,40**	2,30**	0,36	7,05	8,51
APRF	15,16	34,17**	1299,43**	35,20**	11,37	27,43	12,30
CEN	0,42	0,72**	0,10 ^{ns}	0,36**	0,13	3,90	9,26
NN	2,02	6,56**	874,77**	6,67**	0,82	18,95	4,77
NMCP	0,29	3,40**	225,14**	2,87**	0,11	5,86	5,58
PMC	0,21	1,13**	18,41**	0,89**	0,07	3,80	7,36
AACPS	5476,66	147771,68**	719876,10**	57140,98**	8630,91	359,41	25,85
PCS	9,56	201,38**	396713,42**	201,64**	30,05	55,56	9,86
% fibra	0,27	11,95**	120,92**	8,30**	0,56	43,34	1,72
PP	0,86	42,69**	5240,92**	38,22**	1,60	22,31	5,69
Prod	27595,65	145136,48**	18394118,68**	103222,99**	45501,35	1024,137	20,83
UHM	1,15	1,73**	126,13**	1,26**	0,47	27,04	2,54
UI	1,24	2,07**	213,57**	1,65**	0,78	82,13	1,07
STR	2,70	2,10**	220,82**	2,18**	0,97	29,07	3,40
ELG	0,06	0,03 ^{ns}	1,02**	0,04 ^{ns}	0,02	6,53	2,43
MIC	0,03	0,07 ^{ns}	7,61**	0,19**	0,07	3,96	6,76
RD	2,91	1,89 ^{ns}	257,40**	4,66 ^{ns}	4,27	72,05	2,87
+B	2,21	0,62 ^{ns}	19,12**	0,47 ^{ns}	0,53	7,98	9,12
MR	0,0009	0,0001 ^{ns}	0,018**	0,0002 ^{ns}	0,0001	0,82	1,22
SFI	2,12	2,74**	258,70**	2,28**	0,80	10,97	8,17
CSP	16132,33	55453,39 ^{ns}	5487688,48**	78152,90 ^{ns}	50902,27	2416,79	9,33

¹** e *, significativos a 1% e 5% pelo teste de F respectivamente e ^{ns}, não significativo. ² Características agrônômicas: AP - altura de planta, APR - altura de primeiro ramo, PPRF - posição do primeiro ramo frutífero, APRF - altura de primeiro ramo frutífero, CEN - comprimento entre nós, NN - número de nós, NMCP - número médio de capulhos por planta, PMC - peso médio por capulho, PCS - peso de cem sementes, % F - porcentagem de fibra, PMP - produção média por planta e produtividade. Características tecnológicas da fibra: UHM - comprimento, UI - índice de uniformidade, STR - índice de resistência, ELG - alongamento, MIC - microns, RD - reflexão da fibra, +B - grau de amarelecimento, MR - maturidade, SFI - índice de fibras curtas e CSP - índice de fiabilidade.

As variáveis relacionadas à produção estão dispostas na tabela 4. Para a produtividade foram formados dois grupos, tanto para safra como para safrinha. Os genótipos BRS 335, FM 910, FM 951, FMT 705, FMT 707, FMT 709, IMA 08-12427, IMA 09-474 foram os mais produtivos nas duas safras. As maiores porcentagens de fibra na safra foram obtidas pelos genótipos BRS 336, FMT 705 e IMA 08-12427, e na safrinha pelo genótipo FMT 709, seguido pelo BRS 336.

Os maiores pesos médios por capulho foram obtidos pelo genótipo NUOPAL RR, seguido pelo IAC 08-2031 na safrinha. Já para safra os 18 genótipos diferenciaram quanto a peso médio por capulho apenas em dois grupos, sendo que os que obtiveram os menores pesos por capulho foram os genótipos BRS 336, FM 951 LL, FM 966 LL, FMT 705, IMA 07-6035 e IMA 08-12427 (Tabela 4).

O número médio de capulhos variou de 5,87 a 9,80 capulhos por planta na safra e de 3,34 a 6,15 capulhos por planta na safrinha. O genótipo com a maior média de capulho por planta foi o IMA 08-12427 na safra e o IMA 09-2059 na safrinha (Tabela 4).

O índice de AACPS da mancha de ramulária variou de 180,02 a 448,61 na safra e os genótipos foram diferenciados em dois grupos sendo que os genótipos FM910, FM 966 LL, IMA 08-12427, NUOPAL e NUOPAL RR obtiveram os maiores índices de AACPS. Na safrinha os genótipos foram agrupados em quatro grupos, sendo que os genótipos FMT 707, FMT 705, IAC 09-848 e IMA 08-12427 foram os que apresentaram os menores índices de AACPS (Tabela 4). Assim como neste trabalho, Cia et al. (2013) identificaram o genótipo FMT 705 como resistente e o genótipo FM 966 LL como suscetível em experimento realizado em Primavera do Leste, MT, no entanto, em experimento realizado em Ribeirão Preto, SP os autores verificaram que o genótipo FM 966 LL comportou-se como resistente, diferentemente deste trabalho, onde o genótipo FM 966 LL comportou-se como suscetível. Na safra de 2003/2004, Cia et al. (2008) avaliando o comportamento de 16 genótipos de algodão quanto a resistência a doenças, também identificaram o genótipo FM 966 isolinha do FM 966 LL como resistente à mancha de ramulária em Primavera do Leste, MT e em Acreúna, PR.

Tabela 4. Características relacionadas à produção e reação à mancha de ramulária em 18 genótipos de algodoeiro, em experimentos realizados em Tangará da Serra - MT, em condições de safra (2012/2013) e safrinha (2013).

Genótipos	Produtividade		PP em gramas		NMCP		PMC		%F		AACPS	
	Safra	Safrinha	Safra	Safrinha	Safra	Safrinha	Safra	Safrinha	Safra	Safrinha	Safra	Safrinha
BRS 335	1617,1a	730,1a	23,5e	17,5a	5,9e	5,2b	4,2a	3,0f	43,5c	41,6f	283,8a	677,1d
BRS 336	1334,5b	631,0b	28,4c	14,8b	7,6c	4,6c	3,7b	3,2e	46,6a	44,9b	262,3a	265,6b
DP 555BGRR	976,49b	684,4a	27,4d	14,7b	7,0c	4,8c	4,1a	3,0f	42,2d	43,8c	278,0a	570,6c
FM 910	1606,3a	700,7a	36,4a	16,6a	8,2b	5,2b	4,4a	3,0f	44,4b	42,9d	374,7b	643,8d
FM 951LL	1535,3a	684,5a	26,0e	17,0a	7,3c	4,8c	3,6b	3,3e	44,5b	44,1c	252,2a	461,7c
FM 966LL	988,1b	773,9a	24,5e	17,8a	6,5d	5,0b	3,8b	3,5d	42,9c	42,3e	442,2b	598,3d
FM 975WS	1212,8b	626,4b	27,6d	17,3a	6,1e	5,0b	4,6a	3,3e	41,8d	41,8e	287,8a	501,1b
FMT 705	1143,7b	792,0a	22,4e	17,3a	6,1e	5,1b	3,8b	3,2e	47,1a	42,9d	180,0a	179,1a
FMT 707	1454,4a	758,3a	31,1b	17,8a	7,1c	5,2b	4,4a	3,0f	44,3b	42,7d	259,3a	118,0a
FMT 709	1499,3a	785,8a	23,7e	13,5b	6,0e	3,8e	4,2a	4,0c	44,5b	45,7a	244,7a	309,8b
IAC 08-2031	1241,9b	532,1b	29,2c	17,1a	7,3c	4,2d	4,1a	4,4b	44,0b	42,2e	244,8a	321,6b
IAC 09-848	1145,8b	635,8b	26,7d	17,4a	6,7d	4,5d	4,1a	3,9c	44,0b	42,1e	217,5a	204,5a
IMA 07-6035	1238,4b	711,5a	24,5e	17,7a	7,1c	4,6c	3,7b	3,8c	44,7b	40,9f	284,0a	552,6c
IMA 08-12427	1674,8a	810,3a	35,5a	17,2a	9,8a	4,9c	3,7b	3,3e	45,7a	40,7f	284,5a	198,7a
IMA 09-2059	1356,4b	696,3a	29,8c	18,0a	6,6d	6,1a	4,4a	2,7f	43,6c	40,7f	344,0b	630,8c
IMA 09-474	1512,9a	790,8a	25,9e	17,0a	6,6d	4,3d	4,7a	3,8c	44,7b	41,0f	291,5a	241,7b
NUOPAL	1285,5b	755,5a	29,2c	18,0a	7,3c	4,7c	4,2a	3,6d	41,8d	42,2e	448,6b	614,5d
NUOPALRR	1364,6b	580,9b	26,7d	17,6a	6,5d	3,3f	4,5a	4,7a	44,3b	43,0d	350,8b	518,3c

¹Médias com mesma letra na coluna, não diferem significativamente entre si pelo teste de Scott-Knott 5% de probabilidade. ²características agronômicas: Produtividade, PP - produção média por planta, NMCP - número médio de capulhos por planta, PMC - peso médio por capulho e % F - porcentagem de fibra.

Com relação à divergência genética, observou-se que, na safra, a maior contribuição relativa foi obtida pela característica produção por planta, seguida pela média de capulhos por planta, altura de primeiro ramo frutífero e porcentagem de fibra com 18,15, 12,71, 11,79 e 8,99%, respectivamente. Por outro lado, na safrinha as características que mais contribuíram para a divergência foram porcentagem de fibra, média de capulhos por planta, número de nós e AACPS com 17,86, 15,27, 11,15 e 10,76%, respectivamente (Tabela 5). O comportamento de cada característica foi dependente da safra em que o experimento foi conduzido, então para a seleção de algumas características, como por exemplo, a resistência à mancha de ramulária, o experimento em condição de safrinha pode ser mais eficiente para a seleção de genótipos com esta característica, já que a contribuição para a divergência da AACPS foi muito maior em condição de safrinha.

