Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”

Índice de seleção em cultivares de algodoeiro herbáceo

Francisco José Correia Farias

Tese apresentada para obtenção do título de Doutor em
Agronomia, Área de Concentração: Genética e
Melhoramento de Plantas

Piracicaba
2005

Francisco José Correia Farias

Engenheiro Agrônomo

Índice de seleção em cultivares de algodoeiro herbáceo

Orientador:

Prof. Dr. **NATAL ANTONIO VELLO**

Tese apresentada para obtenção do título de Doutor em Agronomia,
Área de Concentração: Genética e Melhoramento de Plantas

Piracicaba

2005

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - ESALQ/USP

Farias, Francisco José Correia

Índice de seleção em cultivares de algodoeiro herbáceo / Francisco José Correia
Farias. - - Piracicaba, 2005.

121 p. ; il.

Tese (Doutorado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2005.
Bibliografia.

1. Algodão herbáceo 2. Estabilidade fenotípica 3. Melhoramento genético vegetal
4. Seleção genética – Índice I. Título

CDD 633.51

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor"

Aos meus pais, José Felipe Farias (*in memorian*) e Iná Correia Farias pelo exemplo de conduta de vida e pelo grande esforço na minha formação educacional.

Dedico.

À minha esposa Agacy e aos meus filhos Camila e Filipe pelo amor, carinho e dedicação em todos os momentos de nossas vidas.

Dedico.

À Escola Pública Brasileira por possibilitar os meus estudos da alfabetização à Pós-Graduação.

Agradeço.

Que importa que ao chegar
eu nem pareça um pássaro
que importa que ao chegar
venha me rebentando,
caindo aos pedaços
sem aprumo
e sem beleza!...
Fundamental é cumprir a
missão e cumpri-la até o fim.

Dom Hélder Câmara (*in memorian*)
Ex-Arcebispo de Olinda, PE.

A minha homenagem.

AGRADECIMENTOS

A Deus por tudo.

Aos meus pais, esposa, filhos e irmãos pelo amor, carinho e compreensão nos momentos de ausência.

À Embrapa e à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" Universidade de São Paulo pela oportunidade de realizar este treinamento.

Ao Professor Natal Antonio Vello, pela orientação segura, amizade, confiança e constante apoio.

Ao professor Roland Vencovsky, pela amizade, pelo importante auxílio na análise biométrica dos dados, interpretação dos resultados e pelo exemplo de dedicação ao ensino e à pesquisa.

Ao amigo e companheiro Dr. Elêusio Curvêlo Freire, pelos ensinamentos sobre a cultura do algodão.

Ao Professor Antonio Augusto Franco Garcia (Dom August), pela amizade, ensino e pelo exemplo.

A todos os mestres do Departamento de Genética, em especial: Cláudio Lopes, Isaías, Décio e Baldin .

Aos colegas Gabriel Alves Margarido e Marcelo Mollinari pela elaboração do Programa "ISC" utilizado na obtenção do índice.

Aos amigos Carol Morgante e Tassiano, pelo excelente trabalho de formatação final da tese.

Aos amigos de curso: Bira, Branco, Clideana, Dyemão, Fábila, Fernando Cárdenas, Fred, Glaucete, Gisa, Jair, Karem, Karina, Luís Stábile, Martinez, Mateus Mondin, Mateus Quiabo, Paola, Paulo Araújo, Paulo Vieira, Raimundo, Salete, Vandeco, Walter e demais colegas da Pós Graduação.

Aos casais amigos: Alderi e Márcia, Augusto e Luciana, Clóvis e Walnice, Dalton e Fábila, Dário e Isabela David e Jucléia, Eder e Gilmar, Eulália e Haroldo, Giovani e Fabiana, Marcelino e Cláudia, Paulão e Natalia, Oriel e Rose, Raimundo e Cristina, Rudimar e Elizabeth, João e Silvana e Seu José e Dona Inês.

Ao glorioso Perna Futebol Clube e ao G-8 pelos momentos de lazer, alegria e descontração.

A todos os funcionários do Departamento de Genética, em especial: Amaral, Berdan, Carlão, China, Fernando Belarmino, Glória (revisão bibliográfica), Léia, Macedônio, Maisa, Marcos Nekatschalow, Neusa, Roberto Cogo, Ronaldo, Sarah, Silvia, Valdir (Camamu) e Vitor, pelo convívio e amizade.

Enfim, a todos aqueles que contribuíram de alguma forma para o êxito deste trabalho.

SUMÁRIO

RESUMO.....	7
ABSTRACT.....	8
1 INTRODUÇÃO.....	9
2 DESENVOLVIMENTO.....	11
2.1 Revisão bibliográfica.....	11
2.1.1 O algodoeiro.....	11
2.1.2 O melhoramento do algodoeiro no Cerrado.....	13
2.1.3 Teoria e aplicação dos índices de seleção.....	19
2.1.3.1 Índices lineares ou otimizados.....	21
2.1.3.2 Índices não lineares ou não paramétricos.....	24
2.1.3.2.1 Índice multiplicativo.....	24
2.1.3.2.2 Índice de soma de classificação ou soma de postos.....	27
2.1.3.2.3 Índice de Schwarzbach (1972).....	28
2.1.3.2.4 Índice de seleção de cultivares.....	30
2.1.3.2.5 Controle genético do índice de seleção.....	31
2.1.4 Interação cultivares x locais.....	33
2.1.4.1 Estabilidade fenotípica no algodoeiro.....	37
2.2 Material e métodos.....	39
2.2.1 Material.....	39
2.2.2 Locais.....	39
2.2.3 Delineamento experimental.....	40
2.2.4 Caracteres avaliados.....	43
2.2.5 Condução dos experimentos.....	43
2.2.6 Análise estatística dos dados.....	44
2.2.6.1 Análise de variância.....	44
2.2.6.2 Índice de seleção de cultivares proposto por Garcia (1998).....	45
2.2.6.2.1 Agrupamento das médias e obtenção dos recíprocos.....	46
2.2.6.2.2 Definição dos níveis mínimos aceitáveis (N_m) para cada caráter.....	47
2.2.6.2.3 Transformação dos dados.....	49

2.2.6.2.4 Definição do ideótipo.....	50
2.2.6.2.5 Cálculo do índice de seleção de cultivares.....	50
2.2.6.2.6 Classificação e seleção dos genótipos superiores.....	51
2.2.6.3. Estimativas dos índices de seleção por local.....	51
2.2.6.4. Estimação do grau de determinação genotípica do índice de seleção.....	51
2.2.6.5 Análise de estabilidade.....	52
2.2.6.5.1 Metodologia de Eberhart e Russell (1966).....	53
2.2.6.5.2 Metodologia de Lin e Binns (1988a) e adaptação de Carneiro (1998).....	53
2.2.6.5.3 Estimação da ecovalência (W_i^2) do índice de seleção de cultivares.....	55
2.3 Resultados e discussão.....	56
2.3.1 Análise de variância individual e conjunta.....	57
2.3.2 Índice de seleção de cultivares proposto por Garcia (1998).....	62
2.3.2.1 Teste das médias e obtenção dos recíprocos.....	63
2.3.2.2 Obtenção dos níveis mínimos (N_m) para cada caráter.....	66
2.3.2.3 Transformação dos dados.....	68
2.3.2.4 Estabelecimento do ideótipo.....	70
2.3.2.5 Seleção das cultivares superiores através do índice de seleção.....	71
2.3.2.6 Aspectos gerais sobre o índice de seleção.....	75
2.3.3 Avaliação dos índices de seleção por locais.....	77
2.3.4 Análise de estabilidade pela metodologia de Eberhart e Russell (1966).....	83
2.3.5 Análise de estabilidade pela metodologia de Lin e Binns (1988a).....	85
2.3.6 Estabilidade do índice através da ecovalência (Wricke e Weber, 1986).....	90
2.3.7 Estimação do grau de determinação genotípica do índice de seleção.....	92
3 CONCLUSÕES.....	95
REFERÊNCIAS.....	96
ANEXOS.....	114

RESUMO

Índice de seleção em cultivares de algodoeiro herbáceo

Os índices de seleção são combinações lineares de valores fenotípicos, resultando numa medida que concentra em único valor, os atributos positivos e negativos de cada genótipo para vários caracteres. Por necessitarem das estimativas das variâncias e covariâncias genotípicas e fenotípicas dos caracteres, esses índices são mais indicados para programas de seleção recorrente. Contudo, existem também outros tipos de índices não lineares, conhecidos como não paramétricos que, por não precisarem das estimativas dos parâmetros genéticos, podem ser utilizados na seleção de cultivares em fase final dos programas de melhoramento. Para essa situação, uma alternativa bastante promissora é o emprego do índice de seleção de cultivares proposto por Garcia (1998) que é uma medida de distância genética entre cada genótipo a um ideótipo. Esta técnica permite a aplicação de teste de comparação de médias e a identificação de genótipos com desempenhos abaixo dos critérios mínimos definidos pelo melhorista. Este trabalho teve como objetivos avaliar a viabilidade do índice proposto por Garcia (1998) na identificação de genótipos superiores de algodão, estimar os parâmetros de estabilidade do índice e verificar quanto da variação fenotípica do índice é de natureza genotípica. Foram utilizados quinze genótipos de algodoeiro do Ensaio Estadual de Algodoeiro Herbáceo (2000/01) avaliados em 27 locais sob o delineamento de blocos ao caso com quatro repetições. Os caracteres avaliados foram produtividade de algodão em caroço (kg/ha), altura de planta (cm), peso de um capulho (g), porcentagem de fibra (%), resistência da fibra (gf/tex), comprimento da fibra (mm), finura da fibra (IM), ramulose (notas) e bacteriose (notas). Os resultados obtidos evidenciaram que o índice proposto por Garcia (1998) identificou com eficiência as cultivares superiores com destaque para BRS AROEIRA, CNPA 97-4565 e DELTA OPAL. As cultivares mais estáveis foram: CNPA CO 99-01, BRS IPÊ e BRS JATOBÁ, para o índice de seleção e BRS AROEIRA, BRS IPÊ e CNPA 99-01, para a produtividade. Os índices de seleção apresentaram médio e alto coeficiente de determinação genotípica, indicando que é possível antever o sucesso com a seleção utilizando as estimativas do índice proposto por Garcia (1998). Neste aspecto, recomenda-se complementar o emprego do índice de seleção com informações sobre a estabilidade e adaptabilidade das cultivares selecionadas sob condições favoráveis e desfavoráveis.

Palavras-chave: *Gossypium hirsutum*; índice de seleção; seleção de cultivares; estabilidade fenotípica; Cerrado.

ABSTRACT

Selection index in upland cotton cultivars

Selection indices are linear combinations of phenotypic values, which combine in one unique value the positive and negative attributes of each genotype for the characters evaluated. Because these indices need estimates of genetic and phenotypic variances and covariances, their use is best suited in recurrent selection programs. However, other types of non-linear indices also exist, and are known as non-parametric indices; these can be used in selection of cultivars at the final stage of breeding programs, since genetic parameter estimates are not a requirement. In this situation, the selection index developed by Garcia (1998) is a promising alternative. This index is an estimate of the genetic distance from each genotype to an "ideotype". This technique allows the comparison of means and the identification of genotypes with performances that meet the minimum requirements chosen by the breeder. The present work had the following objectives: to evaluate the viability of the Garcia index for the identification of superior genotypes, to estimate the stability parameters of the index and verify how much of the phenotypic variation is genotypic. Fifteen genotypes of the Upland cotton Variety Trials (Ensaio Estadual de Algodoeiro Herbáceo) – 2000/01 were evaluated in 27 locations in randomized complete block design with four replications. Characters assessed were: seed cotton yield (kg/ha), plant height (cm), boll mass (g), lint percentage (%), fiber strength (gf/tex), fiber length (mm), lint micronaire (IM), ramulosis (scores) and bacterial blight (scores). The data showed that the Garcia index identified superior cultivars successfully, as BRS AROEIRA, CNPA 97-4565 and DELTA OPAL. The most stable cultivars were: CNPA CO 99-01, BRS IPÊ and BRS JATOBÁ for selection index and BRS AROEIRA, BRS IPÊ e CNPA 99-01 for yield. The selection indices showed medium and high coefficient of genotypic determination indicating that is possible to expect selection success when the Garcia index is used. We suggest to complementing the use of the selection index with informations about stability and adaptability of the selected cultivars at favorable and unfavorable environments.

Key words: Selection index; cultivar selection; phenotypic stability; *Gossypium hirsutum*; Brazilian savannah.

1 INTRODUÇÃO

A cultura do algodoeiro contribui significativamente com a economia brasileira, sendo cultivada atualmente em todas as regiões do país, abrangendo uma área de 1.151.800 hectares. Neste contexto, o Brasil já detém o sétimo maior parque têxtil do mundo, sendo que em 2004, a cadeia produtiva do algodão movimentou 30 mil empresas responsáveis por 1,5 milhões de empregos diretos e indiretos. As exportações brasileiras de produtos têxteis geraram 2,08 bilhões de dólares, propiciando um saldo na balança comercial de 657 milhões de dólares (ABIT, 2005).

A elevada tecnologia empregada na cultura do algodoeiro, principalmente nas condições do Cerrado, tem propiciado aos produtores brasileiros uma significativa competitividade junto aos maiores produtores mundiais. Na safra 2004/05, a produção obtida de algodão em pluma na região Centro Oeste foi de 869.900 toneladas, o que correspondeu a 62,47% da produção nacional. Neste cenário destaca-se o estado do Mato Grosso, o maior produtor do país, responsável por 43,24% da produção brasileira (CONAB, 2005).

As produtividades médias alcançadas nas últimas safras no Cerrado são iguais ou superiores aos grandes países produtores desta malvacea, tais como China, Estados Unidos, Índia, Austrália e Egito. Uma significativa parcela deste sucesso pode ser atribuída ao melhoramento genético, sobretudo, aos programas desenvolvidos nesta região, que vem apresentando ganhos extraordinários nos últimos dez anos.

Com o objetivo de se obter sucesso na recomendação de novas cultivares, o melhorista procura conduzir seus experimentos em um maior número de locais possíveis e realizar a seleção simultânea dos caracteres de importância econômica, visando estimar a magnitude da interação genótipos x ambientes e os ganhos com a seleção. De maneira geral, o melhoramento genético de qualquer espécie tem como finalidades incrementar as qualidades de interesse já existentes, eliminar as características negativas e introduzir características desejáveis ainda ausentes (FUZZATO, 1999).

Portanto, a obtenção do “genótipo superior” é bastante dificultada, principalmente devido às associações entre os caracteres, muitas vezes com correlações indesejáveis.

Para o caso de correlações negativas, tem-se como principal consequência o fato de que a pressão de seleção para melhoria de uma característica poderá implicar em perdas em outras.

A síntese de populações com base genética ampla favorece a reunião de diversos caracteres em um único germoplasma e as sucessivas gerações de recombinação possibilitarão a quebra de ligações gênicas favorecendo a distribuição independente e, portanto, reduzindo correlações genéticas entre os caracteres. Essas ações irão gerar o material genético básico, com potencial para obtenção de ganhos com a seleção (MORELLO; FREIRE, 2005).

Neste aspecto, uma das alternativas comumente utilizada para amenizar este problema é a seleção simultânea de diversos caracteres, através de emprego dos índices de seleção, que permitem combinar as múltiplas informações contidas na unidade experimental, de tal forma que é possível a seleção com base em um complexo de variáveis que reúna diversos atributos de interesse econômico (GARCIA, 1998; CRUZ; REGAZZI, 2002).

Os primeiros índices de seleção propostos visavam atender principalmente aos programas de seleção recorrente e exigiam a obtenção das estimativas de variâncias e covariâncias genéticas, o que muitas vezes impossibilitava o seu uso na seleção de genótipos em fases finais dos programas de melhoramento, em que os genótipos já estão fixados.

Apesar da eficiência teoricamente comprovada dos índices de seleção, estes têm sido pouco utilizados no melhoramento genético de plantas, sendo mais comumente empregados no melhoramento animal (SANTOS, 2005).

Considerando que as informações na literatura sobre o emprego dos índices de seleção em fases finais dos programas de melhoramento são escassas, o presente trabalho teve como objetivos avaliar a viabilidade do índice de seleção de cultivares proposto por GARCIA (1998) na identificação de genótipos superiores, estimar os parâmetros de estabilidade da produtividade e do índice de seleção e verificar se estes são herdáveis, utilizando os dados do Ensaio Estadual de Algodoeiro Herbáceo do ano agrícola 2000/01.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Revisão bibliográfica

2.1.1 O algodoeiro

O algodoeiro é uma angiosperma da classe das dicotiledôneas, pertencente à ordem Malvales, família Malvaceae, sub-tribo Hibisceas e gênero *Gossypium*. O gênero é composto por 45 espécies diplóides ($2n=2x=26$ cromossomos), oriundas das zonas tropicais e subtropicais do Velho Mundo, e cinco espécies alotetraplóides ($2n=4x=52$ cromossomos), oriundas das zonas tropicais e subtropicais do Novo Mundo.

No gênero *Gossypium*, podem ser observados sete genomas (A - B - C - D - E - F - G), sendo que o algodoeiro anual ou herbáceo (*Gossypium hirsutum* L. r. *latifolium*, Hutch) utilizado neste trabalho, é um alotetraplóide com genoma AADD (ENDRIZZI ; TURCOTTE; KOHEL, 1985; FRYXELL, 1992; MEI et al., 2004). Das espécies alotetraplóides, apenas *G. hirsutum* L. e *G. barbadense* L. são cultivadas. Esta última conhecida como algodoeiro Pima, Egípcio ou Tanguis, é produtora de fibra longa de alta qualidade, sendo cultivada principalmente no Egito, Sudão, Peru, Estados Unidos e em alguns países da antiga União Soviética (FUZZATO, 1999).

Quanto às espécies diplóides, apenas *G. arboreum* L. e *G. herbaceum* têm importância comercial. O genoma A distribui-se pelo Sudeste da África e está presente em *G. herbaceum* e *G. arboreum*, que são as únicas espécies diplóides com fibras fiáveis. O genoma D está presente em espécies distribuídas desde o México até o Peru e Ilhas Galápagos.

O algodoeiro anual, também conhecido com a denominação geral de “upland”, possui porte subarborescente, crescimento indeterminado e produz um número variável de cápsulas (capulhos) com três a cinco lóculos que contêm, em média, 32 a 40 sementes. Geralmente apresenta nectários na face inferior das folhas e na base das flores e possui glândulas produtoras de gossipol (substância tóxica a certos insetos e aos animais não ruminantes), normalmente distribuídas em sua quase totalidade. Suas sementes são cobertas por dois tipos de células diferenciadas que constituem as fibras

longas e fiáveis e as curtas ou o “linter”, as quais proporcionam à cultura um grande valor comercial (FARIAS, 1995; PENNA, 1999).

A produção mundial apoia-se nas fibras oriundas de quatro espécies, sendo que a mais importante é a *G. hirsutum* L., responsável por mais de 90% da fibra produzida (FUZATTO, 1999).

Nessa espécie, o comprimento da fibra varia de média a longa (25,4 a 34,9 mm). *G. barbadense* L. produz fibra extra longa, com mais de 35 mm, e contribui com, aproximadamente, 5% da produção mundial. *G. herbaceum* L. e *G. arboreum* L. são utilizadas na produção de fibras curtas com menos de 25 mm e contribuem com menos de 4% da produção mundial (FUZATTO, 1999).

Com relação ao aspecto reprodutivo, o algodoeiro possui flores hermafroditas, sendo que as taxas de cruzamento natural são variáveis de acordo com os genótipos e os ambientes, principalmente naqueles em que há agentes polinizadores. Em função disto, o algodoeiro tem sido classificado como uma espécie parcialmente autógama ou de reprodução mista (CRISÓSTOMO, 1989; VENCOSKY et al., 2001). Nestas condições, trabalhos de melhoramento genético exigem, como regra, polinização controlada, da mesma forma que a manutenção de pureza nos campos de multiplicação de sementes, depende de barreiras físicas ou de isolamento pela distância. Tratando-se de pólen pesado e viscoso, seu transporte pelo vento é praticamente nulo, sendo realizado essencialmente por insetos que freqüentam as flores recém abertas (FUZATTO, 1999).