Tabela 5 - Contribuição relativa dos caracteres para divergência genética pelo método de Singh (1981), baseada na distância generalizada de Mahalanobis, em experimentos realizados em Tangará da Serra - MT, em condições de safra e safrinha.

Características	Contribuição relativa (%)	
	Safra (2012/2013)	Safrinha (2013/2013)
Altura das plantas	2,74	1,89
Altura primeiro ramo	4,37	0,62
Posição primeiro ramo frutífero	8,09	0,78
Altura primeiro ramo frutífero	11,79	4,19
Comprimento entre nós	8,71	0,26
Número de Nós	0,51	11,15
Média de capulhos na planta	12,71	15,27
Peso médio por capulho	3,02	8,76
AACPS	0,96	10,76
Peso de cem sementes	0,16	5,86
% fibra	8,98	17,86
Produção por planta	18,15	4,05
Produtividade	1,18	1,64
Comprimento da fibra	3,53	0,67
Índice de uniformidade	4,06	4,09
Índice de resistência	0,96	1,05
Alongamento da fibra	3,27	0,36
Micronaire	0,69	2,69
Reflexão da fibra	0,50	1,96

Continua..

Tabela 5. Cont...

Características	Contribuição relativa (%)	
	Safra (2012/2013)	Safrinha (2013/2013)
Grau de amarelecimento	0,59	0,99
Maturidade da fibra	1,87	0,61
Índice de fibras curtas	1,36	0,59
Índice de fiabilidade	1,79	3,87

A análise de agrupamento pelo método de otimização de Tocher proporcionou a formação de cinco grupos nas duas épocas de plantio, porém diferenciando quanto aos genótipos contidos em cada grupo. Na safra formou-se um grupo com 12 genótipos, um segundo grupo com dois genótipos e três grupos com um genótipo cada. Já na condição de safrinha foi formado um grupo com oito genótipos, um segundo grupo com seis genótipos, um terceiro grupo com dois genótipos e dois grupos formados por um genótipo cada (Tabela6).

Desta forma, baseado na análise de agrupamento pelo método de otimização de Tocher recomenda-se para obtenção de linhagens promissoras para safra cruzamentos entre os genitores FMT 707 e IMA 08-12427, por serem distantes geneticamente e apresentarem bom desempenho quanto à produtividade, resistência à mancha de ramulária e porcentagem de fibra. Em condições de safrinha recomenda-se fazer cruzamentos entre os genitores IMA 09-2059 e FMT 707, já que ambos apresentam bons desempenhos em relação à produtividade. Neste caso a IMA 09-2059, não apresenta resistência à mancha de ramulária, porém o genótipo FMT 707 poderá servir como doador desta característica.

Tabela 6. Agrupamento 18 genótipos de algodão, pelo método de Tocher, com base na distância generalizada de Mahalanobis (D2), considerando 23 características agrônômicas, em experimentos realizados em Tangará da Serra - MT, na safra (2012/2013) e safrinha (2013).

Grupos	Safra
	Genótipos
I	IAC 09-848, FMT 707, NUOPAL RR, BRS 335, IMA 07-6035, FMT 705, BRS 336, IAC 08-2031, DP 555 BG RR, IMA 09-2059, FM 975 WS e NUOPAL.
II	FM 910, IMA 08-12427 e FM 951 LL
III	FMT 709
IV	IMA 09-474
V	FM 966 LL

Continua...

Tabela 6. Cont...

Grupos	Safrinha
	Genótipos
I	BRS 335, FM 966 LL, NUOPAL, FM 910, FM 951 LL, DP 555 BG RR, RR, FMT 705 e FMT 707.
II	IMA 08-12427, IMA 09-474, IMA 07-6035, FM 975 WS, IAC 09-848 e IAC IAC 08-2051
III	BRS 336 e FTM 709
IV	NUOPAL RR
V	IMA 09-2059

Na safra, o método de UPGMA permitiu a formação de cinco grupos distintos (Figura 1), considerando o ponto de corte a 60%, contendo seis genótipos no grupo I (BRS 335, FM 966 LL, NUOPAL, FMT 707, FMT 975 WS e IMA 09-2059), seis genótipos no grupo II (FMT 705, FMT 709, DP 555 BG RR, FM 951 LL, FM 910 e BRS 366), quatro genótipos no grupo III (IMA 08-12457, NUOPAL RR, IAC 08-2031 e IAC 09-848), um genótipo no grupo IV (IMA 09-474) e um genótipo no grupo V (NUOPAL RR).

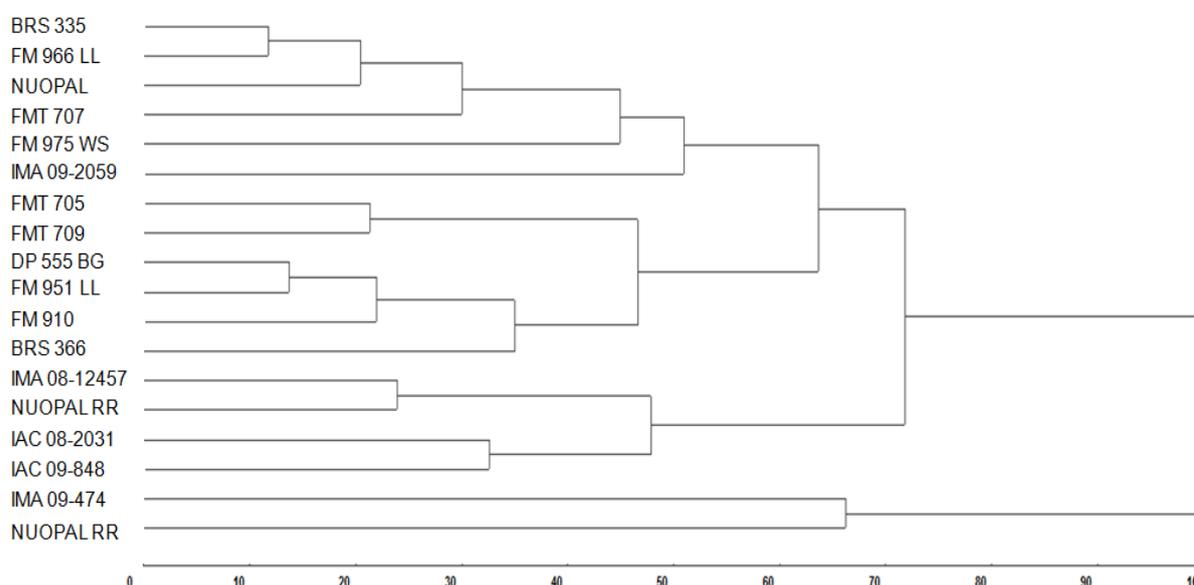


Figura 1. Dendrograma ilustrativo do padrão de dissimilaridade, estabelecido pelo método das ligações médias (UPGMA), para 18 genótipos de algodoeiro utilizando dados quantitativos obtidos em experimentos realizados em Tangará da Serra - MT, na safra (2012/2013).

Na safrinha, considerando o ponto de corte a 60%, o método de UPGMA permitiu a formação de três grupos (Figura 2), sendo o grupo I formado pela maior

parte dos genótipos, ou seja, 15 genótipos (FM 951 LL, IAC 09-848, BRS 336, IAC 09-2031, IMA 09-2059, IMA 09-474, NUOPAL RR, BRS 335, FMT 709, FMT 705, IMA 07-6035, DP 555 BG RR, FM 975 WS, NUOPAL FM 966 LL), o grupo II foi formado por dois genótipos (FM 910 e IAM 12-427) e o grupo III foi formado somente por um genótipo (FMT 707).

Krause et al.(2009) trabalhando com divergência genética e resistência a murcha de *Curtobacterium* em feijão de vagem, obtiveram sucesso utilizando o método de agrupamento UPGMA baseado na distância generarilizada de Mahalanobis para a divergência genética. Este método de agrupamento tem sido utilizado em vários trabalhos com várias culturas como o milho (Simon et al., 2012), milho pipoca (Miranda, 2013), feijão (Bareli et al., 2009), mamona (Rodrigues et al., 2008), entre várias outras, em que em todos estes trabalhos foi possível estimar a divergência genética.

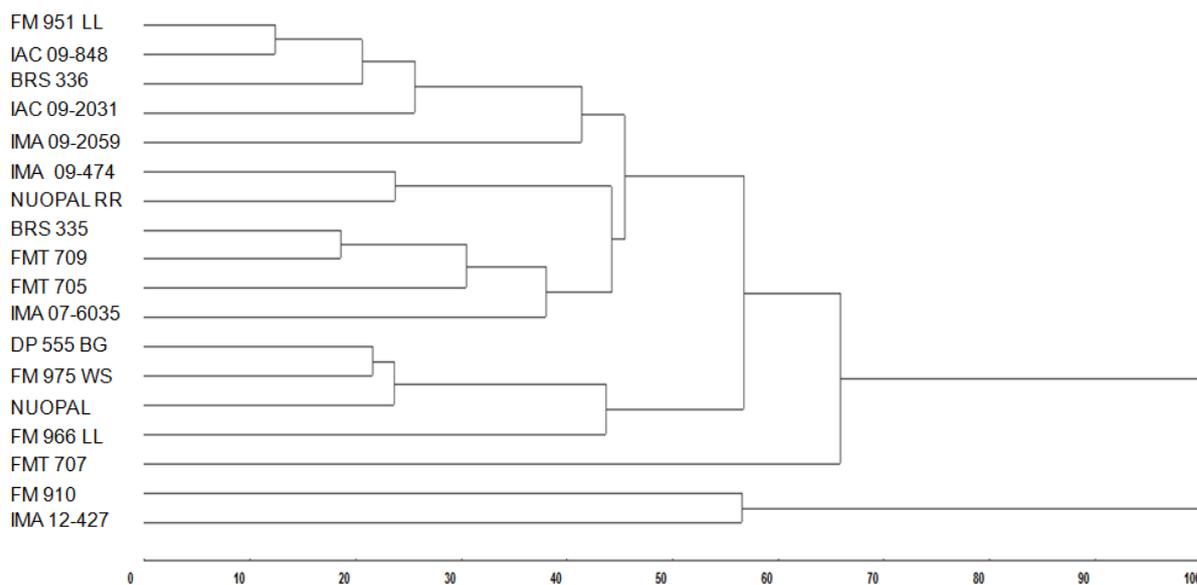


Figura 2. Dendrograma ilustrativo do padrão de dissimilaridade, estabelecido pelo método das ligações médias (UPGMA), para 18 genótipos de algodoeiro utilizando dados quantitativos obtidos em experimentos realizados em Tangará da Serra - MT, na safrinha (2013).

Os dois métodos de agrupamento de Tocher e UPGMA, mostraram-se similares para safra, safrinha e quando consideradas as duas safras, fato este evidenciado também pelos autores Suinaga et al. (2005) ao estimarem a divergência em acessos de algodão. A dissimilaridade pelo método de UPGMA associada com o

método de otimização de Tocher, confere uma maior segurança para discriminar os genótipos quanto à divergência genética (Elias et al., 2007; Zuin et al., 2009; Simon et al., 2012)

A correlação entre as matrizes de dissimilaridade de safra e safrinha não foi significativas, sendo este mais um indicativo de heterogeneidade na resposta dos genótipos entre os ambientes (safra e safrinha). Quanto à correlação entre a matriz conjunta e a Safra, e a matriz conjunta e a Safrinha, apresentou resultado significativo ($p < 0,01$) pelo teste de Mantel e similar, com amplitudes de 0,7282 e 0,7284, respectivamente (Tabela 7).

Tabela 7. Correlação entre matrizes de dissimilaridade da safra, safrinha e conjunta.

	Safra	Safrinha
Conjunta	0,7282**	0,7284**
Safrinha	0,0639 ^{ns}	-

** , Significativo 1%, pelo teste de Mantel.

Quando consideradas as duas safras pela soma das matrizes de dissimilaridade de Mahalanobis, o método de Tocher formou sete grupos, sendo os grupos I (FM 910, FM 951 LL, NUOPAL, DP 555 BG RR, BRS 335 e FM 975 WS) e II formado por cinco genótipos (IAC 09-848, IMA 07-6035, IAC 08-2031, IMA 09-474 e NUOPAL RR), os grupos III (BRS 336 e FMT 709) e IV (FMT 705 e FMT 707) formados por dois genótipos e por fim os grupos V (FM 966 LL), VI (IMA 08-12427) e VII (IMA 09-2059) formados por um genótipo cada (Tabela 8). Sendo assim, com base na divergência acessada nas duas safras, sugere-se cruzamentos entre os genótipos FM 910 ou BRS 335 e FMT 707, que não são os mais distantes geneticamente, porém apresentaram um bom desempenho em relação às características de produção, além de o genótipo FMT 707 estar entre os mais resistentes.

Tabela 8. Agrupamento de 18 genótipos de algodoeiro, pelo método de Tocher, com base na distância generalizada de Mahalanobis (D2), considerando 23 características agrônômicas, em experimentos realizados em Tangará da Serra - MT, na safra e safrinha.

Grupos	Genótipos
I	FM 910, FM 951 LL, NUOPAL, DP 555 BG RR, BRS 335 e FM 975 WS
II	IAC 09-848, IMA 07-6035, IAC 08-2031, IMA 09-474 e NUOPAL RR
III	BRS 336 e FMT 709
IV	FMT 705 e FMT 707
V	FM 966 LL
VI	IMA 08-12427
VII	IMA 09-2059

A partir do dendograma ilustrativo, pelo método de UPGMA considerando as duas safras (Figura 3), foram identificados seis grupos considerando o ponto de corte a 70%. O grupo I foi formado por seis genótipos (IAC 08-2031, NUOPAL RR, IAC 09-848, IMA 07-6035, FM 975 WS e IMA 09-474), o grupo II foi formado por quatro genótipos (FM 910, FM 951 LL, NUOPAL e IMA 09-2059), o grupo III foi formado por três genótipos (BRS 335, FM 966 LL e DP 555 BG RR), os grupos IV e V foram formados por dois genótipos cada (BRS 336, FMT 709 e FMT 705 e FMT 707, respectivamente) e o grupo VI foi formado por um único genótipo (IMA 08-12427). Tomando-se como base o dendograma ilustrativo do padrão de dissimilaridade pelo método de UPGMA, recomenda-se fazer cruzamentos entre os genótipos BRS 335 e FMT 707 ou IMA 08-12427, por serem divergentes e apresentarem bom desempenho quando às características de produção e resistência à mancha de ramulária.

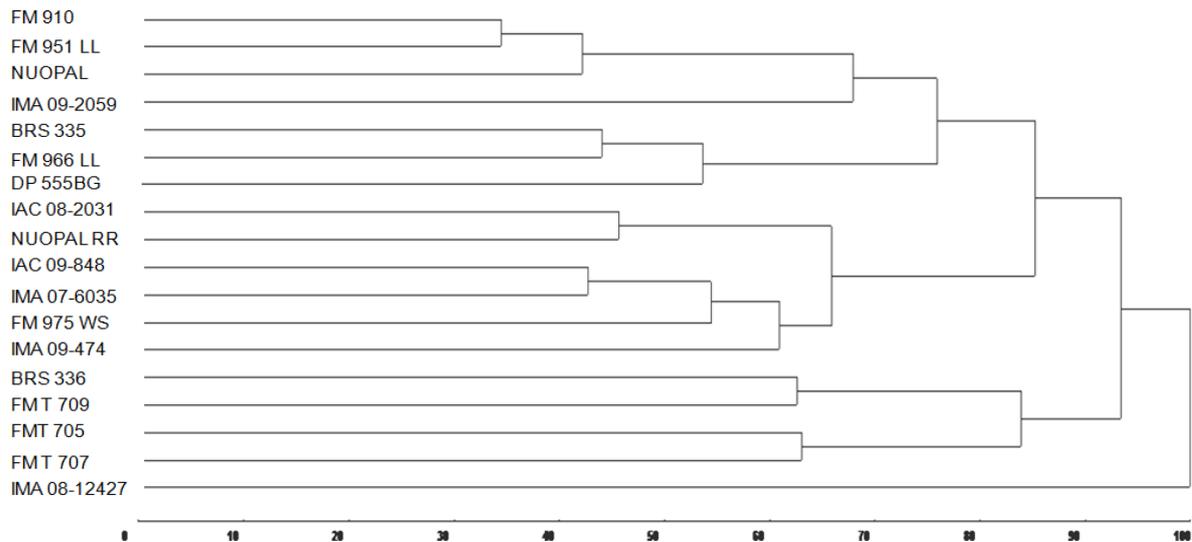


Figura 3. Dendrograma ilustrativo do padrão de dissimilaridade estabelecido pelo método das ligações médias (UPGMA), para 18 genótipos de algodoeiro utilizando dados quantitativos obtidos em safra e safrinha.

4.1.5 CONCLUSÕES

Existe variabilidade genética entre os genótipos testados tanto em condições de safra como de safrinha, o que possibilita o início de um programa de melhoramento a partir dos genótipos avaliados neste trabalho.

Tanto na safra como na safrinha, os genótipos FMT 707, FMT 705, IAC 09-848 e IMA 08-12427 se comportaram como os mais resistentes e podem ser direcionados como fontes de resistência à mancha de ramulária.

A soma de matrizes de dissimilaridade baseada na distância generalizada de Mahalanobis possibilitou acessar a divergência genética dos 18 genótipos considerando as duas safras.

4.1.6 REFERÊNCIAS

AQUINO L. A.; BERGER PG.; RODRIGUES F.A.; ZAMBOLIM L.; OGOSHI F.; MIRANDA L.M.; LÉLIS M. M. Elaboração e validação de escala diagramática para a quantificação da mancha de ramulária do algodoeiro. **Summa Phytopathologica**, 34:131-136. 2008.

BARELLI, M. A.; GONÇALVES-VIDIGAL, M. C.; VIDIGAL FILHO, P. S.; NEVES, L. G.; da SILVA, T. S. Divergência genética em cultivares tradicionais de feijão do estado de Mato Grosso do Sul. **Semina**, 30: 1061-1072, 2009.

CARGNELUTTI FILHO, A.; RIBEIRO, N. D.; REIS, R. C. P. dos; SOUZA, J. R. de; JOST, E. Comparação de métodos de agrupamento para o estudo da divergência genética em cultivares de feijão. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.38, n.8, p.2138-2145, 2008.

CRUZ, C. D. **Aplicação de algumas técnicas multivariadas no melhoramento de plantas**. 1990. 188p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura ‘Luiz de Queiroz’, Piracicaba, 1990.

CRUZ, C. D. **Programa Genes**: Biometria. Ed UFV. Viçosa, MG. 382p. 2006.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 4ª Ed. Viçosa. 2012. p. 392-419.

CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: Editora UFV, 2003. 579p.