A taxa de fecundação cruzada já foi estimada em várias oportunidades, variando de 5 a 75% no algodoeiro herbáceo (CAVALERI; GRIDI-PAPP, 1963; GRIDI-PAPP, 1965; SCOTTI; TURKIEWICZ; DIAS, 1980; SANTOS; FREIRE, 1980; MORESCO, 1999; XANTHOPOULOS; KECHAGIA, 2000; FREIRE, 2002; SEN et al., 2004; BARROSO et al., 2005).

O isolamento de materiais genéticos cultivados em áreas contíguas pode ser feito por barreiras físicas, constituídas por cinco a dez fileiras de plantas altas e de crescimento rápido, como milho, sorgo, crotalária, entre outras. Na ausência de barreiras, torna-se necessário um distanciamento de, pelo menos 300 metros e

eliminação de uma bordadura de, no mínimo, 30 metros para que o campo possa ser aproveitado como semente (FUZATTO, 1999).

Neste aspecto, os trabalhos conduzidos no programa de melhoramento da Embrapa Algodão exigem como regra básica, a indução da autofecundação através do amarrão dos botões florais e a manutenção da pureza genética dos campos de pequenos (CPA) e grandes aumentos (CGA) utilizando barreiras físicas ou pelo isolamento através de distância mínima de 300m entre os campos de sementes genéticas (FREIRE; COSTA, 1999; FREIRE; FARIAS, 2005).

2.1.2 O melhoramento do algodoeiro no Cerrado

O sistema de produção do algodoeiro predominante na região do Cerrado caracteriza-se pelo uso intensivo de insumos e defensivos agrícolas, emprego de maquinários da semeadura a colheita, comercialização da pluma diretamente com as indústrias têxteis e de óleo, exigindo cultivares de alto rendimento de pluma e com características tecnológicas que atendam às exigências das indústrias do Brasil e dos mercados importadores da América Latina, Ásia e Europa. Além disso, os agroempresários têm presença atuante nas organizações e associações que representam os seus interesses junto ao governo e ao agronegócio da cadeia produtiva do algodão.

Apesar da adequada aptidão e do alto desempenho das cultivares plantadas, três fatores ainda comprometem a ampliação da atividade algodoeira no Cerrado, sendo estes: a elevação dos custos de produção (maior ou igual a US\$ 1.500,00/ha); a predominância de cultivares sensíveis a viroses (CNPA ITA 90, Deltapine Acala 90, FM 966) que, apesar de altamente produtivas, são susceptíveis às doenças foliares que ocorrem normalmente na região e; a não disponibilidade de cultivares transgênicas oficialmente liberadas para cultivo no Brasil (FREIRE; FARIAS, 2005).

O Programa de Melhoramento do Algodoeiro no Cerrado (região Centro Oeste) teve seu início em 1989. Até então, a EMPA (Empresa Mato Grossense de Pesquisa Agropecuária) executava os trabalhos com a cultura do algodoeiro que se restringiam à avaliação de cultivares desenvolvidas pelo IAC (Instituto Agrônomo de Campinas),

IAPAR (Instituto Agrônômico do Estado do Paraná) e Embrapa nos estados de São Paulo, Paraná e no Nordeste. Com a extinção da EMPA em 1964, os trabalhos passaram a ser conduzidos pela EMPAER - MT (Empresa Mato-Grossense de Pesquisa, Assistência e Extensão Rural do Mato Grosso).

Nos experimentos de competição de cultivares, os genótipos promissores que apresentavam comportamento produtivo superiores eram indicados para cultivo e procurava-se adquirir sementes nos estados de origem para distribuição aos produtores do Centro Oeste. Entretanto, verificou-se que, além do problema de cultivares, existiam, no estado, outras limitações à pesquisa que deveriam ser sanadas imediatamente (FREIRE; FARIAS, 1998).

Visando atenuar estes problemas, em 1989 foi estabelecido um convênio entre a Embrapa Algodão e o grupo Itamarati, com o objetivo de gerar tecnologias para a exploração econômica do algodão no Cerrado, incluindo a introdução e avaliação de cultivares e o melhoramento do algodoeiro de fibras médias e longas.

Entretanto, constatou-se rapidamente que a expansão da cotonicultura do Cerrado dependia da geração de tecnologias na própria região, haja vista que a importação de cultivares e utilização de técnicas de outras regiões e países resultaram em produções insuficientes para cobrir os custos de produção. Um outro agravante é que as condições edafoclimáticas da região Centro Oeste são completamente distintas das demais regiões cotonícolas do país.

Neste aspecto, as seguintes prioridades foram definidas visando o desenvolvimento de tecnologias (FREIRE; FARIAS, 1998):

- a) Cultivares mais adaptadas e resistentes às principais pragas e doenças da região;
- b) Épocas de semeadura que propiciassem maiores rendimentos e menores riscos;
- c) Estudo das principais pragas e doenças de importância econômica e;
- d) Estudo de dosagens adequadas de insumos agrícolas (adubos, herbicidas, reguladores de crescimento e desfolhantes), as quais deveriam ser difundidas imediatamente entre os produtores.

No período entre 1989 e 1997, o programa de melhoramento do algodoeiro para o Cerrado introduziu e avaliou diversas cultivares e linhagens oriundas dos Estados Unidos, Austrália, França, Israel, China, Egito e de algumas regiões do Brasil. Nesta fase foram selecionadas 14.044 plantas matrizes, avaliadas 3.159 progênies, 371 linhagens e 162 cultivares ao nível regional através da condução de 265 experimentos. No início, foram realizadas seleções diretas entre plantas das melhores cultivares e, em seguida, foram realizados cruzamentos biparentais (FREIRE; FARIAS, 1998).

Neste período, o programa de melhoramento conseguiu formalizar parcerias importantes que contribuíram decisivamente para atingir as metas previstas. Em ordem cronológica foram consolidadas as seguintes parcerias:

- 1989**-Estabelecimento do convênio Embrapa Algodão x Itamarati Norte S.A para pesquisa com o algodão;
- 1991**-Incorporação da EMPAER - MT ao programa, possibilitando a avaliação das cultivares em todo o estado;
- 1994**-Incorporação da Embrapa Rondônia e EMPAER - MS ao programa, possibilitando a condução dos experimentos regionalmente;
- 1995**-Estabelecimento do convênio Embrapa x Fundação MT, que possibilitou um maior aporte de recursos para a pesquisa no Cerrado, contando ainda com a participação do IAC, IAPAR e COODETEC;
- 1997**-Reestruturação do programa de melhoramento que passou a ter suas linhagens avaliadas em MT, MS, GO, RO, PR e BA;
- 2000**-Término do convênio Embrapa Algodão e Fundação Mato Grosso.
- 2002**-Estabelecimento do convênio Embrapa Algodão e Fundação Centro Oeste.

Considerando apenas as pesquisas com o melhoramento genético, no período de 1992 a 1999, a Embrapa Algodão, o Grupo Itamarati, a EMPAER e a Fundação Mato Grosso, foram desenvolvidas as seguintes cultivares: CNPA ITA 90, CNPA ITA 92, BRS ITA 96, CNPA ITA 97, BRS ANTARES e BRS FACUAL, sendo que os genótipos CNPA ITA 90 e CNPA ITA 92 foram obtidas durante o convênio Embrapa e Grupo Itamarati Norte (FARIAS et al., 1999).

Na safra 2001/2002, a Embrapa, em cooperação com a Fundação Centro Oeste, Fundação Goiás e Fundação Bahia, recomendaram quatro novas cultivares: BRS AROEIRA, BRS SUCUPIRA, BRS IPÊ e BRS CEDRO aos produtores do Cerrado e uma cultivar (BRS ITAÚBA) para uso na agricultura familiar (FARIAS et al., 2003)

Em 2002/03, o programa desenvolveu a variedade BRS JATOBÁ (Embrapa, 2003) e, na safra 2003/04, decidiu-se pelo lançamento de uma nova cultivar denominada BRS ARAÇÁ, além de terem sido identificadas três linhagens de algodão colorido precoces e de porte baixo, nas tonalidades creme, marrom e verde (CNPA TB 90 Creme, CNPA AMT 19 e BRS VERDE, respectivamente). As sementes destes materiais foram multiplicadas e encaminhadas à EMPAER e à FETAGRI (Federação dos Agricultores do Estado do Mato Grosso), para fins de demonstração junto aos produtores familiares (FREIRE; FARIAS, 2005).

No ano agrícola 2004/05, o programa foi ampliado, sendo os experimentos de campos distribuídos em mais de 60 pontos de pesquisa no Brasil, com concentração nos estados do Mato Grosso, Goiás, Mato Grosso do Sul, Bahia, Piauí e Maranhão. Em 2005, foi recomendada a cultivar BRS BURITI para as condições de Cerrado do estado de Goiás (MORELLO et al., 2005).

O esquema básico de melhoramento adotado pela Embrapa Algodão é apresentado na Figura 1 e na Tabela 1, encontram-se as principais cultivares desenvolvidas pelo programa no período de 1989 a 2005 (FARIAS; FREIRE, 2001; FARIAS et al., 2003, EMBRAPA, 2005).

Atualmente, o programa de melhoramento do algodoeiro para as condições da região Centro Oeste tem como objetivo fundamental o desenvolvimento de cultivares de competitivas para as condições do Cerrado e da agricultura familiar. Os genótipos selecionados devem possuir elevadas produtividades, alto rendimento de pluma, com elevado grau de resistência às principais doenças da região e com caracteres tecnológicos de fibras que atendam às exigências da indústria têxtil nacional e internacional (FREIRE; FARIAS, 2005).

Figura 1 - Esquema geral do programa de melhoramento do algodoeiro para as condições do Cerrado e agricultura familiar desenvolvido pela Embrapa Algodão e suas parcerias.

Tabela 1- Cultivares de Algodão Herbáceo desenvolvidas pelo programa de melhoramento do Algodoeiro para o Cerrado da Embrapa Algodão no período de 1989 a 2005

Cultivares	Origem	Lançamento	Características (3)
CNPA ITA 90	DELTAPINE ACALA 90	1992	PRO e QF
CNPA ITA 91	IAC 80 –138	1993	RMD e QF
CNPA ITA 92	SEALAND 542	1993	QF
CNPA ITA 96	(AUBURN 56 x DELTAPINE)	1996	RMD
BRS ANTARES	SRI ₅	1997	RMD
BRS FACUAL	SRI ₅ (1) x SICALA 3-4(94-171)	1998	RMD
BRS AROEIRA	CNPA ITA 90	2001	PRO e RMD
BRS IPÊ	CNPA 97-2046	2001	PRO e RMD
BRS SUCUPIRA	CNPA 97 –700	2001	PRO e RMD
BRS ITAÚBA	CNPA 96-268(CS 50)	2001	PRO e RMD
BRS ITA 90-2	CNPA ITA 90	2001	PRO e RMD
BRS 197	CNPA 94-151	2001	PRO e RMD
BRS CEDRO	CNPA 97-1067	2002	PRO e QF
BRS ACALA	ACALA 90	2003	PRO e QF
BRS ACÁCIA	CNPA 96-117	2003	PRO e QF
BRS JATOBÁ	CNPA 97- 668	2004	RMD
BRS PEROBA	CNPA 98-7663	2004	RMD
BRS CAMAÇARI	CNPA 97-1682	2004	PRO e RMD
BRS ARAÇÁ	CNPA 98-6399	2005	PRO e QF
BRS BURITI	CNPA 2000-1167 (2)	2005	PRO e RMD

¹ SRI₅: Seleção recorrente intrapopulacional – quinto ciclo de re-seleção.

² Cruzamento CS 50 x BRS FACUAL).

³ PRO : Produtividade; RMD: Resistência múltipla às doenças; QF : Qualidade de fibras.

Com a liberação do cultivo comercial e pesquisa dos organismos geneticamente modificados (OGMs) em março de 2005 pelo Governo Federal (BARROSO, 2005), uma nova etapa se inicia na cotonicultura nacional, pois com o advento da transgenia, será possível incorporar características especiais oriundas de outros organismos em cultivares de algodão, o que era até então impossível através do “melhoramento clássico”, em função de barreiras reprodutivas.

Atualmente já existem oito eventos comerciais registrados para uso na cultura do algodão no mundo, enquanto que no Brasil, apenas um evento encontra-se liberado para o ano agrícola 2005/06. Dos eventos transgênicos disponíveis ao nível mundial destacam-se o Bolgard I[®] e II[®], Wide Strike[®], VipCot[®], e CPTI[®] para resistência a lepidópteros e Roundup[®], RoundupFlex[®] e Liberty Link[®] para tolerância a herbicidas. Entre as tecnologias futuras, ressalta-se ainda o evento para a resistência ao bicudo, considerada a principal praga do algodoeiro, em desenvolvimento pela Embrapa (MORELLO; FREIRE, 2005).

Diante destas mudanças, o programa de melhoramento da Embrapa Algodão, em parceria com a Embrapa Cenargen, universidades públicas e as instituições de fomento à pesquisa dos estados do Mato Grosso (FACUAL), Goiás (FIALGO) e Bahia (FUNDEAGRO) estão se estruturando para incrementar as pesquisas visando a obtenção de eventos transgênicos resistentes às principais pragas do algodoeiro e aos herbicidas comumente utilizados na cultura.

Os principais métodos de melhoramento utilizados pela equipe da Embrapa Algodão são: Seleção massal, Seleção genealógica (Pedigree), Seleção Pedigree -Massal, Método da População (Bulk) modificado, Seleção Recorrente e Retrocruzamento (FREIRE; COSTA, 1999).

2.1.3 Teoria e aplicação dos índices de seleção

Nos programas de melhoramento genético, é usual a mensuração de vários caracteres com o objetivo de se praticar a seleção simultaneamente para alguns deles. Neste aspecto, a linhagem selecionada deve reunir uma série de atributos favoráveis

capazes de superar a testemunha e, ao mesmo tempo, satisfazer as exigências do consumidor com relação à qualidade do produto.

A seleção com base em um ou poucos caracteres pode resultar em alterações desfavoráveis em outros, devido à presença de correlações genéticas negativas entre eles. Para amenizar este problema, uma estratégia que vem sendo utilizada pelos melhoristas é o emprego dos índices de seleção, os quais possibilitam agregar múltiplas informações contidas na unidade experimental, visando a seleção com base em um conjunto de variáveis que reúna vários atributos de interesse econômico (CRUZ; REGAZZI, 2002).

O índice de seleção é a combinação linear de valores fenotípicos, o qual resulta numa medida que concentra, num único valor, os méritos e os deméritos de cada genótipo para vários caracteres (GARCIA; SOUZA JÚNIOR, 1999).

Na literatura, encontram-se vários estudos comparativos entre os critérios de seleção com base no “índice de seleção”, no método de seleção em “tandem” e nos níveis independentes de eliminação. O método de seleção em “tandem” baseia-se na seleção de um caráter, na expectativa de que os caracteres que não estejam sendo considerados permaneçam inalterados ou que sejam melhorados indiretamente nos casos em que há correlações favoráveis. O método dos níveis independentes de eliminação baseia-se no estabelecimento de níveis mínimos (ou máximos) para cada caráter, de modo que a seleção é feita entre os indivíduos cujo desempenho está entre o desejado e o limite pré-estabelecido (CRUZ; REGAZZI, 2002).

A utilização dos índices de seleção é limitada, em algumas situações, pela dificuldade de estabelecimento de pesos econômicos aos vários caracteres. A eficiência do índice dependerá das estimativas precisas de variâncias e covariâncias genéticas e fenotípicas (GARCIA, 1998; CRUZ; REGAZZI, 2002; SANTOS, 2005).

A seguir serão descritos os principais índices disponíveis na literatura e comumente usados no melhoramento de plantas, com ênfase aos que foram empregados neste trabalho.

2.1.3.1 Índices lineares ou otimizados

A primeira referência sobre o emprego de índices no melhoramento de plantas foi proposta por Smith (1936), que introduziu o conceito de valor genotípico, combinando covariâncias genéticas e fenotípicas com os caracteres e seus respectivos valores econômicos. Levando-se em consideração a impossibilidade de se avaliar diretamente o valor genotípico de um indivíduo, Fisher (1936) propôs que este poderia ser estimado através de uma função linear de valores fenotípicos observáveis. Esta proposta ficou conhecida como índice clássico de Smith (1936) e Hazel (1943). O último autor adaptou o índice para ser utilizado no melhoramento animal (LIN, 1978; HAZEL; DICKERSON; FREEMAN, 2004).

A proposta original sofreu, ao longo do tempo, algumas modificações (HAZEL, 1943; BAKER, 1986; WRICKE; WEBER, 1986), como a realizada por Williams (1962a, 1962b). Neste aspecto, o termo índice de seleção otimizado foi utilizado no sentido de permitir diferenciar as modificações da proposta original de Smith (1936).

Segundo Baker (1986), embora muitas modificações tenham sido propostas posteriormente, a maioria dos índices provém da solução do seguinte sistema de equações, conforme a expressão da eq. (1):

$$Pb = Ga \quad (1)$$

Em que,

P : matriz formada por estimativas das variâncias e covariâncias fenotípicas entre os caracteres de dimensões $n \times n$;

G : matriz simétrica formada por estimativas das variâncias e covariâncias genotípicas entre os caracteres de dimensões $n \times n$;

a : vetor formado pelos pesos econômicos relativos de dimensões $n \times 1$;

b : vetor formado pelos coeficientes de índice de seleção, que devem ser obtidos de dimensões $n \times 1$.

Os coeficientes dos índices são obtidos facilmente a partir da equação:

$$b = P^{-1}Ga \quad (2)$$

Em que,

P^{-1} é o inverso da matriz de variâncias e covariâncias fenotípicas que possui posto completo (matriz não singular).

O índice otimizado tem como objetivo aumentar os valores genotípicos dos materiais que compõem uma população, melhorando-a geneticamente para todos os caracteres sob seleção. Assim, para um grupo com n caracteres com medidas fenotípicas P_j disponíveis ($j=1, 2, \dots, n$), há um grupo correspondente de n valores genotípicos, com valores G_j ($j=1, 2, \dots, n$), que deverá ser melhorado por meio de seleção aplicada em P_j . Desse modo, podem ser construídos dois índices como combinações lineares destes valores. A saber, o índice (I), fenotípico, eq. (3), e o valor genotípico (W), eq. (4):

$$I = b_1 P_1 + \dots + b_t P_t + b_n P_n = \sum_{j=1}^n b_j P_j \quad \text{fenotípico,} \quad (3)$$

$$W = a_1 G_1 + \dots + a_t G_t + a_n G_n = \sum_{i=1}^n a_i G_i, \quad \text{genotípico,} \quad (4)$$

em que:

n : é o número de caracteres avaliados;

P_t : é o valor fenotípico do t -ésimo caráter (mensurável);

b_t : é o peso do caráter no índice de seleção a ser obtido;

G_t : valor genotípico do t -ésimo caráter (não mensurável);

a_t : peso do valor genotípico do caráter.

Fica claro, contudo, que o emprego do índice otimizado foi idealizado para melhorar o valor genotípico da população, ou seja, aumentar os valores genotípicos dos indivíduos que compõem a população, melhorando-a para todos os caracteres sob seleção. Neste contexto, selecionam-se os genótipos que mais contribuem para a melhoria do valor genotípico populacional, independentemente de seu desempenho para caracteres individuais.

Entretanto, Wricke e Weber (1986) relatam que um dos problemas encontrados no emprego de índices desse tipo é a dificuldade de atribuir pesos econômicos adequados, pois na prática, não é fácil atribuir pesos relativos entre os caracteres.

Segundo Garcia e Souza Júnior (1999), o índice otimizado é perfeitamente adequado às situações existentes nos programas de seleção recorrente, em que se visa o aumento do conjunto de alelos favoráveis relacionados aos caracteres de interesse da população sob seleção, embora haja dificuldade em atribuir pesos econômicos entre os caracteres.