CIA E.; FUZATTO, M. G.; KONDO, J. I.; LÜDERS, R. R.; GALBIERI R.; CARVALHO, L. H.; ITO, M. F.; RUANO, O.; DE ALMEIDA, P. P.; DE OLIVEIRA, A. B.; DA CUNHA, H. F.; CHIAVEGATO, E. J.; AGUIAR, P. H.; ROSSETTO, F.; MARTINS, A. L. M.; PETTINELLI JÚNIOR, P.; BOLONHEZI, D.; FOLTRAN, D. E.; KASAI, F. S.; BORTOLETTO, N. Reação de cultivares e linhagens de algodoeiro às principais doenças que ocorrem em regiões produtoras do Brasil. **Revista Ceres**, 55:6:518-524, 2008.

DALLACORT, R.; MARTINS, J. A.; INOUE, M. H.; FREITAS, P. S. L.; COLETTI, A. J. Distribuição das chuvas no município de Tangará da Serra, médio norte do estado do Mato Grosso, Brasil. **Acta Scientiarum, Agronomy**, 33:2, 2011.

ELIAS, H. T.; VIDIGAL, M. C. G.; GONELA, A.; VOGT, G. A. Variabilidade genética em germoplasma tradicional de feijão-preto em Santa Catarina. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 42:10:1443-1449, 2007.

FAO. **Faostat database gateway**. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/567/default.aspx#ancor>> Acesso em: 21, junho, 2012.

FEHR, W.R. **Principles of cultivars development**. New York: Macmillan Publishing Company, 1987. V. I., 536 p.

IQBAL, M.J.; REDDY, O.U.K.; EL-ZIK, K.M.; PEPPER, A.E. A genetic bottleneck in the ‘evolution under domestication’ of upland cotton *Gossypium hirsutum* L. examined using DNA finger printing. **Theoretical and Applied Genetics**, v.103, p.547-554, 2001.

MAHALANOBIS, P. C. On the generalized distance in statistics. **Proceedings of National Institute of Science of the India**, 2: 1:49-55, 1936.

KRAUSE, W.; RODRIGUES, R.; GONÇALVES, L. S. A.; NETO, F. V. B.; LEAL, N. R. Genetic divergence in snap bean based on agronomic traits and resistance to bacterial wilt. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, 9: 246-252, 2009.

MANTEL, N. The detection of disease clustering and a generalized regression approach. **Cancer Research**, 27: 2: 209-220, 1967.

MAURYA, D. W.; SINGH, D. P. Genetic divergence in rice. **Indian Journal of Genetics and Plant Breeding**, 37:395-402. 1977.

MIRANDA, G. V.; COIMBRA, R. R.; GODOY, C. L.; SOUZA, L. V.; GUIMARÃES, L. J. M.; de MELO, A. V. Potencial de melhoramento e divergência genética de cultivares de milho-pipoca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 38:6:681-688, 2003.

HALLAUER, A. R.; RUSSEL, W. A.; LAMKEY, K. R. Corn Breeding. In: SPRAGUE, G. F.; DULLEY, J. W. **Corn and corn improvement**. (3rd Ed). Madison: ASA/CSSA/SSSA, 1988. p.565-607.

RODRIGUES, H. C. A.; CARVALHO, S. P.; CARVALHO, A. A.; CARVALHO FILHO, J. L. S.; CUSTÓDIO, T. N. Avaliação da diversidade genética entre acessos de mamoneira (*Ricinus communis* L.) por meio de caracteres morfoagronômicos. **Revista Ceres**, 57:6:773-777, 2010.

SINGH, D. The relative importance of characters affecting genetic divergence. **Indian Journal of Genetic and Plant Breeding**, 41:2:237-245, 1981.

SHANER, G., FINNEY, R.E. The effect of nitrogen fertilization on the expression of slow mildewing resistance in knox wheat. **Phytopathology**. 67: 1051-1056, 1977.

SIMON, G. A., KAMADA, T.; MOITEIRO, M. Divergência genética em milho de primeira e segunda safra. **Semina: Ciências Agrárias**, 33:2: 449-458, 2012.

SUASSUNA, N. D.; COUTINHO, W. M. Manejo das principais doenças do algodoeiro no cerrado brasileiro. In: Freire, E. C. (ed). **Algodão no cerrado do Brasil**. Brasília. 2007. p. 479-521.

SUINAGA F. A.; BASTOS C. S.; RANGEL L. E. P. Multivariate analysis of genetic divergence in cotton. **Revista Brasileira de Oleaginosas e fibrosas**, 9: 931-937, 2005.

VIDIGAL, M.C.G.; VIDIGAL FILHO, P.S.; AMARAL JÚNIOR, A.T.; BRACCINI, A. L. e. Divergência genética entre cultivares de mandioca por meio de estatística multivariada. **Bragantia**, 56: 263-271, 1997.

ZUIN, G. C.; VIDIGAL FILHO, P. S.; KVITSCHAL, M. V.; VIGIGAL, M. C. G.; COIMBRA, G. K. Divergência genética entre acessos de mandioca-de-mesa coletados no município de Cianorte, região Noroeste do Estado do Paraná. **Semina: Ciências Agrárias**, 30: 1: 21-30, 2009.

5.1 ESTIMATIVA DE DANOS CAUSADOS PELA MANCHA DE RAMULÁRIA NO ALGODOEIRO

5.1.1 RESUMO

Os objetivos deste trabalho foram estabelecer funções de dano para o patossistema *Ramularia areola*, bem como caracterizar os danos em cultivares resistentes e suscetíveis a mancha de ramulária. O experimento foi conduzido na cidade de Tangará da Serra, na safra 2012/2013. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com quatro repetições em arranjo fatorial de quatro cultivares x quatro gradientes. As parcelas foram divididas em duas subparcelas (parcelas gêmeas), sendo que a divisão I recebeu aplicações de fungicidas em intervalos de 15, 30 e 45 dias e sem aplicações para formar os gradientes da doença e a divisão II recebeu aplicações semanalmente para serem mantidas sem a doença ou em níveis mínimos. Foram utilizadas as cultivares FiberMax 993, FMT 701, FMT 707 RX e IAC 25 RMD, com reações distintas à mancha de ramulária. A severidade da doença foi estimada semanalmente e foi utilizada para calcular a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPS). Além da AACPS foram obtidas as variáveis referentes aos componentes de produção: produtividade de algodão em caroço, dano, porcentagem de dano a produtividade, número médio de capulhos por planta, peso de cem sementes e porcentagem de fibra, e os componentes referentes às características tecnológicas da fibra: comprimento, índice de uniformidade, índice de resistência, alongamento, micronaire, grau de amarelecimento, maturidade, índice de fibras curtas e índice de fiabilidade^{CSP}. Foram realizadas análises de variância e os dados foram ajustados pelo modelo integral linear $Y=a + bx$, onde y é o dano e x a AACPS. A variável AACPS apresentou alta relação com o dano e a porcentagem de dano à produtividade. As estimativas alcançaram níveis de até 975,42 kg ha⁻¹ ou 36,83% de danos à produtividade. Quanto às características de fibra, a AACPS da mancha de ramulária interferiu negativamente apenas no índice de resistência.

Palavras chave: Funções de dano, *Ramularia areola*, *Gossypium hirsutum* e características tecnológicas da fibra (HVI).

ABSTRACT

ESTIMATED DAMAGE CAUSED BY RAMULARIA IN COTTON

The aim of this work was to establish damage functions to the *Ramularia* areola pathosystem and to characterize the damage in cultivars resistant and susceptible to *Ramularia*. The experiment was conducted in Tangara da Serra in the 2012/2013 crop season. It was used a randomized blocks experimental design in a factorial scheme of four cultivars x four disease gradients. The plots were divided in two subplots (twin plots). The division I received fungicides applications with intervals of 15, 30, 45 days and without applications to form the disease gradients; and Division II received applications weekly to be kept without or in minimal disease levels. It was used the cultivars FiberMax 993, FMT 701, FMT 707 RX and IAC 25 RMD, which have distinct reactions to *Ramularia*. Disease severity was estimated weekly and it was used to calculate the area under the disease severity progress curve (AUDPCS). In addition to the AACPS it was obtained the variables related to the production components: productivity of cottonseed, damage, percentage of yield loss, average number of bolls per plant, weight of hundred seeds, fiber percentage and components related to technological fiber characteristics: length, uniformity index, resistance index, elongation, micronaire, yellowing degree, maturity, short fiber index and fiability^{CSP} index. Analyzes of variance were performed and the data were adjusted by the integral linear model $y=a+bx$ where y is the damage e x is the AACPS. The AACPS variable presented high correlation to the damage and to the percentage of yield loss. The estimates reached levels of 975.42 kilograms per hectare or 36,83% of yield loss. For the fiber characteristics, the *Ramularia* AACPS reflected negatively only for the resistance index.

Keywords : Damage functions, *Ramularia areola*, *Gossypium hirsutum* and fiber technological characteristics (HVI).

5.1.2 INTRODUÇÃO

O Brasil é o sexto maior produtor de algodão do mundo. No Brasil a produção de algodão em pluma na safra de 2012/2013 foi de 1.275.100,00 toneladas (Conab, 2013), em uma área plantada de 894,1 hectares, 61% desta área esta localizada na região centro oeste, seguida pela região nordeste com 24,53% (IBGE, 2013).

Assim como em várias culturas, ocorrem doenças responsáveis por fatores negativos, acarretando danos à cultura e perdas na atividade agrícola. Dentre as doenças de maior importância ao algodoeiro, está a mancha de ramulária, considerada por muitos como a doença de maior importância para a cultura no Brasil (Cia e Salgado 2005).

A mancha da ramulária foi constatada pela primeira vez em 1890 no estado de Alabama, Estados Unidos (Atkinson, 1890). Subsequentemente, a doença foi constatada em vários locais que cultivavam algodão, abrangendo como hospedeiros todas as espécies cultivadas do gênero *Gossypium*. (Bell, 1981).

Essa doença pode ocorrer em todos os estádios de desenvolvimento da planta, provocando lesões em ambas as faces das folhas, acarretando em redução da área fotossintetizante, sendo responsável por danos significativos na produtividade e na qualidade da fibra da cultura. As condições climáticas favoráveis ao desenvolvimento do patógeno são temperaturas de 12 a 32°C, sendo a faixa ideal de 25 a 30°C e umidade relativa acima de 80% (Rathaiyah, 1977). Segundo Punitet al. (2006) a doença agrava-se em umidade relativa de 90 a 91% e temperaturas de 23 a 27°C.

Nos últimos anos, com o aumento da área de cultivo de algodão, o uso de cultivares suscetíveis à doença passou a surgir com maior precocidade, e com isso, aumentou-se o potencial de dano, passando a ser considerada como uma das principais doenças do algodoeiro (Ultiamada et al., 2003). Na Índia o potencial de danos à produção causados pela mancha de ramulária pode alcançar até 68% (Shivankare Wangikar, 1992).

Modelos tradicionais de avaliação e quantificação de danos são obtidos a partir da variação da doença em diferentes parcelas e relação dos níveis de severidade da doença com a produção. Desta forma o dano pode ser obtido por regressão linear simples, onde a variável doença é a variável independente e a

redução da produtividade seja ela em quilogramas por hectare ou em porcentagem é a variável dependente (Zadoks, 1985; Amorin e Bergamin Filho, 2011). A equação de dano fornece subsídios biológicos para calcular o limiar de dano econômico. Sendo assim, a equação torna-se necessária para a tomada de decisões em programas de melhoramento ou para programas de manejo integrado de doenças (Amorin e Bergamin Filho, 2011), visto que não existem cultivares de algodão com resistência satisfatória à mancha de ramulária, sendo necessário o emprego de fungicidas para garantir a produção (Cia e Salgado, 2005).

Sendo assim, este trabalho teve por objetivo estabelecer as funções de dano para a mancha de ramulária no algodoeiro, bem como caracterizar os danos em cultivares resistentes e suscetíveis à mancha de ramulária.

5.1.3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na área experimental da Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), campus Universitário de Tangará da Serra, localizada no município de Tangará da Serra-MT. A área experimental situa-se a 320 metros de altitude, a 14°37'10" de latitude Sul e a 59°29'09" de longitude Oeste (Dallacort et al., 2011). O solo dessa área foi classificado como latossolo vermelho distroférico argiloso (Embrapa, 1999).

A semeadura em campo foi realizada no dia 18 de dezembro de 2012, com densidade de oito plantas por metro. Aos 30 dias após a semeadura, foi feito o desbaste de plantas para padronizar o estande na densidade proposta, em todas as parcelas do experimento. A adubação foi realizada de acordo com Souza e Lobato (2004), em que no plantio foram utilizados 25 Kg ha⁻¹ de N, 100 Kg ha⁻¹ de P²O⁵ e 40 Kg ha⁻¹ de K²O. A cobertura foi realizada aos 30 dias com 50 kg ha⁻¹ de N e 40 Kg ha⁻¹ de P²O⁵ e aos 50 dias com 50 Kg ha⁻¹ de N.

A inoculação das plantas foi realizada 45 dias após a emergência das plantas, no início do estágio reprodutivo (B1) das plantas. O inóculo foi obtido a partir da lavagem de folhas do algodoeiro com sintomas da mancha de ramulária. A suspensão foi ajustada à concentração de 4x10⁵ esporos mL⁻¹ com auxílio de uma câmara de Neubauer. O espalhante adesivo Tween 20 (0,01%) foi adicionado à suspensão final e as inoculações foram realizadas com pulverizador costal manual até o escoamento.

O delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso, em esquema fatorial 4x4 (quatro cultivares e quatro gradientes da doença), com quatro repetições, totalizando 16 tratamentos. Foram utilizadas as cultivares FiberMax 993, FMT 701, FMT 707 e IAC 25 RMD, que possuem diferentes reações à mancha de ramulária (Tabela 1). Para obter diferentes níveis de doença em cada cultivar foram realizadas pulverizações com a mistura de fungicidas trifloxistrobina (60 gha⁻¹) + proclorazolo (70 gha⁻¹) + óleo mineral (500 mLha⁻¹), nos intervalos entre aplicações de 15 dias para o gradiente 1, de 30 dias para o gradiente 2, de 45 dias para o gradiente 3 e nenhuma aplicação para o gradiente 4.

Tabela 1. Cultivares, reação à mancha de ramulária e suas respectivas entidades obtentoras ou detentoras.

Cultivares	Obtentor/detentor	Reação à mancha de ramulária	Ciclo
Fibermax 993	Bayer Seeds	Suscetível	Tardio
FMT 701	Fundação Mato Grosso	Mod. Suscetível	Tardio
FMT 707 RX	Fundação Mato Grosso	Resistente	Médio
IAC 25 RMD	Inst. Agrônômico de Campinas	Resistente	Médio

¹As reações quanto ao nível de resistência foram obtidas do próprios órgãos obtentores/detentores.

²(Mod) Moderadamente.

A parcela experimental foi constituída por oito linhas de 5 m de comprimento, com espaçamento entre linhas de 0,9 m. Cada parcela foi dividida em duas subparcelas iguais (parcelas gêmeas), ou seja, cada divisão foi constituída por quatro linhas, sendo a divisão I com doença em diferentes gradientes e a divisão II sadia (ou com o mínimo de doença). Para manter a divisão sem doença foram realizadas aplicações em intervalos de sete dias. A área útil foi composta por duas linhas centrais em cada divisão da parcela, nas quais foram realizadas as avaliações de severidade, dos componentes de produção e coletas de amostras para a análise das características tecnológicas da fibra. Nas laterais das parcelas foi inserida uma linha com a cultivar suscetível FMT 701 para homogeneizar a pressão de inóculo no experimento. O controle de insetos-pragas e plantas daninhas foi realizado sempre que necessário, através do levantamento do nível de dano.

Aos 65 dias após o plantio foi identificado os sintomas da mancha de ramulária no experimento iniciando-se as avaliações de severidade da doença. As avaliações foram realizadas em intervalos sete dias até os 152 dias após o plantio (DAP). A severidade da doença foi avaliada pela porcentagem da área foliar

lesionada, com o auxílio de escala diagramática proposta por Aquino (2008), com nove níveis de severidade: 0,05; 0,50; 1,0; 2,0; 4,0; 8,0; 16,0; 32,0 e 67,20%.

Para a avaliação da doença foram marcadas previamente seis plantas da área útil de cada divisão em cada parcela. Estas plantas também foram utilizadas na determinação da porcentagem de fibra, peso de cem sementes e análise das características de Fibra.

Os dados de severidade de todas as avaliações foram utilizados para o cálculo da área abaixo da curva de progresso da severidade (AACPS) de acordo com (Shaner e Finney, 1977): $AACPS = \sum_{i=1}^{n-1} [(N_i + N_{i+1})/2](t_{i+1} - t_i)$

Em que, n é o número de avaliações, x é a severidade da doença no tempo t_i e $(t_{i+1}-t_i)$ é o intervalo entre duas avaliações consecutivas.

A produtividade real e potencial foi obtida a partir da colheita manual de todas as plantas em quatro metros centrais da área útil de cada divisão em cada parcela. Foi realizada a pesagem em balança eletrônica digital com precisão de 0,01 gramas e os dados foram transformados para quilogramas por hectare. A produtividade real foi estimada a partir da colheita e pesagem nas divisões das parcelas que foram submetidas a diferentes gradientes de doença e a produtividade estimada foi obtida a partir da colheita e pesagem das divisões sadias das parcelas.

Para a obtenção do dano à produtividade em quilogramas por hectare (kg ha^{-1}) e em porcentagem, foram utilizadas as seguintes equações (James et al., 1967; Nkalubo et al 2007) : $\text{Dano em } \text{Kgha}^{-1} = PP - PR$ e $\text{Dano em } \% = \frac{PP - PR}{PR} \times 100$, em que, PP é a produtividade potencial e PR é a produtividade real.

Durante a colheita foi contabilizado o total de capulhos nas seis plantas marcadas em cada divisão para a obtenção da média de capulhos por planta. Foram retiradas amostras de 20 capulhos para a obtenção da porcentagem de fibra e peso de cem sementes. Além destes também foram feitas análises em aparelho de HVI (Hight Volume Instrument) para a obtenção das características da fibra, comprimento, índice de uniformidade, índice de resistência, alongamento, micronaire, grau de amarelecimento, maturidade, índice de fibras curtas e índice de fiabilidade^{CSP}.

Os danos nestes componentes de produção e características de fibra foram obtidos pela subtração das médias de cada componente na divisão sobre efeito

diferentes gradientes da doença menos as médias dos componentes obtidos na divisão sadia (Amorin e Bergamin Filho, 2011).

Os dados climáticos de temperatura (°C) e umidade relativa do ar (%) durante a condução do experimento foram obtidos do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), na estação de meteorológica instalada no município de Tangará da Serra, localizada a cerca de 100 metros do local do experimento. De posse dos registros horários de temperatura e umidade relativa do ar, foi calculada a quantidade de horas ótimas para a germinação dos esporos de *R. Areola* por mês. Como condições climáticas ideais foram consideradas temperaturas de 25 a 30 °C e umidade relativa do ar maior ou igual a 80% (Rathaiah, 1977).

Foram realizadas análises de variância e os dados foram ajustados pelo modelo integral linear $Y = a + bx$, onde y é o dano e x a AACPS (Schneider et al., 1976). Em todas as análises foi utilizado o aplicativo computacional Genes (Cruz, 2006).