A partir dos valores dos índices, são selecionados os genótipos que mais contribuem para a melhoria do valor genotípico populacional, independentemente de seu desempenho para caracteres individuais. Genótipos com desempenho inferior para uma ou mais características poderão ser selecionados, desde que apresentem alelos favoráveis para os demais caracteres.

Porém, essa não é uma situação encontrada nas etapas finais dos programas de melhoramento, em que os genótipos com alguma característica cujo desempenho esteja abaixo dos níveis mínimos comerciais exigidos não podem ser selecionados. Além do mais, não haverá recombinação dos genótipos selecionados e não há estimativas dos parâmetros genéticos requeridos para o cálculo dos índices (GARCIA; SOUZA JÚNIOR, 1999).

Além disso, nessa fase final, é necessário que os genótipos selecionados tenham superioridade estatisticamente comprovada, isto é, com base em um teste de médias. Por estas razões, os índices lineares ou otimizados não são adequados para serem utilizados na seleção de cultivares em fase final dos programas de melhoramento (GARCIA, 1998; SANTOS, 2005).

Após o advento do índice clássico proposto por Smith (1936) e Hazel (1943), outros índices lineares foram desenvolvidos dentre os quais destacam-se: os índices básicos (BRIM; JOHNSON; COCKERHAM, 1959; WILLIAMS, 1962a); os índices básicos modificados (SMITH; HALLAUER; RUSSEL, 1981); os índices restritos (KEMPTHORNE; NORDSKOG, 1959; TALLIS, 1962; RAO, 1962; CUNNIGHAM; MOEN; GJEDREM, 1970) e os índices de resposta à seleção desejada (PESEK; BAKER, 1969; TAI, 1977).

Convém destacar que todos estes índices lineares citados baseiam-se na proposta original do índice clássico (SMITH, 1936; HAZEL, 1943).

Uma revisão detalhada sobre o emprego destas metodologias pode ser realizada nos trabalhos publicados por Lin (1978), Baker (1986), Garcia (1998), Cruz e Regazzi (2002) e Cruz e Carneiro (2003). Por não se adequarem à seleção de genótipos em fase finais dos programas de melhoramento, estes índices não serão discutidos nesta revisão.

2.1.3.2 Índices não lineares ou não paramétricos

2.1.3.2.1 Índice multiplicativo

Conhecido também como índice livre de pesos e livre de parâmetros, este modelo foi desenvolvido por Elston (1963) e caracteriza-se por não exigir o estabelecimento de pesos econômicos relativos aos vários caracteres e a estimação das variâncias e covariâncias fenotípicas e genotípicas. Tal índice, como os demais, classifica os genótipos para todos os caracteres ao mesmo tempo, permitindo efetuar as seleções com base em um único valor, com a vantagem de prescindir de estimativas e pesos nem sempre disponíveis.

Por não necessitar de estimativas de parâmetros genéticos e não pressupor a existência de um valor genotípico populacional que deva ser melhorado, adapta-se tanto aos programas de seleção recorrente, como às etapas finais dos programas de melhoramento para obtenção de cultivares, o que não ocorre com os índices lineares. Neste contexto, todos os caracteres recebem a mesma ênfase na seleção, sendo impossível atribuir-lhes qualquer peso (GARCIA, 1998).

O índice multiplicativo pode ser escrito na sua forma geral observado na eq. (5):

$$I = \prod_{i=1}^n (p_i - k_i) = (p_1 - k_1)(p_2 - k_2) \dots (p_n - k_n) \quad (5)$$

Em que,

p_t : valor fenotípico do t-ésimo caráter, $t = 1, 2, \dots, n$;

k_t : limite de eliminação do t-ésimo caráter, ou seja, o valor mínimo (ou máximo) estabelecido pelo melhorista para o t-ésimo caráter, acima (ou abaixo) do qual os genótipos são descartados.

O descarte de um genótipo se dá quando, ao menos em uma das diferenças ($p_t - k_t$), o valor de p_t for superior ao limite de eliminação k_t , se o que se deseja é a redução da expressão do caráter pela seleção ou, inversamente, se o valor de p_t for inferior ao k_t , sendo o objetivo da seleção, nesse caso, o aumento da expressão do caráter.

Os genótipos escolhidos com base nesse procedimento são aproximadamente os mesmos, quando utilizados os índices lineares e os pesos econômicos são iguais. Sendo assim, o autor supôs que cada valor de g_t possa ser aproximado por sua medida fenotípica p_t . Neste contexto, a região delimitadora aproxima-se de uma linha reta, se os valores de p_t estiverem expressos em unidades adequadas. Após a obtenção das medidas, deve-se maximizar a função que delimita a área de interesse. Na prática, esse procedimento simples evita a necessidade de se estimarem parâmetros, devendo resultar, como relatado anteriormente, na seleção dos mesmos genótipos que aqueles escolhidos com o índice linear.

De acordo com Garcia (1998), para a obtenção do índice de seleção multiplicativo, alguns passos devem ser considerados:

- a) Tomada de escalas para os diferentes caracteres de forma que os melhores genótipos sempre possuam os maiores valores. Para caracteres em que os menores valores são os desejados, muda-se a escala com a utilização dos recíprocos dos valores, ou ainda, multiplicando todos eles por -1;
- b) Caso a distribuição dos caracteres seja diferente, aplica-se uma transformação para uniformizá-las, pelo menos quanto ao número de modas. A distribuição pode ser validada por meio de histogramas simples;

- c) Para cada medida de cada caráter, subtrai-se o menor valor de ocorrência entre elas, ou seja, obtém-se $(p_i - k_i)$, efetuando-se um ajuste da escala;
- d) Se os histogramas obtidos para os vários caracteres tiverem formas similares, calcula-se o índice.

Teoricamente, o índice proposto por Elston (1963) preenche todos os pré-requisitos na classificação de genótipos com relação a diversos caracteres simultaneamente, sendo assim adequado às etapas finais dos programas de desenvolvimento de cultivares.

Contudo, alguns problemas podem surgir em suas aplicações reais. Inicialmente, nota-se que, por ser multiplicativo, impede que o melhorista atribua qualquer peso arbitrário a algum caráter já que, multiplicar o valor de qualquer caráter por um peso, significa apenas alterar a escala do índice e não priorizar um caráter sobre os demais.

Isto, na prática, pode ser um problema, pois em situações reais, embora exista dificuldade em se atribuir pesos, muitas vezes isto é possível e desejável. Como exemplo, pode ser citado o caráter produtividade que geralmente é mais importante que os demais (GARCIA, 1998).

Garcia e Souza Júnior (1999) utilizando dados do Ensaio Nacional de cultivares de milho referentes ao ano agrícola 1996/97 empregaram o índice multiplicativo proposto por Elston (1963) e verificaram que o referido índice não é apropriado para situações onde se utilizam genótipos em fase final de avaliação, por apresentar várias restrições quanto ao uso no programa de seleção de cultivares, dentre elas destaca-se a impossibilidade de testar as médias dos genótipos.

Já Vilarinho (2001) avaliando famílias S_1 e S_2 em um programa de melhoramento intrapopulacional para obtenção de híbridos de milho pipoca, constatou que o índice multiplicativo foi eficiente em proporcionar ganhos simultâneos de 70,7kg/ha e 0,53 ml/g para as variáveis produção e capacidade de expansão (CE) respectivamente.

Granate; Cruz; Pacheco (2002) avaliaram a produção, capacidade de expansão e outras características em 166 famílias de meios irmãos oriundas do composto de milho pipoca CMS-43 e verificaram que o ganho predito com índice multiplicativo foi de

6,64%, entretanto, este foi acompanhado por ganhos indesejáveis em outras características.

2.1.3.2.2 Índice da soma de classificação ou soma de postos

Este índice foi proposto por Mulamba e Mock (1978) e caracteriza-se por classificar os genótipos em relação a cada um dos caracteres, em ordem favorável aos objetivos do melhorista. Semelhante ao índice multiplicativo, não requer a estimação das variâncias e covariâncias fenotípicas e genotípicas e o estabelecimento dos pesos econômicos. Portanto, pode, teoricamente, ser utilizado na seleção de genótipos nas fases finais dos programas de melhoramento.

O índice é obtido somando os valores de classificação para cada caráter, de cada genótipo, eq (6):

$$I_i = \sum n_{ij} \quad (6)$$

Em que,

I_i : índice para o genótipo i ;

n_{ij} : número de classificação da variável j para o genótipo i .

Neste aspecto, os melhores genótipos terão menores valores para I_i e sua classificação é facilmente realizada, sem a necessidade de obtenção de parâmetros genéticos. Devido às suas propriedades, pode ser utilizado em programas de seleção recorrente e de seleção de cultivares, assim como o índice multiplicativo. Porém, na prática, o índice da soma de classificação não permite descartar genótipos que não satisfaçam as exigências mínimas do mercado, o que inviabiliza o seu uso, já que nas etapas finais de seleção de cultivares, alguns genótipos não devem ser selecionados por apresentarem caracteres com valores diferentes das exigências comerciais (GARCIA, 1998).

Uma outra limitação deste índice é fato do mesmo não prever o emprego de testes estatísticos por meio dos quais se possa verificar a significância das diferenças observadas entre os genótipos (GARCIA; SOUZA JÚNIOR, 1999; SANTOS, 2005). Tal fato pode levar a interpretações errôneas quanto às reais diferenças entre os genótipos nas fases finais de avaliação.

Garcia e Souza Júnior (1999) ao compararem o índice de seleção não linear proposto por Mulamba e Mock (1978) com uma nova proposta de índice de seleção para classificar cultivares em fase final de melhoramento, verificaram que o referido índice não foi eficiente, por não permitir o descarte de genótipos com níveis inferiores, o que, segundo o autor praticamente inviabiliza o seu uso, pois, no caso considerado, tais genótipos jamais seriam selecionados.

Vilarinho (2001) ao avaliar a produção e a capacidade de expansão em cem progênies S_1 e duzentos e vinte e cinco progênies S_2 obtidas da população de milho pipoca Beija Flor verificou que para a seleção de 30 famílias, o melhor índice foi o de Mulamba e Mock (1978) com pesos 1 e 3 para produção e capacidade de expansão (CE) respectivamente, proporcionando um ganho predito de 0,81 mL/g para CE.

Câmara (2002) avaliando famílias S_3 da mesma população trabalhada por Vilarinho (2001) observou que a melhor estratégia de seleção visando o melhoramento populacional e a obtenção de progênies superiores foi também o emprego do índice de Mulamba e Mock (1978) com pesos 3 e 1 para a capacidade de expansão e produção de grãos respectivamente.

Com o objetivo de tornar o processo de seleção de cultivares de batata mais eficiente, Silva et al (2003) propuseram uma modificação no índice desenvolvido por Mulamba e Mock (1978) associando ao método o teste de Scott e Knott (1974) e verificaram que, a aplicação do índice melhorou a precisão e conferiu um maior rigor estatístico à seleção para vários caracteres.

2.1.3.2.3 Índice de Schwarzbach (1972)

O índice baseado em medida de distância proposto por Schwarzbach, 1972 apud Wricke e Weber (1986), também não requer estimativas de parâmetros genéticos. Neste caso, pressupõe-se que os valores fenotípicos sejam boas aproximações dos genotípicos e obtêm-se, a partir das médias fenotípicas, distâncias de cada genótipo a um genótipo ideal, fixado pelo melhorista para todos os n caracteres considerados.

No cálculo do índice de Schwarzbach, podem ser empregadas como medidas a distância euclidiana ou a distância de Mahalanobis. Apesar da distância euclidiana

média padronizada contornar problemas inerentes ao número e à escala dos caracteres avaliados, a mesma apresenta o inconveniente de não levar em consideração as correlações residuais entre os caracteres disponíveis.

Entretanto, Garcia (1998) justifica que a escolha da distância euclidiana média como medida para classificar os genótipos tem a vantagem de permitir que a ausência eventual de alguma medida fenotípica não impede que o índice seja calculado para o dado genótipo, bastando para isso ajustar a expressão da distância. Uma vantagem adicional é que a sua interpretação é mais simples que a de outros tipos de distância, como a distância generalizada de Mahalanobis (D^2).

Neste aspecto, para qualquer número n de caracteres medidos, a distância euclidiana de cada genótipo ao ideótipo I é expressa na eq. (7):

$$d_{il} = \sqrt{\sum_{j=1}^n (x_{ij} - x_{lj})^2} \quad (7)$$

em que,

d_{il} : distância euclidiana do genótipo i ao genótipo ideal I ;

x_{ij} : fenótipo do caráter j no genótipo i ;

x_{lj} : valor do genótipo ideal para o caráter j (determinado pelo melhorista).

Os genótipos superiores estarão mais próximos do ideótipo, sendo então selecionados. O cálculo das distâncias só pode ser feito se todos os dados estiverem na mesma escala.

Embora, teoricamente, seu uso seja possível, tanto nos programas de seleção recorrente como nas etapas finais dos programas de seleção de cultivares, este índice tem as mesmas limitações do índice de soma de classificação, ou seja, não permite que os genótipos que não satisfaçam as exigências mínimas do mercado sejam descartados e também não considera o fato das médias fenotípicas não serem estatisticamente diferentes, o que deveria ser levado em conta nos cálculos (GARCIA, 1998). Uma vantagem que apresenta sobre o índice de Elston (1963) é a possibilidade de efetuar ponderações.

Com o objetivo de avaliar a eficiência deste método na seleção de cultivares em fase final de avaliação, Garcia e Souza Júnior (1999) verificaram que o índice de

Schwarzbach mostrou-se ineficiente ao selecionar as cultivares, além de não permitir o descarte de genótipos que não satisfaçam as exigências mínimas de mercado.

2.1.3.2.4 Índice de seleção de cultivares

O emprego do índice de seleção é uma prática difundida entre os melhoristas por promover, teoricamente, o melhoramento simultâneo dos caracteres desejados.

Conforme mencionado, é comum a descrição na literatura, de uma série de índices de seleção, cuja aplicação se destina principalmente a programas de seleção recorrente, pois neste caso, pressupõe-se a existência de um valor genotípico a ser melhorado.

Em contrapartida, são escassas as informações sobre o emprego do índice de seleção de genótipos nas fases finais dos programas de melhoramento, quando não existe a referida pressuposição. Um outro aspecto desconsiderado na metodologia de vários índices é que estes não consideram a possibilidade de realização de testes estatísticos de comparação de médias, os quais são imprescindíveis no processo de seleção de cultivares.

Diante desta limitação, Garcia (1998) desenvolveu um índice aplicável à seleção de cultivares, o qual possibilita a classificação, identificação e seleção de genótipos superiores para todos os caracteres considerados. O emprego deste índice também contempla a possibilidade de descarte dos genótipos com desempenho abaixo das exigências mínimas para certos caracteres, sem ser necessária a atribuição de valores econômicos relativos e a estimação de parâmetros genéticos.

As etapas exigidas para obtenção do índice de seleção de cultivares proposto por Garcia (1998), são as seguintes:

- a) Agrupamento de médias e obtenção de recíprocos;
- b) Definição dos níveis mínimos aceitáveis (N_m) para cada caráter;
- c) Transformação dos dados;
- d) Definição do ideótipo;
- e) Cálculo das distâncias euclidianas médias em relação ao ideótipo e;
- f) Classificação e seleção dos genótipos superiores.

Para verificar a adequação do índice proposto, Garcia (1998) utilizou dados do Experimento Nacional de Milho Precoce, referente ao ano agrícola 1996/97 e compararam os resultados com os seguintes índices: Elston (1963); Schwarzbach, 1972 apud Wricke e Weber (1986) e Mulamba e Mock (1978). Os resultados obtidos com o uso do índice de seleção proposto evidenciaram a eficiência do mesmo em classificar os genótipos satisfatoriamente, com a ressalva de que no teste de agrupamento de médias fenotípicas (SCOTT; KNOTT, 1974) sejam fixados níveis de significância adequados na avaliação dos diferentes caracteres.

Farias et al (2004) ao compararem o índice de seleção proposto por Garcia (1998) com o de Mulamba e Mock (1978) utilizando cultivares elites de algodão, verificaram que o primeiro índice foi mais eficiente na discriminação das cultivares superiores por estar embasado em testes estatísticos na comparação das médias.

Santos (2005) ao avaliar 88 pré-cultivares de soja através do índice de seleção proposto por Garcia (1998) verificou que o referido índice foi eficiente na seleção dos genótipos superiores, utilizando tanto a Distância Euclidiana, como a de Mahalanobis, embora os melhores resultados tenham sido obtidos com a segunda.

2.1.3.2.5 Controle genético do índice de seleção

Em um programa de melhoramento, para que uma característica ou variável seja utilizada na seleção, a mesma deve ser controlada geneticamente. Por isso, é importante obter a estimativa da herdabilidade do caráter, que estima quanto da variação fenotípica poderá ser transmitida à descendência, e assim, avaliar a possibilidade de sucesso com a seleção. Diante de que nem sempre é possível estimar a herdabilidade propriamente dita, uma alternativa bastante promissora é a estimação do coeficiente de determinação genotípica do índice de seleção.

O conhecimento dos parâmetros genéticos presentes em uma população é fundamental para a elaboração de estratégias visando o direcionamento de um programa de melhoramento. Quanto maior o número de informações, maiores serão as chances de se obter sucesso no processo seletivo (BRESSIANI, 1993).

A estimação da variabilidade genética, da herdabilidade no sentido amplo e no sentido restrito e do progresso com a seleção servem como mecanismos básicos para o trabalho do melhorista durante as diferentes etapas de seleção. O sucesso de um programa de melhoramento irá depender da quantidade de variabilidade genética existente na população base, da estimativa de herdabilidade do caráter a ser melhorado e do ganho genético possível para este caráter (VENCOVSKY; BARRIGA, 1992; FALCONER; MACKAY, 1996)

A herdabilidade pode ser definida de duas maneiras: A primeira, denominada de herdabilidade no sentido amplo (h_a^2), é dada pela relação entre a variância genética total e a variância fenotípica total. A segunda conhecida como herdabilidade no sentido restrito (h_r^2) expressa a proporção da variância total que é atribuída ao efeito médio dos genes, sendo obtida pela relação entre a variância genética aditiva e a variância fenotípica total. Na cultura do algodoeiro, ambas as estimativas são empregadas com bastante frequência (MEREDITH, 1984).

Segundo Falconer e Mackay (1996), a herdabilidade é também utilizada para se avaliar a confiança no valor fenotípico como indicador do valor genético. Os autores enfatizam a importância de compreender que a herdabilidade não é propriedade somente do caráter, mas também da população e das circunstâncias. Considerando que a herdabilidade depende da magnitude de vários componentes da variância, a mudança em qualquer um deles afetará o valor da estimativa. Logo, a herdabilidade é um parâmetro da população, sendo importante para o sucesso dos programas de melhoramento vegetal.

Entretanto, quando se considera os efeitos de genótipos como fixos, o que foi objeto de estudo deste trabalho, não tem sentido estimar o coeficiente de herdabilidade no sentido amplo através da expressão $h^2 = \sigma^2 G / \sigma^2 F$, pois, não se tem uma amostra de uma população e sim um conjunto de genótipos, com a maioria dos alelos fixados que se encontram em fase final de avaliação. Neste caso, pode-se estimar o grau de determinação genética ou genotípica (GDG) que é uma medida similar à herdabilidade e que fornece informações interessantes sobre a possibilidade de sucesso com a seleção utilizando um certo caráter ou uma certa variável (VENCOVSKY ; BARRIGA, 1992; FALCONER ; MACKAY, 1996)

Na literatura são encontrados diversos trabalhos sobre a estimação da herdabilidade no sentido amplo e restrito na cultura do algodoeiro (MEREDITH, 1984 ; BALOCHE et al., 2002), entretanto, não foram observadas informações a respeito sobre a estimação grau de determinação genética do índice de seleção proposto por Garcia (1998), o que já de certo modo era esperado, pois a metodologia de estimação deste índice é relativamente nova, o que vem a justificar um estudo desta natureza.