5.1.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A temperatura foi favorável a germinação dos esporos e desenvolvimento de *R. areola* durante todo o experimento (Figura 1A). O número de horas favoráveis de umidade relativa do ar, também ocorreu durante todo o ciclo, com picos entre 25 e 30 DAP (Dias Após o Plantio), 49 e 55 DAP, 67 e 73 DAP, 91 e 97 DAP e 151 e 153 DAP, reduzindo após os 154 DAP até o final do ciclo (Figura 1B).

A mancha de ramulária, assim como a maioria das doenças, sofre influência do clima que é determinante para o desenvolvimento do patógeno causador desta doença. Rathaiah (1977) e posteriormente Curvêlo et al. (2010), estudando a penetração de *R. areola*, observaram que a melhor germinação dos esporos ocorreu na faixa de temperatura de 25 a 30°C e umidade acima de 80%, e que a maior penetração do fungo ocorreu em ciclo de molhamento noturno e secamento diurno. Os autores também verificaram que, no processo de germinação e penetração, o tubo germinativo deste fungo tolera até 16 horas de secamento (com umidade acima de 20%) durante alguns ciclos e depois retornam ao processo de germinação e penetração.

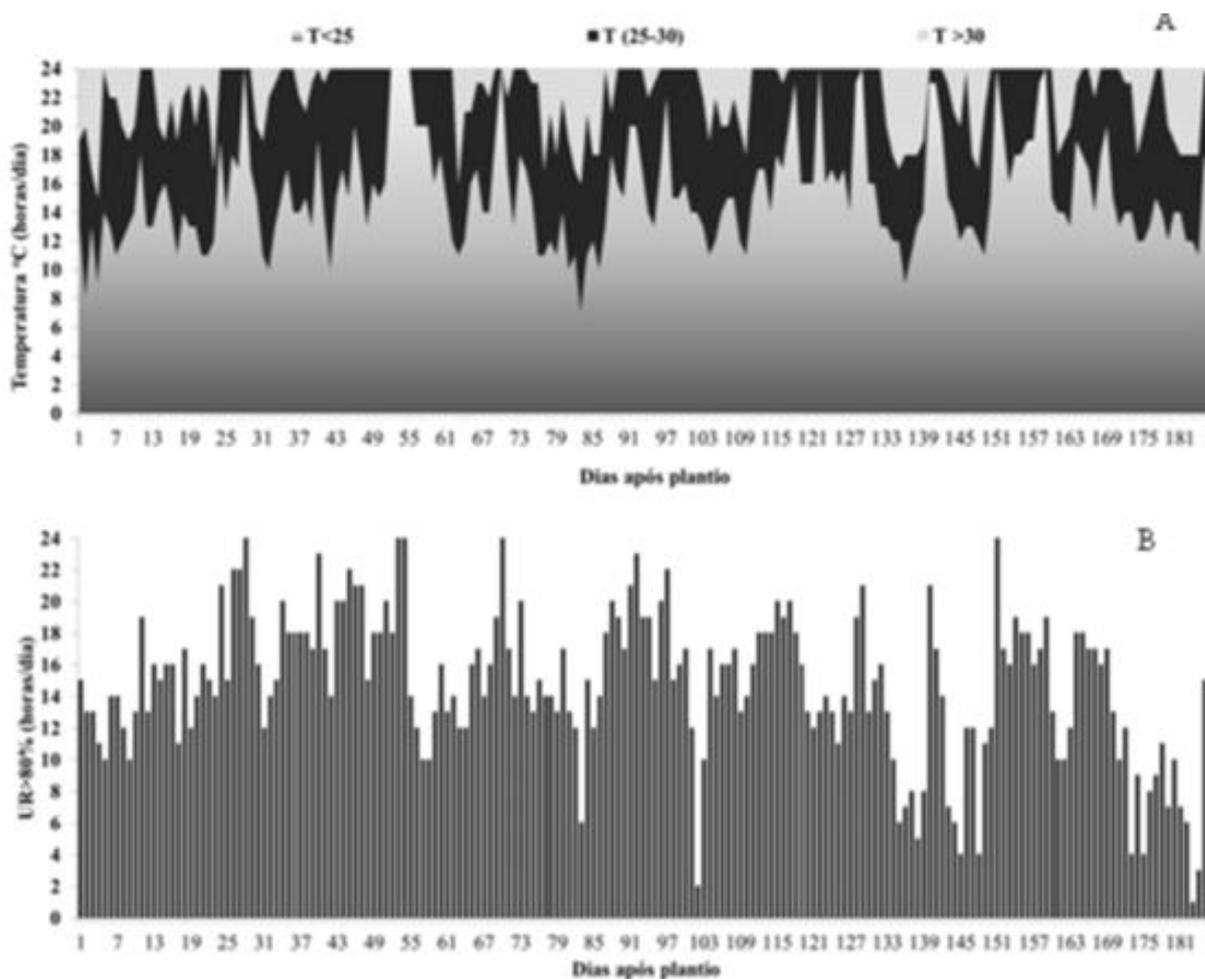


Figura 1. Dados climáticos de temperatura e umidade relativa do ar durante o experimento. A - Número de horas de temperatura diárias $< 25^{\circ}\text{C}$, de 25°C a 30°C e $> 30^{\circ}\text{C}$ e B - número de horas com umidade relativa maior que 80%. Tangará da Serra, safra 2012/2013.

A análise de variância foi realizada para todas as variáveis avaliadas, no entanto houve interação significativa ($p \leq 0,01$) entre cultivares e gradientes da doença apenas para AACPS da doença, danos em quilogramas por hectare e porcentagem de dano.

Nas cultivares sobre diferentes gradientes da mancha de ramulária, os danos a produtividade variaram de $104,00 \text{ kg ha}^{-1}$ a $975,42 \text{ kg ha}^{-1}$, equivalentes a 4,33 % e 36,72%, respectivamente (Tabela 2). As cultivares Fibermax 993 e FMT 701 apresentaram os maiores percentuais de danos chegando a 36,83% e 36,72%, nos maiores gradientes da doença. A cultivar FMT 707 apresentou os menores danos percentuais variando de 4,33% a 19,86% entre os gradientes da doença,

seguida pela cultivar IAC 25 em que os danos percentuais variaram de 10,24% a 25,08% (Tabela 2).

Tabela 2. Área abaixo da curva de progresso da severidade (AACPS), produtividade real e potencial, e danos a produtividade causados pela mancha de ramulária em diferentes gradientes de doença e cultivares de algodão, em Tangará da Serra, MT, safra 2012/2013.

Cultivar	Gradiente de doença	AACPS	Produtividade Real Kg ha^{-1}	Produtividade Potencial Kg ha^{-1}	Danos	
					Kg ha^{-1}	(%)
FM 993	1	309,22	1660,00	1982,50	322,50	16,55
FM 993	2	447,21	1937,50	2570,00	632,50	24,61
FM 993	3	538,89	1497,50	2251,25	753,75	34,14
FM 993	4	589,52	1548,75	2438,75	890,00	36,83
FMT 701	1	182,24	1833,75	2233,75	400,00	17,88
FMT 701	2	397,41	1931,25	2542,50	611,25	24,08
FMT 701	3	527,79	1728,75	2508,75	780,00	31,27
FMT 701	4	642,87	1680,00	2655,42	975,42	36,72
FMT 707	1	20,90	2280,00	2384,00	104,00	4,33
FMT 707	2	32,97	1617,50	1856,25	238,75	13,49
FMT 707	3	60,76	1835,00	2165,00	330,00	15,07
FMT 707	4	76,63	1868,75	2331,25	462,50	19,86
IAC 25	1	175,96	1962,50	2173,75	211,25	10,24
IAC 25	2	185,16	1938,75	2228,75	290,00	12,82
IAC 25	3	227,68	1707,50	2068,75	361,25	17,81
IAC 25	4	272,58	1527,50	2036,25	508,75	25,08

As cultivares apresentaram diferentes índices de AACPS e porcentagens de danos à produtividade. A representação gráfica da equação linear do dano em função da AACPS, evidencia um aumento significativo do dano com o aumento da AACPS, em que para cada uma unidade de AACPS houve um aumento de 0,0375% de dano à produtividade com coeficiente de determinação de 96,89% (Figura 2A). Brito et al. (2007) trabalhando com o efeito da cercosporiose em híbridos comerciais de milho também verificaram um aumento linear do dano à produtividade em função do aumento do índice de AACPS.

Quando foram considerados as cultivares e os respectivos gradientes em uma mesma equação (Figura 2B), os componentes da equação foram similares aos obtidos pelas cultivares, sendo que para cada uma unidade de AACPS houve um aumento de 0,041% de dano a produtividade, porém o coeficiente de determinação foi

de 82,11%, mesmo desta forma, pode ser considerada como uma alta relação da AACPS com a produtividade, haja visto que coeficientes acima de 80% são considerados como aceitáveis.