2.1.4 Interação cultivares x locais

A interação C x L (cultivares x locais) ocorre sempre quando o desempenho das cultivares não é consistente nos vários locais, ou seja, reflete as diferentes sensibilidades das cultivares frente à variação ambiental.

O estudo pormenorizado da interação da C x L é de fundamental importância para o sucesso de um programa de melhoramento. A partir dele é possível realizar a seleção de cultivares de adaptação ampla ou específica, identificar locais de seleção e determinar o número adequado de genótipos e locais a serem avaliados em cada fase de seleção (FOX, 1997).

Para atenuar os efeitos da interação C x L, uma das alternativas mais utilizadas pelos melhoristas é a identificação de cultivares com maior estabilidade fenotípica, uma vez que podem ser aplicadas nas mais variadas situações (RAMALHO; SANTOS; ZIMERMANN, 1993).

Ao se estudar a interação C X L, é importante de início dar o significado dos termos “**adaptabilidade**” e “**estabilidade**”. Esses termos muitas vezes se confundem e são utilizados indiscriminadamente. A adaptabilidade pode ser entendida como a capacidade dos genótipos de aproveitarem vantajosamente o estímulo ambiental. O conceito de estabilidade fenotípica pode ser enfocado sobre vários ângulos. Lin, Binns e Lefkovitch (1986) classificam estes conceitos em três categorias: **tipo 1**, a cultivar será considerada estável se sua variância entre ambientes for pequena; **tipo 2**, a cultivar será considerada estável se sua resposta ao ambiente for paralela ao desempenho médio de todos os materiais avaliados no experimento; **tipo 3**, a cultivar é estável se o quadrado médio dos desvios que avalia a estabilidade for pequeno. Lin e Binns (1988b)

incluiram um quarto tipo. Segundo esses autores, uma cultivar é tanto mais estável quanto menor for o quadrado médio da interação genótipo x ano dentro de locais.

A estabilidade do tipo 1, denominado por Becker (1981a) de “estabilidade no sentido biológico”, corresponde à estabilidade “**estática**” proposta por Becker e Leon (1988). Caracteriza uma cultivar com desempenho constante com a variação do ambiente. Esse comportamento não é desejável porque a cultivar não acompanha a melhoria das condições de ambiente com o aumento de produção (BECKER, 1981a; LIN; BINNS; LEFKOVITCH, 1986; RAMALHO; SANTOS; ZIMERMANN, 1993). Este tipo de estabilidade pode ser medida simplesmente a partir da estimativa da variância ou do coeficiente de variação de cada genótipo nos diferentes ambientes (BECKER, 1981a, 1981b; LIN; BINNS; LEFKOVITCH, 1986; BECKER; LEÓN, 1988). Esse conceito de estabilidade é útil para características cujos níveis têm de ser mantidos a todo custo, tais como qualidade, resistência a doenças, etc.

A estabilidade do tipo 2 é denominada por Becker (1981a) de “estabilidade no sentido agrônômico”, sendo semelhante à estabilidade “**dinâmica**” proposta por Becker e Leon (1988). Ocorre quando o material mostra interações mínimas com o ambiente, o que significa que ele acompanha o desempenho médio obtido nos ambientes. Esta estabilidade tem sido a preferida em decorrência de possibilitar a identificação de genótipos estáveis e com potencial de se manter entre os melhores em todos os ambientes (RAMALHO, SANTOS; ZIMERMANN, 1993). Este tipo de estabilidade é uma medida relativa que depende dos genótipos testados e dos ambientes envolvidos. A extensão das inferências é limitada ao grupo de materiais e aos ambientes e não pode ser generalizada. Portanto, um genótipo estável de um determinado grupo não necessariamente o será na presença de outros genótipos. Este tipo de estabilidade pode ser avaliada pela metodologia proposta por Wricke e Weber (1986) ou através do uso da regressão segundo o método de Finlay e Wilkinson (1963).

O terceiro tipo de estabilidade é aquele que utiliza, na discriminação dos genótipos, a estimativa do coeficiente de regressão juntamente com o desvio da regressão ou o coeficiente de determinação. O material será considerado estável quanto menor for o seu desvio da regressão. Neste tipo de estabilidade, pode-se aplicar o método proposto por Eberhart e Russell (1966). A principal crítica a esse método, o

mais empregado, é o fato deste pressupor uma relação linear entre o comportamento de um dado genótipo e o índice ambiental, o que nem sempre é verdadeiro (CROSSA, 1990).

Para atenuar esse problema, foi feita uma nova proposta por Verma, Chahal e Murty (1978), a qual pressupõe um ajuste de duas retas de regressão, uma para ambientes desfavoráveis e outra para ambientes favoráveis. Considerando que essa metodologia apresenta problemas quando se analisa um número pequeno de ambientes, Silva e Barreto (1985) sugeriram um modelo onde o ajustamento é obtido por uma única equação constituída de dois segmentos com união no ponto de inflexão entre os ambientes desfavoráveis e os favoráveis. Segundo Cruz, Torres e Vencovsky (1989), nessa metodologia há uma correlação residual ou intrínseca entre as estimativas dos dois coeficientes de regressão. Para solucionar esse problema, os autores propuseram uma modificação ao modelo de Silva e Barreto (1985) de tal forma que a correlação entre as estimativas dos mencionados parâmetros de regressão seja nula. Storck e Vencovsky (1994) realizaram um aprimoramento nesta metodologia, incluindo um novo parâmetro no modelo, o qual mede a descontinuidade das duas retas.

Detalhes sobre essas metodologias univariadas utilizadas na avaliação da estabilidade são encontradas em Oliveira (1976), Lin, Binns e Lefkovitch (1986); Duarte (1988); Becker e Leon (1988); Crossa (1990); Vencovsky e Barriga (1992); Miranda (1993); Ramalho, Santos e Zimmermann (1993); Farias (1995); Farias et al.(1996); Carneiro (1998); Kang (1998); Cruz e Regazzi (2002); Cruz e Carneiro (2003); Hoogerheide (2004) e Souza (2005).

Uma outra metodologia que vem sendo bastante utilizada pelos melhoristas na estimação dos parâmetros de estabilidade é a de Lin e Binns (1988a) que se baseia no princípio de que, nas avaliações de cultivares, o que se procura é o material com desempenho máximo. Desse modo, estima-se o parâmetro de estabilidade denominado P_i , que mede o desvio da produtividade de uma dada cultivar q em relação ao máximo em cada um dos j ambientes. A cultivar ideal é aquela que apresenta a menor estimativa de P_i (FARIAS, 1995; CARBONELL, 2001; SOUZA, 2005). Uma outra

vantagem desta metodologia é a unicidade do parâmetro para estimar a adaptabilidade e estabilidade fenotípica (CARBONELL, 2001).

Considerando que a proposta de Lin e Binns (1998a) apresenta estimativa de parâmetro apenas para recomendação geral de cultivares, Carneiro (1998) propôs um aprimoramento na mesma visando identificar cultivares específicas para as condições favoráveis (P_{if}) e desfavoráveis (P_{id}) de ambiente.

Neste aspecto, é oportuno ressaltar que atualmente, essa metodologia vem sendo bastante difundida entre os melhoristas, com o seu emprego em diferentes culturas, dentre as quais destacam-se o algodão (FARIAS, 1995; MACHADO et al., 2003; LANZA e DI MAURO, 2005; SOUZA, 2005), a soja (VICENTE; PINTO; SCAPIM, 2004), o milho (ARIAS, 1996; CARVALHO, 2005), o feijão (CARBONELL et al., 2001) e alfafa (FERREIRA et al., 2004). Além disto, já se encontram disponíveis dois programas computacionais para a obtenção das estimativas dos parâmetros de estabilidade (FERREIRA, 2000; CRUZ, 2001).

Atualmente, a combinação de técnicas univariadas e multivariadas vem dando um novo enfoque no estudo da interação C x L e na estimação dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade com ampla aceitação por parte melhoristas. Tal proposta visa amenizar as diversas limitações decorrentes do emprego da análise de estabilidade através da regressão linear simples e múltipla (CROSSA, 1990; GAUCH; ZOBEL, 1996; DUARTE; VENCovsky, 1999).

As técnicas multivariadas são estatisticamente mais complexas, além de necessitarem de programas computacionais específicos para o seu desenvolvimento. Contudo, os resultados gerados permitem que as interpretações sejam mais coerentes com a realidade do material genético pesquisado (SOUZA, 2005). Dentre estes métodos destacam-se a análise de componentes principais (ACP) e o modelo AMMI (Additive Main Effects and Multiplicative Interaction).

O modelo AMMI baseia-se na decomposição das fontes de variação em efeitos aditivos de genótipos e ambientes de modo tradicional e, posteriormente, em efeitos multiplicativos para a interação C x L pela análise de componentes principais, propiciando um maior detalhamento da soma de quadrados da interação (ZOBEL; WRIGHT; GAUCH, 1988).

Segundo Vencovsky e Duarte (1999), dentre as principais vantagens da análise AMMI, destacam-se a possibilidade de realizar um estudo mais detalhado da estabilidade dos genótipos e ambientes, além de permitir a realização de zoneamentos agronômicos com a seleção de locais chaves para programas de melhoramento.

Recentemente Pacheco et al. (2005) propuseram o emprego do “genótipo suplementar” na análise AMMI, que consiste em obter estimativas das distâncias quadráticas dos genótipos em relação ao ideótipo (genótipo suplementar) visando identificar genótipos e ambientes mais estáveis.

Detalhes sobre o emprego da análise AMMI no estudo da interação C x L podem ser obtidos em Zobel, Wright e Gauch (1988); Crossa (1990); Gauch (1992); Gauch e Zobel (1996); Duarte e Vencovsky (1999); Thillainathan e Fernandez (2001); Rocha (2002); Oliveira (2003); Lavoranti (2003); Maia (2004); Morello et al. (2005); Oliveira et al. (2005) e Souza (2005).

2.1.4.1 Estabilidade fenotípica no algodoeiro

Na literatura são encontrados vários relatos sobre o estudo da interação C x L na cultura do algodoeiro com a estimação dos parâmetros de estabilidade especialmente utilizando a regressão linear (GENG; ZHANG; BASSET, 1987; RAINDAN GOZALEZ, 1988; PATEL et al., 1990; BHATADE et al., 1991; PATEL et al., 1999; UNAY et al., 2004; LAGHARI, 2003; BRADEN; SMITH, 2004).

No Brasil, a estimação dos parâmetros de estabilidade na cultura do algodoeiro foi realizada em algumas oportunidades (FARIAS, 1995; FARIAS et al., 1996; CARVALHO, 2000; MACHADO et al., 2001; HOOGERHEIDE, 2004; MARANHA, 2005; SOUZA, 2005; MORELLO et al., 2005).

Farias et al. (1996) ao avaliarem os parâmetros de estabilidade e adaptabilidade para o caráter produtividade de algodão em caroço (kg/ha) em cultivares para o Nordeste, utilizando a metodologia proposta por Cruz; Torres e Vencovsky (1989) verificaram que os materiais CNPA 3H, CNPA 83-180, CNPA, CNPA 6H, IAC 20, CNPA 7H e CNPA 85-241 foram as mais adaptadas e estáveis, enquanto que CNPA

GIORGE I e CNPA PRECOCE I apresentaram comportamentos estáveis em ambientes desfavoráveis, porém com baixa produtividade.

Machado et al. (2001) utilizando as metodologias de Eberhart e Russell (1966), Lin e Binns (1988a) e Annichiarico (1992) para o caráter produtividade (kg/ha) em materiais oriundos do Ensaio Regional de Cultivares da EPAMIG no estado de Minas Gerais verificaram que as linhagens MG 863192, MG 863579, MG 864133 e MG 863210 foram as mais adaptadas e estáveis.

Sobreira, Farias e Geraldi (2003), ao estimarem os parâmetros de adaptabilidade e estabilidade para a produtividade do algodoeiro no estado do Mato Grosso, através da metodologia de Eberhart e Russell (1966), verificaram que os genótipos CNPA ITA 90, MT 96-212 e CNPA 96-124 apresentaram alta produtividade, adaptação ampla e comportamento previsível.

Hoogerheide (2004), ao avaliar a estabilidade fenotípica de cultivares para as condições do estado do Mato Grosso utilizando a metodologia proposta por Eberhart e Russell (1966), verificou que as cultivares DELTAOPAL, IPR-94, BRS CEDRO apresentaram adaptabilidade ampla para as condições de agricultura empresarial, enquanto que os genótipos IPR 96, DP 4049 e CNPA 96 1202 (BRS AROEIRA) foram os mais adaptados para a agricultura familiar.

Maranha (2005), utilizando dados do Ensaio Regional de Cultivares para estratificar ambientes no estado do Mato Grosso através da metodologia AMMI, verificou que os genótipos que se destacaram em relação aos demais foram CNPA 96-268 (BRS ITAÚBA), CNPA 96-1202 (BRS AROEIRA) e CNPA 99-01.

Souza (2005), avaliando os parâmetros de estabilidade em cultivares do Ensaio Nacional do ano agrícola 1998-99, através do método da ecovalência (WRICKE; WEBER, 1986) e de Lin e Binns (1988a), modificado por Carneiro (1998), observou que a linhagem CNPA 94 -773 foi a mais adaptada e estável pelas duas metodologias, enquanto que a linhagem CNPA 94-171 (BRS FACUAL) apresentou a maior produtividade e foi considerada de ampla adaptabilidade e estabilidade tanto nos ambientes favoráveis, quanto nos desfavoráveis.

Suinaga, Freire e Bastos (2005), ao avaliarem a estabilidade fenotípica das cultivares para o caráter produtividade (kg/ha) em sete localidades do estado do Mato

Grosso, observaram que os genótipos BRS AROEIRA, BRS IPÊ, BRS CEDRO, BRS JATOBÁ e DELTA OPAL foram os mais produtivos e estáveis.

Oliveira et al. (2005) avaliaram os efeitos da interação C x L na produtividade do algodão em pluma em cultivares e linhagens do programa de melhoramento do algodoeiro do IAC e IAPAR nas condições do estado de Goiás utilizando a análise AMMI com uso do genótipo suplementar e observaram que as principais linhagens que se destacaram por região foram IAC 02-2450, IPR 120 e IAC 24 (Ipameri, Jataí, Panamá, Senador Canedo e Acreúna) e IAC 02-421 e PR 0136 (Chapadão do Céu e Santa Helena).

Morello et al. (2005) também utilizaram a metodologia anterior em doze linhagens e três cultivares avaliadas em oito localidades do estado de Goiás e verificaram que os genótipos CNPA GO 2000-1256, CNPA GO 2000-1093 e CNPA GO 2000-1088 apresentaram um comportamento estável responderam de forma previsível à melhoria ambiental, com destaque para a cultivar GO 2000-1093 que apresentou a maior média.

2.2 Material e métodos

2.2.1 Material

Foram utilizados os dados do Ensaio Estadual de Algodoeiro Herbáceo referente ao ano agrícola 2000/01, oriundos do programa de melhoramento do algodoeiro para as condições do Cerrado. Essa rede de experimentos é conduzida anualmente em diversas localidades do Cerrado, sob a coordenação da Embrapa Algodão, localizada em Campina Grande - PB. As cultivares avaliadas, suas origens e instituições obtentoras encontram-se na Tabela 2.

2.2.2 Locais

Os experimentos foram avaliados em 27 localidades dos estados do Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás, Minas Gerais, Rondônia, Maranhão e Piauí (Figura 2). As coordenadas geográficas e altitudes dos locais encontram-se na Tabela 3.

2.2.3 Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados completos, com 15 tratamentos e quatro repetições. A parcela experimental foi constituída por quatro fileiras de 5 m de comprimento, com espaçamento de 0,80 m entre fileiras e uma densidade de sete plantas por metro linear. A área útil da parcela foi composta pelas duas fileiras centrais.

Tabela 2 - Origem dos genótipos do Ensaio Estadual de Algodoeiro Herbáceo – Ano agrícola 2000-01

Cultivares	Origem	Instituição
1-CNPA ITA 90	DELTAPINE ACALA 90	Embrapa
2- BRS FACUAL	SRI ₅ (1) x SICALA 34	Embrapa
3- DELTA OPAL	-	MDM (2)
4-BRS 197	CNPA MT 94-151	Embrapa
5-BRS AROEIRA	CNPA MT 96-1202 (ITA 90)	Embrapa
6-BRS ITAÚBA	CNPA MT 96-268 (CS 50)	Embrapa
7-BRS 96 - 227	CNPA MT 96 – 227	Embrapa
8-CNPA CO 99 - 01	BULK 99-01	Embrapa
9-CNPA CO 2000 -01	BULK 2000-01	Embrapa
10-CNPA CO 2000-02	BULK 2000-02	Embrapa
11- BRS JATOBÁ	CNPA MT 97- 668	Embrapa
12-BRS SUCUPIRA	CNPA MT 97 – 700	Embrapa
13-BRS 97- 4565	CNPA MT 97- 4565	Embrapa
14-BRS CAMAÇARI	CNPA MT 97 - 1682 (CNPA SRI ₅ M)	Embrapa
15- BRS IPÊ	CNPA MT 97-2046	Embrapa

⁽¹⁾ Sel. recorrente intrapopulacional – quinto ciclo de re-seleção, ⁽²⁾ MDM : Maeda Deltapine e Monsanto

Figura 2 – Distribuição dos experimentos do Ensaio Estadual de Algodoeiro Herbáceo conduzidos em diferentes localidades do país na safra 2000-01.

Tabela 3 - Coordenadas geográficas e altitudes dos locais do Ensaio Estadual de Algodoeiro Herbáceo. Ano agrícola 2000-01

Locais	Siglas	Coordenadas geográficas		Altitude (m)
		Latitude (S)	Longitude(W)	
Barreiras – BA ⁽¹⁾	BAR-BA	12 ⁰ 09'	44 ⁰ 59'	470
Bom Jesus – PI	BJE-PI	09 ⁰ 04'	44 ⁰ 21'	332
Cáceres – MT	CAC-MT	16 ⁰ 04'	57 ⁰ 40'	118
C. Novo dos Parecis - MT	CNP-MT	13 ⁰ 40'	57 ⁰ 53'	572
Campo Verde – MT	CVE-MT	15 ⁰ 32'	55 ⁰ 10'	736
Capinópolis - MG	CAP-MG	18 ⁰ 40'	49 ⁰ 34'	621
Chapadão do Sul - MS	CHS-MS	18 ⁰ 47'	52 ⁰ 37'	790
Dourados - MS	DOU-MS	22 ⁰ 13'	54 ⁰ 48'	452
Lucas do Rio Verde - MT	LRV-MT	13 ⁰ 03'	55 ⁰ 54'	390
Montividiu - GO	MON-GO	17 ⁰ 26'	51 ⁰ 10'	821
Novo São Joaquim - MT	NSJ-MT	14 ⁰ 54'	53 ⁰ 01'	400
Ouro Preto do Oeste – RO	OUP-RO	10 ⁰ 44'	62 ⁰ 12'	280
Paracatu - MG	PAR-MG	17 ⁰ 13'	46 ⁰ 52'	712
Pedra Preta – MT ⁽¹⁾	PEP-MT	16 ⁰ 37'	54 ⁰ 28'	850
Ponte e Lacerda – MT	PLA-MT	16 ⁰ 04'	57 ⁰ 40'	254
Primavera do Leste - MT	PLE-MT	15 ⁰ 33'	54 ⁰ 17'	465
Rondonópolis - MT	ROO-MT	16 ⁰ 28'	54 ⁰ 38'	520
S. J. dos Quatro Marcos- MT	QMA-MT	15 ⁰ 37'	58 ⁰ 10'	230
Sambaíba - MA	SAM-MA	07 ⁰ 08'	45 ⁰ 20'	212
Santa Helena - GO	SHE-GO	17 ⁰ 48'	50 ⁰ 35'	562
Sapezal - MT	SAP-MT	12 ⁰ 59'	58 ⁰ 45'	370
Sinop – MT	SIN-MT	11 ⁰ 51'	55 ⁰ 30'	345
Sorriso - MT	SOR-MT	12 ⁰ 32'	55 ⁰ 42'	365
Tangará da Serra - MT	TAN-MT	14 ⁰ 37'	57 ⁰ 29'	387
Vilhena – RO	VIL-RO	12 ⁰ 44'	60 ⁰ 08'	600

Fonte: Bancos de dados da Embrapa Algodão – Núcleo de Mato Grosso.