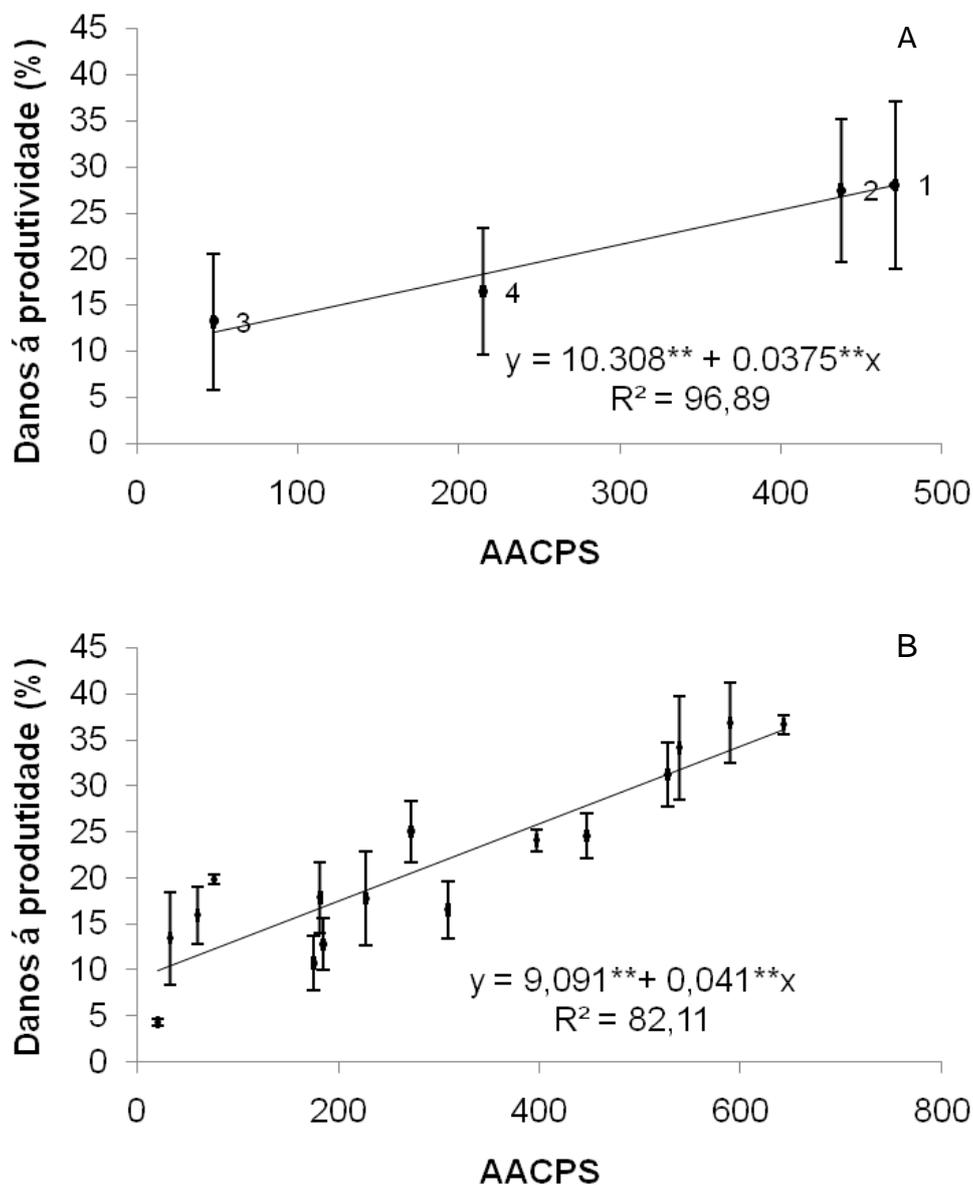


Figura 2. Relação entre danos produtividade e AACPS para as cultivares de algodão, Fibermax 993 (1), FMT 701 (2), FMT 707 (3) e IAC 25(4) (Figura 2A) e para todos os tratamentos cultivares e gradientes (Figura 1B).

Comparando as equações de porcentagem de dano em função da AACPS, as relações foram significativas tanto para as cultivares suscetíveis ($p \leq 0,01$) quanto para cultivares resistentes ($p \leq 0,05$). Para as cultivares Fibermax 993 e FMT 701

(Figura 3A e 3B), a equação da função de dano mostrou que em cada uma unidade de AACPS, houve 0,0745% e 0,0412% de dano a produtividade, respectivamente, com coeficientes de determinação de 98,33% e 97,70%. Já com as cultivares FMT 707 e IAC 25 RMD (Figura 3C e 3D), uma unidade de AACPS, proporcionou um aumento de dano à produtividade de 0,238% e 0,143%, respectivamente. Os coeficientes de determinação variaram de 98,4% a 97,79%, com exceção da cultivar IAC 25 com coeficiente de determinação de 84,22%, demonstrando assim uma alta relação entre os danos à produtividade e AACPS (Figura 3).

Para vários outros patossistemas foram encontradas relações entre AACPS e danos à produtividade por meio do modelo linear integral, como relatam Hartman et al. (1991) para a ferrugem asiática da soja, Godoy e Canteri (2004), oídio e cercospora na soja, Brito et al.(2007) com cercosporiose do milho; Leite et al.(2006), alternária do girassol; Hikishima et al.(2010) para a ferrugem asiática da soja; Fiallos (2011) para a mela do feijoeiro comum. A AACPS é uma variável recomendada por alguns autores por representar a epidemia da doença como um todo em todos os ciclos da planta (Bergamin Filho e Amorim, 1996),

Em plantas de ciclo indeterminado é comum não encontrar relação entre a doença e a produção, pelo fato das folhas não serem fixas (Amorin e Bergamin Filho, 2011), porém a alta relação neste patossistema em estudo pode estar ligada ao fato do uso de reguladores que acabam por determinar o ciclo do algodão.

Apesar de os danos totais serem maiores nas cultivares suscetíveis, os danos por unidade de AACPS, foram maiores nas cultivares resistentes (Figura 3C e 3D) superando em até seis vezes as cultivares suscetíveis (Figura 3A e 3D). Isso pode estar relacionado a uma maior tolerância das cultivares suscetíveis aqui utilizadas a severidade da doença.

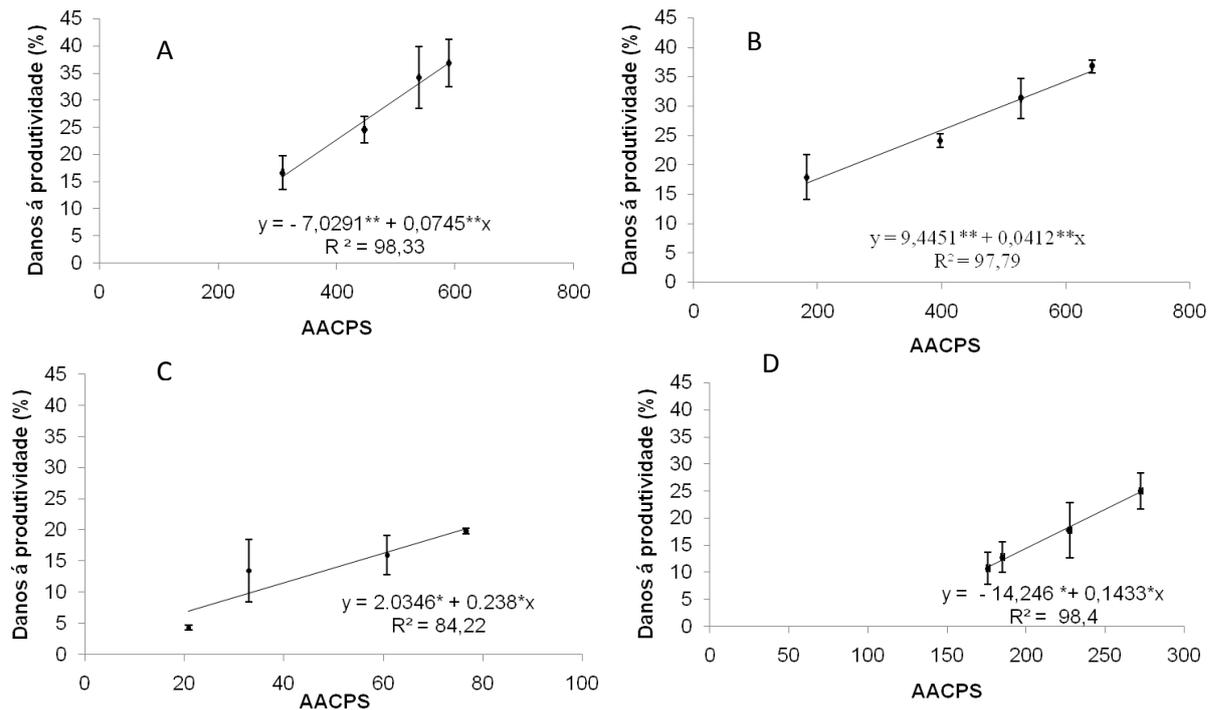


Figura 3. Relação entre dano à produtividade e AACPS para as cultivares de algodão Fibermax 993 (A), FMT 701 (B), FMT 707 (C) e IAC 25 RMD (D), Tangará da Serra, MT, safra 2012/2013.

A relação entre AACPS e alguns componentes de produtividade, estimada pela mesma equação linear estão na tabela 3. Não houve relação significativa da AACPS sobre os componentes de produção: número de capulhos por planta, peso de cem sementes e porcentagem de fibra.

O componente de produção, dano a produtividade ($Kgha^{-1}$) sofreu interferência significativa da AACPS com o coeficiente de determinação de 85,85%. Observou-se dano de um $Kgha^{-1}$ por unidade de AACPS da mancha de ramulária (Tabela 3). Polizel (2008) avaliando 16 genótipos de algodão, em Uberlândia, MG, em condições experimentais de campo, não encontrou correlação significativa entre a severidade da mancha de ramulária e a produção.

Quanto aos caracteres tecnológicos da fibra, houve relação significativa apenas para a resistência da fibra, em que para cada unidade de AACPS houve uma redução de $0,0019 \text{ gf tex}^{-1}$, porém o coeficiente de determinação foi de 53,17% o que pouco explica o ocorrido (Tabela 3). Cia et al., (2008) estudando 16 genótipos de algodão em várias regiões do Brasil quanto à resistência a múltiplas doenças,

inclusive da mancha de ramulária não identificou relação entre as doenças e a qualidade de fibra.