⁽¹⁾ Locais onde foram conduzidos dois experimentos.

2.2.4 Caracteres avaliados

Os caracteres avaliados com as suas respectivas siglas foram:

a) Agronômicos:

- Altura da planta (cm) - ALT
- Peso de um capulho (g) - PCA
- Porcentagem de fibra (%) -PFI
- Produtividade de algodão em caroço (kg/ha) - PRO
- Ramulose (notas 1 a 5) - RAM
- Bacteriose (notas de 1 a 5) – BAC

b) Tecnológicos de fibras

- Comprimento da fibra (mm) - COM
- Resistência da fibra (gf/tex) -RES
- Finura da fibra (Micronaire) – FIN

2.2.5 Condução dos experimentos

Os solos foram previamente preparados por meio de uma aração e gradagem em torno de 30 dias antes da semeadura e gradagem na véspera. A adubação foi feita com uma mistura de NPK, de acordo com a análise química do solo de cada local. Por ocasião da semeadura, foram aplicados 1/3 de N e o total de P_2O_5 e K_2O . O restante de N foi aplicado em partes iguais aos 30 e 60 dias após a semeadura.

O controle de ervas daninhas, pragas e doenças obedeceu às recomendações técnicas preconizadas para a cultura. A colheita foi realizada em duas etapas, sendo a primeira quando 60% dos capulhos estavam abertos e a segunda, 30 dias depois. Durante a colheita, foram coletadas amostras padrão de 20 capulhos por parcela para a obtenção das características tecnológicas de fibras analisadas pelo aparelho de HVI ("High Volume Instrument").

2.2.6 Análise estatística dos dados

2.2.6.1 Análise de variância

Inicialmente, realizou-se a análise de variância individual para todos os experimentos de acordo com o seguinte modelo matemático, considerando - se fixos os efeitos de genótipos, eq. (8):

$$Y_{ik} = \mu + G_i + B_k + \varepsilon_{(ik)} \quad (8)$$

Em que,

Y_{ik} : valor médio do genótipo ou da cultivar i no bloco k ;

μ : média geral;

G_i : efeito do genótipo ou da cultivar i ; $i = 1, 2, \dots, g$;

B_k : efeito do bloco k ; $k = 1, 2, \dots, b$;

$\varepsilon_{(ik)}$: erro experimental; $e_{(i k)} \cap (0, \sigma^2)$

Em seguida, foi realizada a análise de variância conjunta (Tabela 4), em que a esperança matemática dos quadrados médios baseou-se na proposição de Steel e Torrie (1960) e Vencovsky e Barriga (1992) para modelos mistos. Foram considerados fixos apenas os efeitos de genótipos, de acordo com o seguinte modelo, eq. (9):

$$Y_{ijk} = \mu + G_i + L_j + (GL)_{ij} + B_{k(j)} + \varepsilon_{(ijk)} \quad (9)$$

Em que,

Y_{ijk} : o valor observado do genótipo ou da cultivar i , no bloco k , no local j ;

μ : média geral;

G_i : efeito do genótipo ou da cultivar i ; $i = 1, 2, \dots, g$;

L_j : efeito do local ou ambiente j ; $j = 1, 2, \dots, l$;

$(GL)_{ij}$: efeito interação do genótipo ou da cultivar i com o local j ;

$B_{k(j)}$: efeito do bloco k dentro do local j; $k= 1, 2, \dots b$;

ε_{ijk} : erro experimental; $(ijk) \cap (0, \sigma^2)$

As análises dos caracteres foram feitas com as unidades originais, com exceção para RAM e BAC que foram transformadas para $\sqrt{x+0,5}$.

Tabela 4 - Esquema da análise de variância conjunta com as respectivas esperanças dos quadrados médios

FV	GL	QM	E (QM)	F
Blocos/Locais	$l(b-1)$	Q_1	$\sigma_R^2 + g\sigma_{B/L}^2$	Q_1/Q_5
Locais (L)	$(l-1)$	Q_2	$\sigma_R^2 + g\sigma_{B/L}^2 + bg\sigma_L^2$	Q_2/Q_1
Cultivares (C)	$(g-1)$	Q_3	$\sigma_R^2 + b\left(\frac{g}{g-1}\right)\sigma_{GL}^2 + bl\left(\frac{1}{g-1}\right)\sum_i G_i^2$	Q_3/Q_4
C x L	$(g-1)(l-1)$	Q_4	$\sigma_R^2 + b\left(\frac{g}{g-1}\right)\sigma_{GL}^2$	Q_4/Q_5
Resíduo	$l(g-1)(b-1)$	Q_5	σ_R^2	

2.2.6.2 Índice de seleção de cultivares proposto por Garcia (1998)

O índice proposto por Garcia (1998) tem propriedades interessantes que atendem prontamente aos interesses do melhorista, conforme pode ser observado a seguir. Ele é de natureza multivariada, pois incorpora informações de vários caracteres simultaneamente. Cada caráter ou variável é transformada como um desvio em relação a um nível mínimo de desempenho escolhido pelo melhorista. As variáveis são submetidas a uma padronização para que a sua unidade de avaliação não influencie nos resultados. As médias dos genótipos são comparadas estatisticamente. Além disso, as informações sobre a adaptabilidade e estabilidade fenotípica dos genótipos são incorporadas no índice. Finalmente, cada genótipo ou cultivar é caracterizado por uma

distância genética em relação a um ideótipo, a qual é usada para classificar os genótipos visando a sua seleção ou recomendação.

As etapas para a obtenção do índice de seleção de cultivares “ I_{SC} ” podem ser realizada em uma planilha EXCELL do programa WINDOWS da Microsoft. Entretanto, em função do grande número de operações necessárias para a sua obtenção, inclusive com erros de arredondamentos de valores, foi desenvolvido por Margarido et al. (2005), um programa computacional denominado ISC, visando reduzir as operações e facilitar o seu uso pelo melhoristas. O tutorial com os procedimentos para obtenção do “ISC” encontra - se no Anexo E. As principais etapas de obtenção do índice são descritas a seguir:

2.2.6.2.1 Agrupamento das médias e obtenção dos recíprocos

Após a obtenção das médias através da análise de variância conjunta (item 2.2.6.1), estas foram testadas utilizando a metodologia preconizada por Scott e Knott (1974), que permite agrupá-las sem a ocorrência de sobreposição de grupos, resultando na obtenção de grupos homogêneos. Com as médias dos caracteres devidamente agrupadas, os valores originais foram transformados de tal forma que, para todos os caracteres, sempre os valores de interesse do melhorista são os maiores. Neste aspecto, utilizando o procedimento adotado por Garcia (1998), optou-se pela obtenção dos recíprocos para os caracteres em que os menores valores são os desejáveis. Logo, para os caracteres altura (ALT), finura (FIN), ramulose (RAM) e bacteriose (BAC), em que a seleção é feita para as menores médias, obteve-se o recíproco ($\frac{1}{Y_{..}}$) de cada média individual, de modo a tomar os maiores valores como objeto de seleção. Para os demais caracteres e parâmetros não houve necessidade de se obter os recíprocos.

Com a obtenção dos recíprocos, todos os caracteres puderam ser selecionados de modo a tomar os maiores valores como objetivo da seleção. A única exceção para esse caso foi a estimativa do coeficiente de regressão β_i da metodologia proposta por Eberhart e Russell (1974), em que o objetivo é selecionar genótipos de adaptação

ampla, ou seja, estimativas com valores mais próximo possível da unidade (CRUZ; REGAZZI, 2002). O programa estatístico utilizado para obtenção das médias agrupadas pelo teste de Scott e Knott (1974) foi o ISC, desenvolvido por Margarido et al (2005).

Em seguida, os valores individuais dentro de um mesmo grupo de classificação foram substituídos pela média do grupo correspondente, permitindo assim que cada grupo homogêneo pudesse ser representado por um único valor, considerando que as possíveis diferenças entre as médias individuais não são estatisticamente significativas.

O teste de agrupamento de Scott e Knott (1974), ao nível de 5% de probabilidade, foi realizado para todos os caracteres, sendo que, para os parâmetros de adaptabilidade e estabilidade β_i e R^2 , respectivamente, não foi efetuado o agrupamento. Nesta metodologia, as médias são agrupadas em ordem crescente de valores, de tal forma que o grupo 1 sempre contenha as menores médias. Por exemplo, se as médias de um determinado caráter formarem cinco grupos, as menores e maiores médias pertencerão aos grupos de classificação de números 1 e 5, respectivamente.

Para os caracteres em que as maiores médias são as desejáveis (PRO, PCA, PFI, COM, RES e R^2), realizou-se uma inversão na numeração dos grupos. Logo, para um caráter cujas médias foram classificadas em cinco grupos, as maiores médias, classificadas no grupo 5 passaram a ser do grupo 1, as do grupo 4 passaram a ser do grupo 2 e assim sucessivamente.

Com relação aos caracteres ALT, FIN, RAM e BAC, em que as menores médias são as ideais, não foi necessário realizar a inversão dos valores dos grupos, haja vista que no arquivo de saída do teste de Scott e Knott (1974), o grupo com as menores médias correspondem ao grupo 1. Tal procedimento foi adotado visando uma padronização da classificação dos grupos, ou seja, para todos os caracteres, os grupos com os menores valores de classificação sempre foram os desejáveis.

2.2.6.2.2 Definição dos níveis mínimos aceitáveis (N_m) para cada caráter

De acordo com a metodologia preconizada por Garcia (1998), os genótipos selecionados como possíveis cultivares devem apresentar níveis mínimos de desempenho para cada caráter, sendo que aqueles que produzem valores inferiores

(ou superiores, dependendo do caso) a estes níveis mínimos previamente estabelecidos pelo melhorista não poderão ser selecionados, pois não serão aceitos pelos produtores. Para este trabalho com a cultura do algodoeiro, os níveis mínimos foram fixados com base na média de cada caráter obtido no experimento. Dessa forma, estabeleceram-se os seguintes níveis por caráter:

- a) Produtividade média (PRO): no mínimo com valor estatisticamente igual à média do experimento;
- b) Altura (ALT): não possuir altura com valor estatisticamente superior à média do experimento;
- c) Peso de um capulho (PCA): no mínimo com valor estatisticamente igual à média do experimento;
- d) Porcentagem de fibras (PFI): no mínimo média estatisticamente igual à média do experimento;
- e) Ramulose (RAM): no mínimo média estatisticamente inferior à média do experimento;
- f) Bacteriose (BAC): no mínimo média estatisticamente inferior à média do experimento testemunha;
- g) Comprimento da fibra (COM): no mínimo com valor estatisticamente igual à média do experimento;
- h) Resistência da fibra (RES): no mínimo média estatisticamente igual à média do experimento;
- i) Finura da fibra (FIN): no mínimo média estatisticamente igual ou inferior à média do experimento;
- j) Coeficiente de regressão β_1 : deve ser no mínimo igual a 0,90, para não caracterizar seleção de genótipos de adaptabilidade estreita;
- i) Coeficiente de determinação R^2 : valores iguais ou superiores à média do experimento.

Convém ressaltar que estes valores foram fixados com base na rotina do programa de melhoramento do algodoeiro, desenvolvido pela equipe da Embrapa Algodão. Em uma outra situação, os valores mínimos podem ser alterados de acordo com as peculiaridades do programa a ser trabalhado.

2.2.6.2.3 Transformação dos dados

As médias fenotípicas (P_m) de cada caráter m foram transformadas de acordo com a eq. (16):

$$P'_m = \frac{P_m - N_m}{s_m} \quad (16)$$

Em que,

P'_m : média transformada do caráter m ;

P_m : a média do caráter m , após o agrupamento e a obtenção dos recíprocos quando necessário;

N_m : nível mínimo de desempenho exigido para o caráter m , ou seja, o menor valor fenotípico que pode ser aceito;

s_m : desvio padrão do caráter m .

Seguindo os procedimentos preconizados por Garcia (1998), após a obtenção dos N_m , foi estimado o desvio padrão (s_m) de cada caráter. Em seguida, foram obtidas as médias transformadas utilizando como P_m as médias agrupadas e não os valores individuais, que foram substituídos pelas médias do respectivo grupo. Semelhantemente, o valor de N_m de cada caráter foi obtido dessa forma, ou seja, uma vez definido o valor mínimo (N_m), verificou-se a qual dos grupos ele pertencia, sendo então a média deste grupo usada como o N_m .

Esta transformação é semelhante à standardização, exceto pelo fato de que o valor subtraído não é necessariamente a média amostral. Neste caso, as variáveis estarão agora expressas em unidades de desvio padrão, não estando, contudo, centradas na média, e sim nos valores usados como níveis mínimos aceitáveis. Dessa forma, os genótipos que apresentarem valores transformados negativos indicam inferioridade por não atenderem aos critérios mínimos exigidos de desempenho, sendo estatisticamente inferiores (ou superiores) aos níveis pré-fixados pelo melhorista (GARCIA, 1998; SANTOS, 2005).

2.2.6.2.4 Definição do ideótipo

Neste trabalho, fixou-se como ideótipo o genótipo usado como referencial para a seleção, sendo formado pelo melhor valor de todos os caracteres avaliados no experimento. Desta forma, o ideótipo será aquele genótipo que apresentar um valor igual à média do grupo que contiver as maiores médias para todos os caracteres, uma vez que, mesmo aqueles em que o melhorista seleciona os menores valores, estes foram transformados pelo emprego dos recíprocos, com exceção dos parâmetros β_i e R^2 , cujos valores ideais foram a unidade e o maior valor observado, respectivamente.

Os valores atribuídos ao ideótipo também foram transformados com o objetivo de padronizá-los na mesma escala em que foram obtidos os P'_m , evitando-se assim, problemas de escalas. Tal ideótipo será usado como ponto de referência para a classificação de cultivares.

2.2.6.2.5 Cálculo do índice de seleção de cultivares

O índice de Seleção de Cultivares (I_{sc}) proposto por Garcia (1998) foi calculado através da obtenção das distâncias entre o genótipo e o ideótipo (genótipo superior). Neste aspecto, utilizou-se a distância euclidiana média, que é de fácil aplicação e adequada para este tipo de trabalho. Logo, o I_{sc} foi calculado através da distância euclidiana média, dado pela eq. (17):

$$I_{sc} = DM_{il} = \sqrt{\sum_{m=1}^p (P'_m - P'_{lm})^2 / p} \quad (17)$$

Em que,

DM_{il} : distância euclidiana média entre o genótipo i ($i=1,2,\dots,g$ e $g=15$) e o ideótipo l ;

P'_m : média transformada do caráter m ($m= 1, 2,\dots,p$ e $p=11$);

P'_{lm} : média transformada do ideótipo l para o caráter m ($m= 1, 2,\dots,p$ e $p=11$);

p : número de caracteres.

2.2.6.2.6 Classificação e seleção dos genótipos superiores

Após a aplicação de todas as etapas antes descritas, foi efetuada a classificação dos genótipos com base na sua distância com relação ao ideótipo. Neste aspecto, os genótipos foram classificados em ordem crescente de distância. Aqueles que apresentaram valores negativos nos dados transformados para alguma variável foram sugeridos para o descarte. Em seguida, foi realizada a seleção dos genótipos, eliminando os eventuais descartes.

2.2.6.3 Estimativas dos índices de seleção por local

Com o objetivo de avaliar a magnitude dos índices de seleção e verificar a classificação dos genótipos por locais, foram obtidas as estimativas dos índices em 20 localidades, conforme a metodologia já descrita no item 2.2.6.1. Em seguida, realizou-se a análise de variância conjunta dos índices, considerando apenas o efeito de genótipos como fixo. Neste aspecto, o número de repetições (b) foi igual à unidade, em função de que cada estimativa do índice por local originou apenas um dado. O teste F para a fonte de variação de genótipos foi calculado utilizando o quadrado médio da interação G x L, conforme pode ser evidenciado no esquema da análise de variância da Tabela 4.

2.2.6.4 Estimação do grau de determinação genotípica do índice de seleção

Com a obtenção das estimativas dos quadrados médios e as respectivas esperanças matemáticas dos índices de seleção no item anterior (2.2.6.3), foi possível estimar o grau de determinação genotípica do índice ao nível de médias por locais (GDG_1) e ao nível de média geral (GDG_2). Os parâmetros GDG_1 e GDG_2 foram obtidos através das eq. (18) e eq. (19), respectivamente:

$$GDG_1 = \frac{V_G}{V_G + \sigma_R^2} \quad (18)$$

$$GDG_2 = \frac{V_G}{V_G + \frac{\sigma_R^2}{L}} \quad (19)$$

$$\hat{V}_G = \frac{Q_3 - Q_4}{L} \quad (20)$$

Em que,

V_G : medida de diversidade interpopulacional, eq. (20);

σ_R^2 : variância residual;

L : número de locais.

Q_3 : estimativa do quadrado médio de genótipos;

Q_4 : estimativa do quadrado médio da interação $G \times L$.

O parâmetro GDG_1 expressa o quanto da variação dos índices em cada local é devido à variação genotípica. Tal medida possibilita ao melhorista verificar a confiabilidade da estimativa do índice no processo de seleção entre genótipos dentro de locais. Enquanto que o parâmetro GDG_2 indica, por sua vez, o quanto da variação entre as médias gerais das cultivares, em relação aos índices, é de natureza genotípica. Portanto, avalia o grau de confiabilidade do comportamento médio dos genótipos em vários locais.

2.2.6.5 Análise de estabilidade

No estudo da estabilidade fenotípica, foram utilizadas as metodologias propostas por Eberhart e Russell (1966) e Lin e Binns (1988a), em função de que o índice proposto por Garcia (1998) é também baseado em uma medida de distância semelhante ao método de Lin e Binns (1998a) e por incorporar no seu cálculo, as estimativas de $\hat{\beta}_i$ e R^2 . Além disso, pretendeu-se complementar a informação obtida pelo índice com as obtidas pelos métodos de estabilidade. O caráter avaliado foi a produtividade.

2.2.6.5.1 Metodologia de Eberhart e Russell (1966)

Utilizando os valores médios da análise conjunta para o caráter produtividade de algodão em caroço (PRO; kg/ha), foram estimados os coeficientes de regressão ($\hat{\beta}_i$, adaptabilidade) e de determinação (R^2 , estabilidade; quando $\sigma_{di}^2 = 0$, $R^2=1$), com base no modelo estatístico dado a seguir, eq. (10):

$$Y_{ij} = \mu + \beta_i I_j + \delta_{ij} + \varepsilon_{ij} \quad (10)$$

Em que,

Y_{ij} : média do genótipo ou da cultivar i no local j ;

μ : média geral;

β_i : coeficiente de regressão do genótipo ou da cultivar i ;

I_j : índice ambiental, obtido pela diferença entre média de cada ambiente e a média geral ($I_j = \bar{Y}_{.j} - \bar{Y}_{..}$); dessa forma $\sum_{j=1}^l I_j = 0$;

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

ε_{ij} : efeito do erro experimental médio.

2.2.6.5.2 Metodologia de Lin e Binns (1988a) e adaptação de Carneiro (1998)

Como uma alternativa à metodologia baseada na análise de regressão, que possui algumas restrições ao seu emprego, conforme evidenciado por Crossa (1990) e Carneiro (1998), utilizou-se também a metodologia não paramétrica proposta por Lin e Binns (1988a). A análise para obtenção da estimativa do parâmetro de estabilidade P_i também foi realizada apenas para o caráter PRO, por ser o mais importante. Nesta análise, foi utilizado o programa “GENES” desenvolvido por Cruz (2001).