Tabela 3. Coeficientes angulares da reta de regressão entres características relacionadas à produtividade e características da Fibra (HVI) em função da Área Abaixo da Curva de Progresso da severidade da mancha de ramulária no algodoeiro ($y = a+bx$, em que y é o dano e x a AACPS).

Características relacionadas à Produtividade	Intercepto (a)	Inclinação (b)	Coefficiente de determinação(R ²)
Nº de capulhos/planta	1,6418	0,0007	0,53 ^{ns}
Danos à produtividade em Kg ha^{-1}	156,6140	1.1446	85.85**
Peso de 100 sementes	0,4068	-0,0023	16,02 ^{ns}
Porcentagem de fibra	5,7084	-0,0058	0,78 ^{ns}
Características da fibra (HVI)	Intercepto (a)	Inclinação (b)	R ²
Comprimento	0,3173	-0,0005	3.03 ^{ns}
Índice de uniformidade	0,5262	-0,0007	3,86 ^{ns}
Índice de resistência	0,6591	-0,0019	53,17*
Alongamento	-0,0111	0,0001	2,09 ^{ns}
Micronaire	0,05326	0,00002	0,02 ^{ns}
Grau de amarelecimento	-0,1504	0,0004	2,46 ^{ns}
Maturidade	302,2838	2975,1829	1,97 ^{ns}
Índice de fibras curtas	-0,4657	0,00091	5,92 ^{ns}
Índice de fiabilidade	115,0120	-0,2861	16,23 ^{ns}

(*)(**) Significativo a 1% e 5%. (^{ns}) Não significativo.

5.1.5 CONCLUSÕES

A relação entre AACPS, danos em quilogramas por hectare e porcentagem de dano foi significativa e o modelo $y = a+bx$ pode ser utilizado para estimar os danos a estes componentes em função da AACPS.

Quanto às características da fibra, a AACPS da mancha de ramulária interferiu negativamente apenas no índice de resistência, com coeficiente de determinação de 53,17%.

Os percentuais de danos à produtividade causados pela mancha de ramulária alcançaram níveis de até 36,83 % nas cultivares suscetíveis. Mesmo na cultivar de maior resistência os danos a produtividade chegaram a níveis de até 19,86%.

5.1.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMORIM, L.; BERGAMIM FILHO, A. Fenologia, patometria e quantificação de danos. In: AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIN FILHO, A. (Edt.). **Manual de Fitopatologia**. Vol.1. Princípios e Conceitos. São Paulo. Agronômica Ceres. 2011 p. 517- 540.
- AQUINO L. A.; BERGER P. G.; RODRIGUES F. A.; ZAMBOLIM L.; OGOSHI, F.; MIRANDA L. M.; LÉLIS M. M. Elaboração e validação de escala diagramática para a quantificação da mancha de ramulária do algodoeiro. **Summa Phytopathologica**, 34:131-136. 2008.
- ATKINSON, G.F. A new *Ramularia* on cotton. **Botanical Gazette**, 15:166-168. 1890.
- BELL, A. A. Areolate mildew pp.32-35. In: Watkins, G.M. (ed.). **Compendium of Cotton Diseases**. American Phytopathological Society, St. Paul, Minnesota, United states. 1981. p. 87
- BRITO, A.H., VON PINHO, R.G., POZZA, E.A., PEREIRA, J.L.A. R.; FARIA FILHO, E.M. Efeito da cercosporiose no rendimento de híbridos comerciais de milho. **Fitopatologia Brasileira**, 32:472-479. 2007.
- BERGAMIN FILHO A.; AMORIM L. **Doenças de plantas tropicais: epidemiologia e controle econômico**. São Paulo SP. Editora Ceres1996.
- CIA, E. ; SALGADO, C. L. Doenças do algodoeiro (*Gossypium* spp.). In: KIMATI, H.; AMORIM, L.; REZENDE, J.A.M.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L.E. A. (Eds.). **Manual de fitopatologia: doenças das plantas cultivadas**. 4. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 2005. v.2, p. 41-52.
- CURVÊLO, C. R. da S.; RODRIGUES, P. G. B.; REZENDE, D. C. Microscopia eletrônica de varredura do processo infeccioso de *Ramularia areola* em folhas de algodoeiro. Viçosa, **Tropical Plant Pathology**, 35:2: 108-113, 2010.
- CONAB. Acompanhamento da safra brasileira safra 2012/2013. Disponível em: http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13_08_09_10_43_44_boletim_portugues_agosto_2013_port.pdf. Acesso em: 12, dezembro, 2013.
- CRUZ, C.D. Programa Genes: Biometria. Editora UFV. Viçosa (MG). 382p. 2006
- FIALLOS, F. R. G. Modelo de ponto crítico para estimar danos causados pela mela na cultura do feijoeiro. **Ciencia y Tecnologia**, 4:1: 1-4, 2011.

GODOY, C.V.; CANTERI, M.G. Efeito da severidade de oídio e crestamento foliar de cercospora na produtividade da cultura da soja. **Fitopatologia Brasileira** 29:526-531. 2004.

HARTMAN G. L.; WANG T. C.; TSCHANZ A. T. Soybean rust development and quantitative relationship between rust severity and soybean yield. **Plant Disease** 75:596-600. 1991.

HIKISHIMA, M.; CANTERI, M. C.; GODOY C. V.; KOGA, L. J.; DA SILVA, A. J. Quantificação de danos e relações entre severidade, medidas de refletância e produtividade no patossistema ferrugem asiática da soja. **Tropical Plant Pathology**. 35: 096-103. 2010.

IBGE. Estatísticas da produção agrícola. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/imprensa/ppts/00000013314006112013403006271184.pdf>. Acesso em: 3, dezembro, 2013.

JAMES, W. C.; JENKINS, J. E. E.; JEMMENTT, J. L. The relationship between leaf blotch caused by *Rhynchosporium secalis* and losses in grain yield of spring barley. **Annals of Applied Biology**, London, v. 62, p. 273-288, 1968.

LEITE, R.M.V.B.C.; AMORIM, L.; BERGAMIN FILHO, A. Relationships of disease and leaf area variables with yield in the Alternária helianthi–sunflower pathosystem. **Plant Pathology**, 55:73-81. 2006.

NKALUBO, S.; MELIS, R.; ÓPIO F. Yield loss associated with anthracnose disease on Ugandan market-class dry bean cultivars. **African Crop Science conference Proceedings**, Egypt, 8:869-874. 2007.

POLIZEL, A. C.; JULIATTI, F. C.; PENNA, J. V.; HAMAWAKI, T. Reação de genótipos de algodoeiro quanto à severidade de manchas foliares. **Bioscience Journal**, 24:3: 8-12, 2008.

PUNIT M.; P., MUKEWAR, P. M.; SINGH, V. V.; SINGH, P.; KHADI, B. M.; AMUDHA, J.; DESHPANDE, V. G. Identification of sources of Resistance to grey mildew disease (*Ramularia areola*) in diploid Cotton (*Gossypium arborescens*). Technical Bulletin from CICR, 2006. Disponível em: <http://www.cicr.org.in/>. Acesso em: 29, dezembro, 2013.

RATHAIAH, Y. Spore germination and mode of cotton infection by *Ramularia areola*. **Phytopathology**. 67:351-357, 1977.

SCHNEIDER, R. W.; WILLIAMS, R. J.; SINCLAIR, J. B. Cercospora leaf spot of cowpea: models for estimating yield loss. **Phytopathology**, 66, 384-388, 1976.

SHANER, G.; FINNEY, R.E. The effect of nitrogen fertilization on the expression of slow mildewing resistance in knox wheat. **Phytopathology**. v. 67, 1051-1056, 1977.

SHIVANKAR, S. K.; WANGIKAR, P. D. Estimation of crop losses due to grey mildew disease of cotton caused by *Ramularia areola*. **Indian Phytopathology**. 45:1: 74-76. 1992.

UTIAMADA, C. M., LOPES, J. C., SATO, L. N., ROIM, F. L. B., KAJIHARA, L. OCCHIENA, E. M. Controle químico da ramulária (*Ramularia areola*) e ferrugem (*Phakospora gossypii*) na cultura do algodoeiro In: **IV CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO**, Goiânia GO, 2003.

ZADOKS, J.C. On the conceptual basis of crop loss assessment: the threshold theory: **Annual Review of Phytopathology** 23:455-473. 1985.

.

6. CONCLUSÕES GERAIS

1. Pelas estimativas de divergência genética existe variabilidade genética entre os 18 genótipos utilizados neste trabalho, o que torna possível o início de um programa de melhoramento a partir destas cultivares comerciais e linhagens avançadas.
2. A soma de matrizes de dissimilaridade baseada na distância generalizada de Mahalanobis possibilitou acessar a divergência genética dos 18 genótipos considerando o comportamento destes nas duas safras.
3. Ao avaliar o comportamento dos genótipos em condições de safra e safrinha, os genótipos FMT 707, FMT 705, IAC 09-848 e IMA 08-12427, foram os que estavam entre os resistentes nas duas safras.
4. A partir dos resultados deste trabalho sugere-se cruzamentos entre os genótipos BRS 335 e FMT 707, FM 910 e FMT 707, IMA 08-12427 e FMT 707, que além de haver divergência há um bom desempenho dos genitores aqui sugeridos.
5. Para a quantificação do dano causado pela mancha de ramulária, a relação entre AACPS, danos em quilogramas por hectare e porcentagem de dano foi significativa e o modelo $y = a+bx$ e pode ser utilizado para estimar os danos a estes componentes em função da AACPS. Os danos causados pela mancha de ramulária chegaram a até 36,86% de redução na produtividade.
6. Os danos causados pela mancha de ramulária foram menores nos genótipos FMT 707 e IAC 25 RMD resistentes.
7. Para as características tecnológicas da fibra a mancha de ramulária só interferiu negativamente na resistência da fibra.