A estimativa do parâmetro de estabilidade P_i foi obtida pela eq. (11):

$$P_i = \sum_{j=1}^l (Y_{ij} - M_j)^2 / 2.l \quad (11)$$

Em que,

P_i : índice de adaptabilidade e estabilidade do genótipo i ;

Y_{ij} : produtividade do i -ésimo genótipo no j -ésimo local;

M_j : resposta máxima obtida entre todos os genótipos no j -ésimo local;

l : número de locais.

Essa expressão pode ser desdobrada na eq. (12):

$$P_i = \left[l(Y_i - \bar{M})^2 + \sum_{j=1}^l (Y_{ij} - \bar{Y}_i - M_j + \bar{M})^2 \right] / 2.l \quad (12)$$

Em que,

$$\bar{Y}_i = \sum_{j=1}^l Y_{ij} / l;$$

$$\bar{M} = \sum_{j=1}^l M_j / l$$

O parâmetro de adaptabilidade e estabilidade P_i é o desvio do genótipo i em relação ao material de desempenho máximo em cada local. Portanto, quanto mais adaptado e estável for o genótipo, menor a estimativa de P_i .

Com o objetivo de obter mais informações sobre o desempenho dos genótipos em ambientes favoráveis e desfavoráveis, realizou-se a decomposição de P_i proposta por Carneiro (1998), utilizando as estimativas de P_{if} e P_{id} cujas expressões são apresentadas a seguir em eq. (13) e eq. (14), respectivamente:

$$P_{if} = \sum_{j=1}^f \frac{(Y_{ij} - M_j)^2}{2f} \quad (13)$$

$$P_{id} = \sum_{j=1}^d \frac{(Y_{ij} - M_j)^2}{2d} \quad (14)$$

Em que,

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

f e d : números de locais favoráveis e desfavoráveis (índice ambiental negativo), respectivamente;

Y_{ij} e M_j : termos semelhantes aos descritos anteriormente na eq. (12).

Foram realizadas as comparações entre a metodologia de Lin e Binns (1988a) com as técnicas que utilizam a regressão (EBERHART; RUSELL, 1966) e a ecovalência (WRICKE; WEBER, 1986) através da correlação classificatória de Spearman, segundo Steel e Torrie (1980).

2.2.6.5.3 Estimação da ecovalência (W_i^2) do índice de seleção de cultivares

Com o objetivo de verificar a estabilidade do índice proposto por Garcia (1998), utilizou-se o método proposto por Wricke e Weber (1986) que estima o parâmetro denominado de ecovalência (W_i^2), obtido através da partição da soma de quadrados da interação C X L. A expressão da ecovalência foi obtida pela eq. (15):

$$W_i^2 = \sum_{j=1}^l \left(Y_{ij} - \bar{Y}_{i.} - \bar{Y}_{.j} + \bar{Y}_{..} \right)^2 = \sum_{j=1}^l \left[(CL)_{ij} \right]^2 \quad (15)$$

Em que,

Y_{ij} : média do genótipo ou cultivar i no local j ;

$\bar{Y}_{i.}$: média geral do genótipo ou cultivar i ;

$\bar{Y}_{.j}$: média geral do local j ;

$\bar{Y}_{..}$: média geral de todos os dados.

De acordo com esta metodologia, o genótipo mais estável é aquele com a menor estimativa da ecovalência (W_i^2), ou seja, é o genótipo que apresenta a menor contribuição para a interação genótipos x locais, indicando que, para o caráter avaliado, o genótipo é pouco influenciado pelas oscilações ambientais. Com relação ao índice, que é um valor que incorpora informações de vários caracteres simultaneamente, o genótipo que apresentar a menor estimativa do parâmetro W_i^2 para o índice de seleção é aquele que não sofreu influências de desempenho ao longo dos locais, ou seja, é o mais estável. A escolha desta metodologia deu-se pelo fato de que a mesma é de fácil aplicação e por não exigir as estimativas dos quadrados médios do resíduo da análise conjunta para calcular a ecovalência.

2.3 Resultados e discussão

O Ensaio Estadual de Algodoeiro Herbáceo conduzido pelo Programa de Melhoramento desenvolvido pela Embrapa Algodão na região do Cerrado é de importância capital no processo de seleção e recomendação de novas cultivares. Ele é constituído por experimentos conduzidos a campo em vários locais e compreende a última etapa de avaliação, antes da recomendação da cultivar superior. Neste aspecto, o melhorista procura conduzir os experimentos em um maior número possível de locais, visando capitalizar a interação C x L para avaliar a magnitude desta interação e estabelecer estratégias para aumentar a eficiência do processo de substituição das cultivares que já se encontram no mercado.

Anualmente são conduzidos aproximadamente 60 experimentos que são distribuídos nas principais regiões cotonícolas do Cerrado com destaque para os estados de Mato Grosso, Goiás, Mato Grosso do Sul e Bahia. O cuidado com estes experimentos deve ser tanto maior quanto mais heterogêneo for o ambiente. Para isto, o melhorista utiliza os conhecimentos de experimentação agrícola e de genética quantitativa, visando estimar, com segurança, os parâmetros genéticos e estatísticos no processo de avaliação e seleção das cultivares.

No ano agrícola 2000/01, foram conduzidos 27 experimentos cujos resultados serão discutidos a seguir.

2.3.1 Análise de variância individual e conjunta

Os resultados da análise de variância individual para o caráter produtividade de algodão em caroço (kg/ha) evidenciaram diferenças significativas ($P \leq 0.01$ ou $P \leq 0.05$), pelo teste F, para os efeitos de cultivares em 51% dos experimentos avaliados (Anexos A a D).

A precisão experimental, avaliada através do coeficiente de variação experimental (CVe%), variou de 5,51% (Bom Jesus - PI) a 22,11% (Ouro Preto do Oeste - RO). O CVe médio foi de 11,92%, sendo que 66,7% dos locais apresentaram valores de CVe (%) abaixo de 12%. Isso indica que, em termos médios, a precisão experimental foi adequada, conforme a classificação proposta por Santos et al. (1999), que consideram baixo $CVe \leq 12,20\%$ para o caráter produtividade. Tais estimativas garantem uma maior segurança na interpretação dos parâmetros genéticos que estão associados ao processo seletivo.

Em 69,20% dos experimentos em que o teste F não foi significativo, o coeficiente de variação experimental foi igual ou inferior a 15%, evidenciando, ao contrário do que era esperado, que a detecção da variabilidade entre cultivares não esteve associada à baixa estimativa de CVe (%). Tais resultados já foram observados em outras oportunidades na avaliação de experimentos regionais e nacionais de algodão nas condições do Cerrado (FARIAS; FREIRE, 2001; FREIRE et al., 2003; HOOGERHEIDE, 2004; SOUZA, 2005; MARANHA, 2005).

Com relação às médias de produtividade de algodão em caroço (kg/ha) por local, verifica-se que houve uma variação de 849,11 kg/ha (Ouro Preto D'Oeste - RO) a 6261,14 kg/ha (Pedra Preta 1 - MT), com amplitude de 5412,03 kg/ha, o que indica elevada diferença entre as médias dos locais avaliados. Observou-se alta variação na produtividade média entre as cultivares nos diferentes locais. A maior média (6.838,21 kg/ha) foi obtida para a cultivar DELTA OPAL, em Pedra Preta - MT (Experimento 1), e a menor (617,16 kg/ha) pela CNPA CO 99-01, em Ouro Preto D' Oeste - RO. Estes resultados estão de acordo com os obtidos por Souza (2005) na condução de experimentos regionais, em que se obteve uma variação de 2048 a 6082 kg/ha nas condições de Cerrado nos estados do Mato Grosso e Mato Grosso do Sul.

Quanto à análise conjunta (Tabelas 5 e 6), observa-se que, com exceção da fonte de variação Cultivares x Locais (C x L) para o caráter resistência da fibra (RES), todas as demais foram significativas ($P \leq 0.01$ ou $P \leq 0.05$). A significância da fonte de variação para cultivares indica a existência de variabilidade entre os mesmos, aspecto fundamental para que o melhorista possa atuar com sucesso no processo seletivo.

A significância da interação C x L evidencia que o comportamento das cultivares não foi consistente entre os diferentes locais. Os efeitos de locais foram responsáveis pela maior parte da variação entre os materiais avaliados, seguidos pelos efeitos de cultivares e da interação C x L, respectivamente. O CVe (%) médio variou de 2,4% (PFI) a 11,7% (PRO) e pode ser considerado de baixa magnitude para esses caracteres na cultura do algodoeiro, conforme a classificação proposta por Santos et al. (1999), indicando adequada precisão experimental na condução dos experimentos.

O comportamento diferenciado dos genótipos diante da variação ambiental para todos os caracteres, com exceção do caráter RES, indicou a necessidade de se realizar um estudo detalhado da interação C x L, visando identificar cultivares de ampla ou específica adaptação ambiental (CHAVES, 2001). Neste aspecto, o melhorista pode usar diferentes metodologias para o estudo da adaptabilidade e estabilidade fenotípica, para capitalizar a interação C x L e identificar cultivares que sofram menos influências das variações ambientais (VENCOVSKY; BARRIGA, 1992; FARIAS, 1995; CRUZ; REGAZZI, 2002; HOOGERHEIDE, 2004; SOUZA, 2005; MARANHA, 2005).

Tabela 5 - Resumo da análise de variância conjunta para os caracteres Produtividade (PRO), Peso de um capulho (PCA), Porcentagem de fibra (PFI), Altura (ALT), Ramulose (RAM) e Bacteriose (BAC) do Ensaio Estadual de Algodoeiro Herbáceo. Ano agrícola 2000-01

FV	PRO (kg/ha)		PCA (g)		PFI (%)		ALT(cm)		RAM ⁽¹⁾		BAC ⁽¹⁾	
	GL	QM	GL	QM	GL	QM	GL	QM	GL	QM	GL	QM
Locais(L)	20	78043321**	19	15,8938**	16	111,0426**	20	19603,86**	9	3,5804**	10	0,8216**
Cultivares (C)	14	780454**	14	7,1444**	14	212,0596**	14	1420,56**	14	0,0444*	14	0,1218*
CxL	280	370066**	266	0,2007**	224	1,5946**	280	137,22**	126	0,0589**	140	0,0322*
Erro	882	182047	840	0,1448	714	1,0000	882	69,22	420	0,0249	462	0,0250
CV (%)		11,69		6,13		2,44		6,70		10,91		10,43
Médias		3648,69		6,19		40,93		124,05		1,44		1,51

Nota: *, ** Significativo ao nível de 5% e 1% de probabilidade pelo teste F. ⁽¹⁾ Valores em notas transformados para $\sqrt{x + 0,5}$

Tabela 6 - Resumo da análise de variância conjunta para os caracteres Comprimento (COM), Finura (FIN) e Resistência (RES) do Ensaio Estadual de Algodoeiro Herbáceo. Ano agrícola 2000-01

FV	COM (mm)		FIN (IM)		RES(gf/tex)	
	GL	QM	GL	QM	GL	QM
Locais (L)	22	50,6380**	22	5,8203**	22	149,6303**
Cultivares(C)	14	24,4113**	14	0,9251**	14	71,9236**
C x L	308	0,8735**	308	0,0838**	308	3,4726ns
Erro	966	0,6293	966	0,0630	966	3,1247
CV (%)	2,60		5,69		6,30	
Médias	30,48		4,43		28,05	

Nota: *, ** Significativo ao nível de 5% e 1% respectivamente pelo teste F.

Na Tabela 7 encontram-se as médias da análise conjunta dos caracteres Produtividade de algodão em caroço (PRO), Altura (ALT), Peso de um capulho (PCA), Porcentagem de fibra (PFI), Ramulose (RAM), Bacteriose (BAC), Comprimento da fibra (COM), Finura (FIN) e Resistência da fibra (RES) avaliados nas 15 cultivares. Verifica-se que para o caráter PRO, apenas 40% dos genótipos avaliados superaram a média do experimento (3648,68 kg/ha), com destaque para as cultivares BRS AROEIRA (3841,30 kg/ha), BRS IPÊ (3776,09 kg/ha) e CNPA C0 99 -01 (3749,39 kg/ha), que apresentaram as maiores médias. Os menores desempenhos foram obtidos para as cultivares BRS SUCUPIRA (3516,41 kg/ha) e BRS JATOBÁ (3536,03 kg/ha). Constatou-se que todas as cultivares apresentaram médias superiores à média brasileira da safra 2004/05 (3295 kg/ha), evidenciando o elevado potencial produtivo dos genótipos que foram selecionados para compor o Ensaio Estadual de Algodoeiro Herbáceo (FARIAS et al., 1999 ; FARIAS et al., 2003; MORELLO et al., 2004).

Para o caráter porcentagem da fibra (PFI), o valor médio obtido foi de 40,93%, com destaque para as cultivares CNPA CO 99-01 (42,59%) e CNPA ITA 90 (42,35%), que apresentaram os maiores valores. Com exceção das cultivares BRS FACUAL (37,07%) e BRS 197 (37,17%), todas as demais apresentaram médias adequadas para este caráter, cujo valor mínimo aceitável no Programa de Melhoramento do Algodoeiro conduzido pela Embrapa Algodão é de 38% (FREIRE; FARIAS, 1998).

Com relação à Ramulose (RAM) e Bacteriose (BAC), observou-se que para a RAM, as cultivares BRS FACUAL (1,50) e BRS AROEIRA (1,54) destacaram-se, apresentando as menores notas, o que indica elevada resistência à ramulose. Quanto à bacteriose (BAC), os destaques foram para DELTA OPAL (1,41) e BRS FACUAL (1,64), que apresentaram alto grau de resistência a esta doença. Estes resultados estão de acordo com os obtidos por Morello et al. (2004).

Para os demais caracteres ALT, PCA, COM, FIN e RES, todas as cultivares apresentaram médias aceitáveis pelo Programa de Melhoramento desenvolvido para as condições do Cerrado (FREIRE; FARIAS, 1998; MORELLO et al., 2004).

Tabela 7 - Médias e resumo da análise conjunta dos caracteres Produtividade (PRO), Altura (ALT), Peso de um capulho (PCA), Porcentagem de fibra (PFI), Ramulose (RAM), Bacteriose (BAC), Comprimento (COM), Finura (FIN) e Resistência (RES) do Ensaio Estadual de Algodoeiro Herbáceo avaliado nas condições do Cerrado. Ano agrícola 2000-01

Cultivares	PRO (kg/ha)	ALT (cm)	PCA (g)	PFI (%)	RAM (notas)	BAC (notas)	COM (mm)	FIN (l.m)	RES (gf/tex)
ITA 90	3535,98	120,45	5,91	42,35	1,61	1,93	29,98	4,43	28,16
BRS FACUAL	3620,71	131,36	5,87	37,07	1,50	1,64	31,10	4,4	26,88
DELTA OPAL	3647,77	118,57	6,66	42,13	1,81	1,41	30,07	4,28	29,05
BRS 197	3599,42	124,25	6,25	37,17	1,82	1,83	30,21	4,56	26,47
BRS AROEIRA	3841,30	125,36	6,62	39,85	1,54	1,84	31,00	4,44	29,35
BRS ITAÚBA	3551,31	129,32	6,41	39,54	1,85	1,92	30,80	4,38	28,45
BRS 96-227	3619,15	122,65	6,27	41,21	1,79	1,90	30,51	4,39	27,80
CNPA CO 99-01	3749,39	118,04	5,88	42,59	1,62	1,78	30,15	4,41	27,99
CNPA CO 2000-01	3688,21	126,67	6,28	41,24	1,72	1,97	30,46	4,44	28,12
CNPA CO 2000-02	3714,66	126,09	6,07	41,38	1,72	1,95	30,44	4,42	28,36
BRS JATOBÁ	3536,03	122,97	6,12	42,11	1,59	1,95	30,22	4,44	28,44
BRS SUCUPIRA	3516,41	130,28	5,88	41,60	1,75	1,71	31,34	4,24	29,48
BRS 97-4565	3624,66	120,98	6,72	42,03	1,76	2,01	31,26	4,43	27,42
BRS CAMAÇARI	3709,12	120,70	5,88	42,19	1,59	1,97	29,97	4,44	27,89
BRS IPÊ	3776,09	123,05	6,10	41,48	1,70	1,87	29,66	4,68	26,86
MÉDIAS	3648,68	124,05	6,19	40,93	1,69	1,64	30,48	4,43	28,05
F	25,03**	20,52**	6,83**	16,82**	1,83**	4,87**	6,80**	14,56**	23,02**
CV(%)	11,69	6,70	6,13	2,44	10,91	10,43	2,60	5,59	6,30

Nota: ** Significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

2.3.2 Índice de seleção de cultivares proposto por Garcia (1998)

Nas etapas finais dos programas de melhoramento, é necessária uma maior acurácia no processo seletivo, pois, nessa fase, os genótipos já estão praticamente fixados (F_8 a F_{10}) e, conseqüentemente, as diferenças entrem eles são as mínimas

possíveis. Logo, os genótipos promissores devem ser testados com um elevado rigor estatístico. Neste contexto, o melhorista procura avaliar um conjunto de cultivares elites (15 a 20) em experimentos conduzidos em vários locais e anos, com a maior precisão experimental possível, visando uma escolha eficiente e segura das melhores cultivares.

Nessas fases, além da adaptabilidade e estabilidade fenotípica para o caráter produtividade, os genótipos selecionados devem possuir atributos, no mínimo, iguais ou superiores aos materiais comerciais, para que possam ser aceitos pelos agricultores. Atendendo a esta premissa, Garcia (1998) propôs um novo índice de seleção, diferente dos demais em uso, os quais não testam estatisticamente as médias dos caracteres e não prevêem uma possível eliminação das cultivares inferiores.

A nova proposta, denominada “índice de seleção de cultivares”, caracteriza-se por adotar um teste estatístico na comparação das médias, estabelece níveis mínimos aceitáveis para cada caráter, estima a adaptabilidade e estabilidade fenotípica do genótipo, estabelece um “ideótipo”, ou seja, o genótipo com todos os valores desejáveis de cada caráter e, por último, define um índice que é uma medida de distância genética entre os genótipos e o ideótipo estabelecido pelo melhorista.

O mérito desta nova metodologia reside no fato de que, até então, não havia disponível uma metodologia de índice de seleção com estes atributos voltados para as fases finais do melhoramento. Baseado neste aspecto, serão discutidos, a seguir, os principais resultados deste trabalho realizado com a finalidade de obter o índice de seleção de cultivares proposto por Garcia (1998), em um programa de melhoramento do algodoeiro.

2.3.2.1 Teste das médias e obtenção dos recíprocos

As médias originais fenotípicas agrupadas pelo teste de Scott e Knott (1974), ao nível de 5% de probabilidade, encontram-se na Tabela 8. Os números sobrescritos correspondem à classificação de cada grupo de médias e foram tomados de tal forma que o grupo 1 sempre corresponde ao valor desejável, ou seja, o grupo de interesse do melhorista. Logo, o número 1 sempre está associado às maiores médias para os caracteres PRO, PCA, PFI, COM, RES e às menores médias para os demais.

Tabela 8- Médias originais da análise conjunta dos caracteres Produtividade (PRO, kg/ha), Altura (ALT, cm), Peso de um capulho (PCA, g), Porcentagem de fibra (PFI,%), Ramulose (RAM, notas), Bacteriose (BAC, notas), Comprimento (COM, mm), Finura (FIN, IM) e Resistência (RES, gf/tex), segundo o teste de Scott e Knott (1974) para a obtenção do índice de seleção proposto por Garcia (1998)**

CULTIVARES	PRO	ALT	PCA	PFI	COM	FIN	RES	RAM	BAC
ITA 90	3535,98 ²	120,45 ²	5,88 ⁵	42,35 ¹	29,98 ⁶	4,43 ²	28,16 ²	1,43 ¹	1,54 ³
BRS FACUAL	3620,71 ²	131,36 ⁵	5,87 ⁵	37,07 ⁵	31,10 ²	4,40 ²	26,88 ⁴	1,39 ¹	1,45 ²
DELTA OPAL	3647,77 ²	118,57 ¹	6,10 ⁴	42,13 ²	30,07 ⁶	4,28 ¹	29,05 ¹	1,49 ²	1,37 ¹
BRS 197	3599,42 ²	124,25 ³	6,25 ³	37,17 ⁵	30,21 ⁵	4,56 ³	26,47 ⁴	1,48 ²	1,51 ³
BRS AROEIRA	3841,30 ¹	125,36 ⁴	6,66 ¹	39,85 ⁴	31,00 ²	4,44 ²	29,35 ¹	1,40 ¹	1,52 ³
BRS ITAÚBA	3551,31 ²	129,32 ⁵	6,62 ¹	39,54 ⁴	30,80 ³	4,38 ²	28,45 ²	1,50 ²	1,54 ³
BRS 96-227	3619,15 ²	122,65 ³	6,41 ²	41,21 ³	30,51 ⁴	4,39 ²	27,80 ²	1,48 ²	1,54 ³
CNPA CO 99-01	3749,39 ¹	118,04 ¹	5,88 ⁵	42,59 ¹	30,15 ⁵	4,44 ²	27,99 ²	1,42 ¹	1,49 ³
CNPA CO 2000-01	3688,20 ¹	126,67 ⁴	6,27 ³	41,24 ³	30,46 ⁴	4,41 ²	28,12 ²	1,46 ²	1,56 ³
CNPA CO 2000-02	3714,66 ¹	126,09 ⁴	6,28 ³	41,38 ³	30,44 ⁴	4,42 ²	28,36 ²	1,45 ²	1,55 ³
BRS JATOBÁ	3536,03 ²	122,97 ³	5,88 ⁵	42,11 ²	30,22 ⁵	4,44 ²	28,44 ²	1,42 ¹	1,55 ³
BRS SUCUPIRA	3516,41 ²	130,28 ⁵	6,12 ⁴	41,60 ³	31,34 ¹	4,24 ²	29,48 ¹	1,46 ²	1,48 ³
BRS 97-4565	3624,66 ²	120,98 ²	6,72 ^a	42,03 ²	31,26 ¹	4,43 ¹	27,42 ³	1,46 ²	1,57 ³
BRS CAMAÇARI	3709,12 ¹	120,70 ²	5,91 ⁵	42,19 ²	29,97 ⁶	4,44 ²	27,89 ²	1,42 ¹	1,56 ³
BRS IPÊ	3776,09 ¹	123,05 ³	6,07 ⁴	41,48 ³	29,66 ⁷	4,68 ²	26,86 ⁴	1,45 ²	1,52 ³
Nº de Locais	21	21	20	17	23	23	23	10	11

Nota: **Médias com números iguais na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade.

Observa-se que, com a aplicação do teste de Scott e Knott (1974), ao nível de 5% de probabilidade, houve a formação de dois grupos homogêneos para PRO e RAM, três para BAC, quatro para FIN e RES, cinco para ALT, PCA e PFI e sete para COM. Constatou-se ainda que, para o caráter PRO, a formação de apenas dois grupos dificultou a discriminação das cultivares. Entretanto, este fato já era esperado em função de dois fatores: o primeiro é que, neste trabalho, foram avaliados apenas 15 cultivares, um número considerado pequeno para a formação de um número maior de grupos e; o segundo, é que os genótipos que compõem o Ensaio Estadual de Algodoeiro Herbáceo encontram-se na última fase de avaliação, antes de se tornarem novas cultivares. Assim sendo, estes materiais já foram submetidos a um elevado processo de seleção, esperando-se, portanto, que, nesta fase, a variabilidade para os principais caracteres seja pequena (FARIAS; FREIRE, 2001). A amplitude de variação entre a maior média (BRS AROEIRA) e a menor (BRS SUCUPIRA) foi de apenas 324,89 kg/ha, considerada baixa, justificando-se, assim, a formação de apenas dois grupos (GARCIA, 1998).

Fato semelhante ocorreu para os caracteres Ramulose (RAM) e Bacteriose (BAC), em que foram formados apenas dois e três grupos, respectivamente. Para esta situação, além dos fatores descritos no parágrafo anterior, destaca-se também o fato de que, no programa de melhoramento desenvolvido pela Embrapa Algodão, a seleção para resistência às doenças inicia-se a partir dos experimentos iniciais com progênies (Figura 1). Logo, espera-se que na última fase de avaliação, a variabilidade entre os genótipos seja pequena e que os mesmos já possuam um elevado grau de resistência às doenças avaliadas.

A formação dos grupos foi mais ampla para os demais caracteres, ou seja, FIN e RES (quatro grupos), ALT, PCA e PFI (cinco grupos) e COM (sete grupos), possibilitando uma razoável discriminação dos genótipos, com destaque para o caráter COM, que formou sete grupos, influenciando significativamente a determinação do índice. Na cultura do algodoeiro, não foram encontradas informações a este respeito, entretanto, no milho, Garcia (1998), ao estimar este índice de seleção em 49 híbridos de milho, verificou que houve a formação de seis grupos para o caráter altura da espiga (AE), ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Scott e Knott (1974). Enquanto que

Santos (2005), utilizando o mesmo índice em 88 pré-cultivares de soja, obteve a formação de 11 grupos ao para altura de planta ao nível de 1% de probabilidade.

Observa-se ainda na Tabela 8 que o teste empregado não permite a formação de classes sobrepostas, sendo que apenas um número está associado a cada média, o que facilita sobremaneira a interpretação dos dados pelo melhorista.

Alguns trabalhos já discutiram sobre a vantagem do uso do teste de Scott - Knott, comparando-o com os testes de Duncan e Tukey (GATES; BILBRO, 1978; FERREIRA; MUNIZ; AQUINO, 1999). Segundo os primeiros autores, a principal desvantagem do teste era a necessidade de se realizar um grande número de operações matemáticas para a obtenção dos agrupamentos das médias, sendo este o principal fator que limitava o seu uso. No entanto, com os avanços da informática, esta limitação já não existe mais, pois o referido teste pode ser facilmente aplicado, utilizando-se programas computacionais já disponíveis no meio científico, tais como SISVAR (FERREIRA, 2000), GENES (CRUZ, 2001) e ISC (MARGARIDO et al., 2005).

2.3.2.2 Obtenção dos níveis mínimos (N_m) para cada caráter

Para o caráter produtividade (PRO), em que foi estabelecido que as cultivares selecionadas devem ter, no mínimo, a produtividade igual a média do experimento (3648,68 kg/ha), verifica-se na Tabela 9 que esta média pertence ao grupo 2. Desta forma, tomou-se N_m como sendo a média do grupo 2, logo $N_m = 3583,49$ kg/ha. Procedimentos semelhantes foram utilizados para os caracteres peso de um capulho (PCA), comprimento (COM) e resistência (RES), cujos níveis mínimos aceitáveis para descarte foram 6,10g, 30,47mm e 28,15gf/tex, respectivamente.

Quanto ao caráter Altura (ALT), estabeleceu-se que seriam descartadas cultivares com altura superior à média do experimento (124,04 cm). Utilizando o recíproco $1/ALT$, observa-se que a média encontra-se no grupo 3, logo $N_m = 0,0081$. O mesmo procedimento foi realizado para os caracteres que utilizaram os recíprocos, ou seja, Finura (FIN), Bacteriose (BAC) e Ramulose (RAM).

Tabela 9 – Médias originais ou recíprocos das médias na análise conjunta para Produtividade (PRO, kg/ha), Altura (ALT, cm), Peso de um capulho (PCA, g), Porcentagem de fibra (PFI, %), Ramulose (RAM), Bacteriose (BAC), Comprimento (COM, mm), Finura (FIN, IM) e Resistência (RES, gf/tex) na obtenção do índice de seleção de cultivares, proposto por Garcia (1998)**

CULTIVARES	PRO	1 / ALT	PCA	PFI	COM	1 / FIN	RES	1 / RAM	1 / BAC
ITA 90	3535,98 ²	0,0083 ²	5,88 ⁵	42,35 ¹	29,98 ⁶	0,2257 ²	28,16 ²	0,7194 ¹	0,6494 ³
BRS FACUAL	3620,71 ²	0,0076 ⁵	5,87 ⁵	37,07 ⁵	31,10 ²	0,2273 ²	26,88 ⁴	0,7143 ¹	0,6897 ²
DELTA OPAL	3647,77 ²	0,0084 ¹	6,10 ⁴	42,13 ²	30,07 ⁶	0,2336 ¹	29,05 ¹	0,7042 ²	0,7299 ¹
BRS 197	3599,42 ²	0,0080 ³	6,25 ³	37,17 ⁵	30,21 ⁵	0,2193 ³	26,47 ⁴	0,7042 ²	0,6623 ³
BRS AROEIRA	3841,30 ¹	0,0080 ⁴	6,66 ¹	39,85 ⁴	31,00 ²	0,2252 ²	29,35 ¹	0,7042 ¹	0,6579 ³
BRS ITAÚBA	3551,31 ²	0,0077 ⁵	6,62 ¹	39,54 ⁴	30,80 ³	0,2283 ²	28,45 ²	0,6993 ²	0,6494 ³
BRS 96-227	3619,15 ²	0,0082 ³	6,41 ²	41,21 ³	30,51 ⁴	0,2278 ²	27,80 ²	0,6897 ²	0,6494 ³
CNPA CO 99-01	3749,39 ¹	0,0085 ¹	5,88 ⁵	42,59 ¹	30,15 ⁵	0,2268 ²	27,99 ²	0,6897 ¹	0,6711 ³
CNPA CO 2000-01	3688,20 ¹	0,0079 ⁴	6,27 ³	41,24 ³	30,46 ⁴	0,2252 ²	28,12 ²	0,6849 ²	0,6410 ³
CNPA CO 2000-02	3714,66 ¹	0,0079 ⁴	6,28 ³	41,38 ³	30,44 ⁴	0,2262 ²	28,36 ²	0,6849 ²	0,6452 ³
BRS JATOBÁ	3536,03 ²	0,0081 ³	5,88 ⁵	42,11 ²	30,22 ⁵	0,2252 ²	28,44 ²	0,6849 ¹	0,6452 ³
BRS SUCUPIRA	3516,41 ²	0,0077 ⁵	6,12 ⁴	41,60 ³	31,34 ¹	0,2358 ²	29,48 ¹	0,6757 ²	0,6757 ³
BRS 97-4565	3624,66 ²	0,0083 ²	6,72 ¹	42,03 ²	31,26 ¹	0,2257 ¹	27,42 ³	0,6757 ²	0,6369 ³
BRS CAMAÇARI	3709,12 ¹	0,0083 ²	5,91 ⁵	42,19 ²	29,97 ⁶	0,2252 ²	27,89 ²	0,6711 ¹	0,6410 ³
BRS IPÊ	3776,09 ¹	0,0081 ³	6,07 ⁴	41,48 ³	29,66 ⁷	0,2137 ²	26,86 ⁴	0,6667 ²	0,6579 ³

Nota: ** Médias com números iguais nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott e Knott (1974) ao nível de 5% de probabilidade.

No caso do caráter porcentagem de fibra (PFI), o valor mínimo aceitável estabelecido foi de 39,70%, haja vista que os genótipos para uso comercial devem ter porcentagem de fibra de, no mínimo, 38% (FREIRE; FARIAS, 2001). Para os parâmetros de estabilidade $\hat{\beta}_i$ e R^2 , foram atribuídos os níveis mínimos de 0,90 e 0,94, respectivamente.

Os níveis mínimos (valores de descarte) para todos os caracteres foram fixados baseando-se nos valores na média do experimento, semelhantemente aos procedimentos utilizados por Garcia (1998) e Santos (2005). A única exceção foi para o caráter PFI, conforme já comentado.

A não utilização das médias das testemunhas foi em função de que, para a maioria dos caracteres, as mesmas foram consideradas baixas, o que reduziria consideravelmente o nível de descarte dos genótipos inferiores. Entretanto, deve-se ressaltar que o estabelecimento dos níveis de descarte fica a critério do melhorista, com base nas peculiaridades do seu programa de melhoramento. O emprego de testemunhas comerciais pode auxiliar positivamente na escolha de tais níveis, bastando que o melhorista verifique se os materiais selecionados não apresentam valores significativamente abaixo dos obtidos pelos genótipos comerciais.

2.3.2.3 Transformação dos dados

Na Tabela 10, encontram-se as médias transformadas (P'_m), cuja expressão foi descrita em Material e métodos. Os desvios padrão efetivamente utilizados para o cálculo do P'_m foram os seguintes: $s_{mPRO} = 96,3893$; $s_{mALT} = 0,0002$; $s_{mPCA} = 0,2987$; $s_{mPFI} = 1,7660$; $s_{mCOM} = 0,5146$; $s_{mFIN} = 0,1012$; $s_{mRES} = 0,8835$; $s_{mRAM} = 0,0158$ e; $s_{mBAC} = 0,0241$.

Tabela 10 – Médias transformadas através da expressão $P'_m = (P_m - N_m) / s_m$ para Produtividade (PRO, kg/ha), Altura (ALT, cm), Peso de um capulho (PCA, g), Porcentagem de fibra (PFI, %), Comprimento (COM, mm), Finura (FIN, IM), Resistência (RES, gf/tex), Ramulose (RAM, notas), Bacteriose (BAC, notas), Coeficiente de regressão ($\hat{\beta}_i$) e de determinação (R^2) utilizando a metodologia proposta por Garcia (1998)

CULTIVARES	PRO	ALT	PCA	PFI	COM	FIN	RES	RAM	BAC	$\hat{\beta}_i$	R^2
ITA 90	0,000 ²	0,638 ²	-1,281⁵	1,569 ¹	-0,900⁶	0,000 ²	0,000 ²	1,720 ¹	0,000 ³	0,449	0,278
BRS FACUAL	0,000 ²	-1,665⁵	-1,281⁵	-1,461⁵	1,127 ²	0,000 ²	-1,601⁴	1,720 ¹	1,538 ²	-0,299	-1,006
DELTA OPAL	0,000 ²	1,274 ¹	-0,569⁴	1,367 ²	-0,900⁶	1,663 ¹	1,293 ¹	0,000 ²	3,203 ¹	2,393	-1,649
BRS 197	0,000 ²	0,000 ³	0,000 ³	-1,461⁵	-0,538⁵	-1,360³	-1,601⁴	0,000 ²	0,000 ³	1,945	-0,685
BRS AROEIRA	1,691 ¹	-0,683⁴	1,339 ¹	0,000 ⁴	1,127 ²	0,000 ²	1,293 ¹	1,720 ¹	0,000 ³	1,945	1,242
BRS ITAÚBA	0,000 ²	-1,665⁵	1,339 ¹	0,000 ⁴	0,641 ³	0,000 ²	0,000 ²	0,000 ²	0,000 ³	1,197	-1,649
BRS 96-227	0,000 ²	0,000 ³	0,480 ²	0,952 ³	0,000 ⁴	0,000 ²	0,000 ²	0,000 ²	0,000 ³	0,000	0,000
CNPA CO 99-01	1,691 ¹	1,274 ¹	-1,281⁵	1,569 ¹	-0,538⁵	0,000 ²	0,000 ²	1,720 ¹	0,000 ³	3,590	0,921
CNPA CO 2000-01	1,691 ²	-0,683⁴	0,000 ³	0,952 ³	0,000 ⁴	0,000 ²	0,000 ²	0,000 ²	0,000 ³	0,748	0,600
CNPA CO 2000-02	1,691 ²	-0,683⁴	0,000 ³	0,952 ³	0,000 ⁴	0,000 ²	0,000 ²	0,000 ²	0,000 ³	1,047	0,278
BRS JATOBÁ	0,000 ²	0,000 ³	-1,281⁵	1,367 ²	-0,538⁵	0,000 ²	0,000 ²	1,720 ¹	0,000 ³	1,795	-1,328
BRS SUCUPIRA	0,000 ²	-1,665⁵	-0,569⁴	0,952 ³	1,613 ¹	1,663 ¹	1,293 ¹	0,000 ²	0,000 ³	2,094	0,600
BRS 97-4565	0,000 ²	0,638 ²	1,339 ^a	1,367 ²	1,613 ¹	0,000 ²	-0,828³	0,000 ²	0,000 ³	1,197	0,921
BRS CAMAÇARI	1,691 ²	0,638 ²	-1,281⁵	1,367 ²	-0,900⁶	0,000 ²	0,000 ²	1,720 ¹	0,000 ³	1,047	0,921
BRS IPÊ	1,691 ²	0,000 ³	-0,569⁴	0,952 ³	-1,574⁷	-2,461⁴	-1,601⁴	0,000 ²	0,000 ³	2,094	0,600

Notas: Médias com numeros iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott e Knott (1974) ao nível de 5% de probabilidade.

* Valores negativos em negritos são sugeridos para o descarte das cultivares.

Constata-se que, nesta transformação, não foram utilizadas as médias individuais de cada genótipo e sim as médias dos respectivos grupos. Assim, todos as cultivares do mesmo grupo de classificação pelo teste de Scott e Knott (1974) apresentaram um mesmo valor após a transformação (Tabela 10). Esta é uma importante diferença deste índice em relação aos demais, pois após aplicação do teste, as médias estatisticamente iguais são representadas pelas médias do respectivo grupo e, portanto, estas terão a mesma importância no momento da classificação das cultivares (GARCIA, 1998).

Um outro aspecto importante para o melhorista é que, após a transformação, é possível identificar quais genótipos podem ser descartados em função de não apresentarem os níveis mínimos estabelecidos, bastando para isso observar quais médias transformadas apresentam valores negativos (negritos), ou seja, não atenderam às exigências mínimas pré-estabelecidas pelo melhorista (SANTOS, 2005).

Neste aspecto, verifica-se que, com exceção dos caracteres PRO, RAM e BAC, todos os demais apresentaram, pelo menos, um valor de média transformada negativa, indicando que as cultivares detentoras destas médias possuem, pelo menos, um caráter com valores que não se enquadram nas exigências estabelecidas nos objetivos do programa de melhoramento.

2.3.2.4 Estabelecimento do ideótipo

Neste trabalho, foi estabelecido como ideótipo o genótipo formado pelos melhores valores obtidos para todos os caracteres avaliados. Logo, neste caso, o ideótipo conterá os maiores valores de PRO, PCA, PFI, COM e RES e os menores valores de ALT, FIN, RAM e BAC. Para os parâmetros de estabilidade, o ideótipo deverá possuir $\hat{\beta}_i = 1,0$, indicando adaptabilidade ampla, e R^2 o maior possível, evidenciando alta previsibilidade de comportamento.

Através do emprego do teste de Scott e Knott (1974) ao nível de 5% de probabilidade, obteve-se o ideótipo que foi composto pelas médias dos grupos que possuíam os melhores valores (grupo 1). Portanto, o ideótipo apresentou, por caráter, as seguintes médias originais, que estão apresentadas na Tabela 9: PRO (3746,46

kg/ha); ALT (118,30); PCA (6,67g); PFI (42,57%); COM (31,23mm); FIN (4,26 IM); RES (29,29 gf/tex); RAM (1,39) e; BAC (1,37).

Convém ressaltar que, para o cálculo do índice de seleção, que corresponde a uma distância genética das cultivares ao ideótipo, os valores do ideótipo também foram transformados pelo emprego da expressão do P'_m descrita na equação 16 (item 2.2.6.2.3). Portanto, os valores do ideótipo efetivamente utilizados no cálculo da distância euclidiana foram: 1,691 para PRO; 1,274 para ALT; 1,339 para PCA; 1,569 para PFI; 1,613 para COM; 1,663 para FIN; 1,293 para RES; 1,720 para RAM; 3,203 para BAC; 1,497 para $\hat{\beta}_i$ (valor transformado correspondente a uma estimativa de $\hat{\beta}_i = 1$) e; 1,242 para R^2 (Tabela 10). Estes valores, apresentados no ideótipo, foram utilizados no cálculo do índice e estão expressos em unidades de desvio padrão devido à transformação utilizada através do P'_m .

2.3.2.5 Seleção das cultivares superiores através do índice de seleção

A classificação final das 15 cultivares após o emprego da distância euclidiana média, que corresponde ao índice de seleção de cultivares (I_{sc}), encontra-se na Tabela 11. Para facilitar a análise dos dados, os números de classificação dos grupos de médias foram substituídos por letras, de tal forma que o número 1 correspondesse à letra a, o número 2 à letra b e assim sucessivamente. Verifica-se que a classificação das cultivares pelo índice está em ordem crescente, sendo os valores assinalados com letras iniciais do alfabeto, os mais desejáveis. Visando uma melhor interpretação dos resultados, as médias transformadas foram substituídas pelas médias originais, inclusive para os caracteres Ramulose (RAM) e Bacteriose (BAC) que, na análise de variância, foram submetidos a uma transformação de $\sqrt{x+0.5}$. As médias em negrito indicam que, quando transformadas, apresentaram valores negativos, evidenciando alguma deficiência do genótipo para um determinado caráter.

Tabela 11– Índice para a seleção de cultivares (I_{SC}) para Produtividade (PRO), Altura(ALT), Peso de um capulho(PCA), Porcentagem de fibra (PFI), Ramulose (RAM), Bacteriose (BAC), Comprimento (COM), Finura (FIN), Resistência (RES) e Coeficiente de regressão ($\hat{\beta}_i$) e de determinação (R^2) baseado na metodologia proposta por Garcia (1998)

CULTIVARES	PRO (kg/ha)	ALT (cm)	PCA (g)	PFI (%)	RAM (notas)	BAC (notas)	COM (mm)	FIN (l.m)	RES (gf/tex)	$\hat{\beta}_i$	R^2	I_{SC}
BRS AROEIRA	3841,30 a	125,36 d	6,66 a	39,85 d	1,54 a	1,84 c	31,00 b	4,44 b	29,35 a	1,05	97,75	1,34
BRS 97-4565	3624,66 b	120,98 b	6,72 a	42,03 b	1,76 b	2,01 c	31,26 a	4,43 b	27,42 c	0,98	97,03	1,48
DELTA OPAL	3647,77 b	118,57 a	6,10 d	42,13 b	1,81 b	1,41 a	30,07 e	4,28 a	29,05 a	1,06	88,90	1,51
CNPA CO 2000-01	3688,20 a	126,67 d	6,27 c	41,24 c	1,72 b	1,97 c	30,46 c	4,44 b	28,12 b	0,95	96,46	1,57
CNPA CO 2000-02	3714,66 a	126,09 d	6,28 c	41,38 c	1,72 b	1,95 c	30,44 c	4,42 b	28,36 b	0,97	95,54	1,58
BRS CAMAÇARI	3709,12 a	120,70 b	5,91 e	42,19 b	1,59 a	1,97 c	29,97 e	4,44 b	27,89 b	0,97	97,10	1,61
BRS SUCUPIRA	3516,41 b	130,28 e	6,12 d	41,6 c	1,75	1,71 c	31,34 a	4,24 a	29,48 a	1,05	95,84	1,64
BRS 96-227	3619,15 b	122,65 c	6,41 b	41,21 c	1,79 b	1,90 c	30,51 c	4,39 b	27,80 b	0,90	94,00	1,64
CNPA CO 99-01	3749,39 a	118,04 a	5,88 e	42,59 a	1,62 a	1,78 c	30,15 d	4,41b	27,99 b	1,14	96,90	1,67
ITA 90	3535,98 b	120,45 b	5,88 e	42,35 a	1,61 a	1,93 c	29,98 e	4,43 b	28,16 b	0,93	95,21	1,74
BRS JATOBA	3536,03 b	122,97 c	5,88 e	42,11 b	1,59 a	1,95 c	30,22 d	4,44 b	28,44 b	1,02	89,97	1,84
BRS ITAÚBA	3551,31 b	129,32 e	6,62 a	39,54 d	1,85 b	1,92 c	30,80 b	4,38 b	28,45 b	0,98	88,88	1,93
BRS FACUAL	3620,71 b	131,36 e	5,87 e	37,07 e	1,50 a	1,64 b	31,10 a	4,40 b	26,88 d	0,88	90,87	2,13
BRS 197	3599,42 b	124,25 c	6,25 c	37,17 e	1,82 b	1,83 c	30,21 d	4,56 c	26,47 d	1,03	92,57	2,23
BRS IPÊ	3776,09 a	123,05 c	6,07 d	41,48 c	1,70 b	1,87 c	29,66 f	4,68 d	26,86 d	1,05	95,05	2,24
Médias	3648,68	124,05c	6,19	40,93	1,69	1,64	30,48	4,43	28,05	0,99	94,00	1,74

Nota: Médias com as mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Scott e Knott ao nível de 5 % de probabilidade.

Observa-se que o índice variou de 1,34 (BRS AROEIRA) a 2,24 (BRS IPÊ), com uma amplitude de variação de 0,90. No Algodoeiro, não foram encontradas referências sobre o emprego deste índice. Entretanto, com a cultura do milho, utilizando este mesmo índice, Garcia (1998) obteve valores variando de 1,50 a 2,90 (Índice 1) e 1,65 a 2,86 (Índice 2) com amplitudes de 1,40 e 1,21, respectivamente. Já Santos (2005), avaliando também este índice em 88 pré-cultivares de soja, obteve uma variação de 1,38 a 3,82, com uma amplitude de 2,44.

Verifica-se ainda que, à exceção dos caracteres produtividade (PRO), ramulose (RAM) e bacteriose (BAC), todos os demais apresentaram, pelo menos, um valor em negrito, indicando um possível descarte. Para o caráter PRO, observa-se que todas as cultivares apresentaram médias transformadas iguais ou superiores ao valor de descarte ($N_m = 3583,49$ kg/ha), com destaque para as cultivares BRS AROEIRA, BRS 97-4565 e DELTA OPAL, que conciliaram os menores valores do índice de seleção (1,34, 1,48 e 1,51, respectivamente) e altas produtividades (grupo a), indicando que o índice foi eficiente na seleção das melhores cultivares.

As elevadas produtividades destas cultivares também foram evidenciadas em outros trabalhos (FREIRE e FARIAS, 2001; FARIAS et al., 2003; HOOGERHEIDE, 2004; MORELLO et al., 2004).

Para o caráter altura (ALT), observa-se que cinco cultivares (BRS AROEIRA, CNPA CO-2001, CNPA CO-2002, BRS SUCUPIRA e BRS FACUAL) apresentaram médias transformadas negativas (em negrito), indicando que elas estão acima dos valores mínimos exigidos (média do experimento). Entretanto, considerando que para este trabalho todas as médias obtidas enquadram-se nas exigências para a colheita mecanizada, com altura variando de 100 a 150 cm (FREIRE et al., 1998), optou-se por não realizar qualquer descarte com base neste caráter, sendo que para os demais, adotou-se o processo de eliminação dos genótipos que não apresentaram as exigências mínimas estabelecidas. Neste aspecto, é importante salientar que, na cultura do algodoeiro para as condições do cerrado, médias de altura acima de 150 cm podem dificultar a operação de colheita mecanizada, causando significativas perdas no processo final da colheita.

Com relação ao caráter PCA, observa-se na Tabela 11 que 47% das cultivares apresentaram valores acima das exigências mínimas estabelecidas, com destaque para BRS 97-4565, BRS ITAÚBA e BRS AROEIRA, que obtiveram as maiores médias (grupo a), enquanto que as cultivares CNPA CO 99-01, ITA 90, BRS JATOBÁ, BRS FACUAL e BRS CAMAÇARI apresentaram as menores (grupo e). Quanto à PFI, cujo valor de descarte foi a média inferior a 39,70%, verificou-se que apenas duas cultivares (BRS FACUAL e BRS 197) não atenderam às exigências mínimas estabelecidas pelo programa de melhoramento desenvolvido pela Embrapa Algodão (FREIRE et al., 1998; FARIAS et al., 1999).

Para os caracteres ramulose (RAM) e Bacteriose (BAC), observa-se que todas as cultivares apresentaram médias estatisticamente abaixo das exigências mínimas, destacando-se a BRS AROEIRA, BRS FACUAL (RAM) e DELTA OPAL (BAC), que apresentaram as menores médias, respectivamente (grupo a). Estes resultados estão de acordo com os obtidos por Farias e Freire (2001) e Morello et al. (2004), que evidenciaram elevado grau de resistência destes genótipos à ramulose e à bacteriose.

Quanto aos caracteres tecnológicos de fibras, constatou-se que as cultivares com as melhores médias (grupo a) por caráter foram: BRS SUCUPIRA; BRS 97-4565; BRS FACUAL (COM); DELTA OPAL; BRS SUCUPIRA (FIN); BRS SUCUPIRA e; BRS AROEIRA (RES). Tais resultados estão de acordo com os obtidos por Freire et al. (2004) e Morello et al. (2004).

Em contrapartida, nove cultivares apresentaram médias acima (FIN) e abaixo (COM e RES) dos valores mínimos exigidos (médias em negrito), evidenciando alguma deficiência no caráter em questão. Constata-se ainda que os genótipos superiores não se destacaram simultaneamente em relação aos três caracteres (Tabela 11). Tal situação ocorre com frequência, devido à existência de correlações negativas entre os caracteres (MEREDITH, 1984). Daí a importância do emprego do índice de seleção como ferramenta auxiliar na seleção de cultivares superiores (GARCIA; SOUZA JÚNIOR, 1999; CRUZ; REGAZZI, 2002).

Com relação aos parâmetros de estabilidade $\hat{\beta}_i$ e R^2 que avaliam a adaptabilidade e a estabilidade, respectivamente, pela metodologia de Eberhart e Russell (1966), nota-se que apenas o genótipo BRS FACUAL apresentou a estimativa

de $\hat{\beta}_i$ inferior ao valor mínimo exigido ($\hat{\beta}_i = 0,90$). Entretanto, este valor não é significativamente diferente da unidade, uma indicação que este genótipo possui adaptabilidade ampla. Este resultado está de acordo aos obtidos por Farias et al. (1999), Hoogerheide (2004) e Souza (2005). Com exceção da CNPA CO 99-01 ($\hat{\beta}_i = 1,14^*$), que apresentou estabilidade específica para ambientes favoráveis, todas as demais cultivares apresentaram elevada adaptabilidade. Destaque para a BRS AROEIRA e CNPA 97-4565 e DELTA OPAL, que associaram baixos valores dos índices, altas produtividades (grupo a) e $\hat{\beta}_i$ estatisticamente igual à unidade, indicando ampla adaptabilidade.

Quanto à estabilidade fenotípica, ou previsibilidade de comportamento avaliada pelo coeficiente de determinação R^2 , observa-se que as cultivares DELTA OPAL, BRS JATOBÁ, BRS ITAÚBA, BRS FACUAL e BRS 197 apresentaram valores inferiores aos mínimos exigidos pelo índice (94%). Neste aspecto, constata-se que, na prática, em relação a esse parâmetro, o melhorista não descartaria nenhum dos materiais avaliados em virtude de que a menor estimativa de R^2 foi de 88,88% (BRS ITAÚBA), valor próximo a 90%, o que já indica uma aceitável estabilidade fenotípica (RAMALHO; SANTOS; ZIMMERMANN, 1993; CRUZ; REGAZZI, 2002).

2.3.2.6 Aspectos gerais sobre o índice de seleção

Na obtenção do índice de seleção, conforme já mencionado, fixou-se um único nível de probabilidade do erro tipo I (0,05), quando da aplicação do teste de Scott e Knott (1974) para todos os caracteres avaliados, visando um padrão único de agrupamento de médias, mesmo dispondo de caracteres de menor importância agrônômica, como ALT, quando comparado com PRO e PFI, por exemplo. Entretanto, apesar do caráter ALT ser considerado de menor importância, a seleção de cultivares de porte adequado é fundamental para a obtenção de genótipos que se adequam à colheita mecanizada. Daí a razão de se ter optado por estabelecer o mesmo critério dos demais para este caráter.

De maneira geral, observa-se que os três melhores genótipos classificados pelo índice de seleção (BRS AROEIRA, BRS 97-4565 e DELTA OPAL) apresentaram médias adequadas para os caracteres, praticamente sem restrições. No caso da BRS AROEIRA, a única limitação foi a altura média (125,36 cm), entretanto, conforme já comentado para este caráter, não se realizou qualquer descarte, haja vista que para este conjunto de dados, todas as cultivares apresentaram médias de altura que se adequaram aos critérios exigidos para a colheita mecanizada (FREIRE; FARIAS, 2001).

Quanto à cultivar BRS 97- 4565, a única restrição foi a resistência da fibra (RES), que ficou abaixo da média geral (28,05 gf/tex). Entretanto, na prática, o melhorista jamais deixaria de recomendar este material, pois para os demais atributos, esta cultivar destacou-se positivamente, além de apresentar a segunda melhor classificação (Tabela 11).

Em relação à DELTA OPAL, houve três restrições (PCA, COM e R^2) cujas médias ficaram abaixo do valor de descarte (médias em **negrito**); nesse caso, o melhorista também optaria pela sua recomendação, em função de que, na prática, um peso de capulho (PCA) de 6,10g, um comprimento de fibra de 30,07mm e um $R^2 = 89,90\% \approx 90\%$ não refutaria a entrada deste material no mercado; tanto é assim que a empresa MDM (Maeda Deltapine e Monsanto) decidiu pelo lançamento desta cultivar em 2000 para as condições do Cerrado. Esta cultivar tem um elevado potencial produtivo e apresenta adaptabilidade específica para ambientes favoráveis (HOOGERHEIDE, 2004).

É oportuno destacar que, na metodologia proposta por Garcia (1998), embora obviamente o valor do índice seja considerado na decisão de selecionar ou não um determinado genótipo, o melhorista ainda dispõe das médias standardizadas (P'_m) que possibilitam informar quais cultivares são passíveis de seleção, através de critérios previamente estabelecidos antes de se obter o índice. As médias negativas (em **negrito**) já indicam que ocorreu alguma restrição que deve ser analisada. Esta é uma vantagem que diferencia este índice dos demais, possibilitando uma maior segurança na discriminação das cultivares e, conseqüentemente, na seleção dos materiais superiores.

Entretanto, quando se avaliam muitos caracteres, é possível ocorrer que uma cultivar de desempenho geral excelente possua uma ou duas médias indesejáveis, sendo por isso considerada indesejável se forem levadas em consideração apenas as suas médias standardizadas (SANTOS, 2005). Nesta pesquisa, verificou-se que isto ocorreu com BRS 97-4565 e DELTA OPAL (Tabela 11), nesta situação, optou-se pela seleção das mesmas em função da superioridade apresentada para os demais atributos e por obterem uma excelente classificação em relação ao índice.

Deve-se ressaltar também que a cultivar BRS SUCUPIRA, classificada em sétimo lugar ($I_{sc} = 1,64$), dificilmente seria selecionada pois, além de apresentar a menor média para PRO, a média para o caráter PCA ficou abaixo do valor mínimo exigido para seleção (Tabela 11).

Constatou-se ainda que as cultivares CNPA CO 2001-01 e CNPA CO 2000-02 classificaram-se respectivamente em quarto e quinto lugares, com valores medianos de I_{sc} iguais a 1,57 e 1,58, respectivamente, e com elevadas médias de produtividade (grupo a). A única restrição foi a altura (ALT), a qual não foi utilizada como critério para descarte. Nesta situação, devido as suas classificações, o melhorista pode optar pela seleção destes genótipos.

O índice de seleção também foi eficiente em indicar os três piores desempenhos (BRS FACUAL, BRS 197 e BRS IPÊ), que se classificaram em 13º, 14º e 15º lugares, respectivamente. Por outro lado, verificou-se que apesar do genótipo BRS IPÊ ter apresentado uma alta produtividade média (grupo a), o seu desempenho em relação aos caracteres PCA (6,07g - grupo d) e FIN (4,68 IM - grupo d) influenciou decisivamente para classificá-lo em último lugar. Tal fato comprova a eficiência do índice no processo de selecionar apenas genótipos com atributos superiores.

2.3.3 Avaliação dos índices de seleção por locais

Na condução de um programa de melhoramento, geralmente o pesquisador procura analisar os dados tanto ao nível de médias de locais, visando identificar genótipos de desempenho amplo, como também avaliá-los em cada local, objetivando selecionar materiais com desempenho específico.

O índice de seleção de cultivares proposto por Garcia (1998) utiliza as médias da análise conjunta, conforme foi verificado durante a descrição da metodologia. Entretanto, isto não exclui a possibilidade de se estimar os índices por locais, assim como se faz com os caracteres de maneira geral, visando uma avaliação de desempenho do índice em cada local. Contudo, por se tratar de uma metodologia ainda pouco difundida no meio científico, ainda não se dispõe de informações sobre a magnitude do índice e da sua viabilidade quando da sua estimação por locais. Neste aspecto, com o objetivo de se obter esta informação, realizou-se esta pesquisa estimando-se os referidos índices por locais. As estimativas dos índices nos 20 locais encontram-se na Tabela 12. Verifica-se que as médias do índice por local variaram de 0,67 (MON - MG) a 1,40 (SIN - MT), com uma amplitude de variação de 0,73.

Tabela 12 - Estimativas do índice de seleção e do desvio padrão em 20 localidades do Ensaio Estadual de Algodoeiro Herbáceo nas condições do Cerrado. Ano agrícola 2000-01

(continua)

Cultivares / Locais	DOU-MS	CHS-MS	ROO-MT	CV -MT	PP1-MT	PP2-MT	SOR-MT	PLE-MT	SHE-G0	CNP-MT
CNPA ITA 90	0,69	1,21	0,97	1,04	0,93	1,21	1,44	1,11	0,77	1,07
BRS FACUAL	1,42	1,91	1,47	1,37	1,14	1,70	1,59	1,81	1,62	1,22
DELTA OPAL	0,71	0,68	0,75	1,03	0,93	0,95	0,92	1,34	1,37	1,17
BRS 197	1,42	1,62	1,28	1,51	1,18	1,79	2,19	1,25	1,45	1,12
BRS AROEIRA	0,74	0,60	0,86	0,68	0,00	0,85	0,24	1,30	1,04	0,35
BRS ITAÚBA	0,74	1,35	0,86	0,68	0,99	1,02	1,10	1,39	0,95	0,49
BRS 96-227	0,00	1,35	0,62	1,04	0,72	1,28	0,83	0,75	0,99	0,94
CNPA CO 99-01	0,69	1,58	0,97	1,03	1,12	1,08	1,19	1,08	0,77	1,36
CNPA CO 2000-01	1,35	1,47	0,81	1,04	0,00	0,28	0,92	1,02	0,79	0,94
CNPA CO 2000-02	0,19	1,08	0,75	1,04	0,69	1,27	0,24	1,18	0,75	0,94
BRS JATOBÁ	0,92	1,48	1,60	1,03	0,93	1,22	0,88	0,91	0,79	1,40
BRS SUCUPIRA	0,92	1,35	1,04	0,82	0,62	1,26	0,72	1,00	0,99	1,13
BRS 97-4565	2,15	0,96	0,00	0,18	0,64	0,85	1,11	0,75	0,62	0,91
BRS CAMAÇARI	0,92	1,06	1,36	1,04	0,94	1,38	1,66	0,88	0,77	1,58
BRS IPÊ	0,69	1,40	1,29	1,04	0,94	1,34	1,43	1,35	0,79	1,53
Médias	0,90	1,27	0,98	0,97	0,78	1,17	1,10	1,14	0,94	1,08

(conclusão)

Cultivares / Locais	MON-GO	PAR-MG	SIN-MT	CAP-MG	BA2-BA	SAP-MT	VIL-RO	LRV-MT	BA1-BA	QMA-MT	Médias	$\hat{\sigma}$
CNPA ITA 90	0,89	0,70	1,67	1,03	1,17	1,31	1,73	1,24	0,93	1,10	1,11	0,28
BRS FACUAL	1,40	1,49	1,35	1,37	1,56	1,49	1,00	1,64	1,47	1,41	1,47	0,21
DELTA OPAL	0,00	0,70	1,45	0,68	0,99	1,06	1,57	1,17	0,63	1,03	0,96	0,36
BRS 197	1,21	1,06	1,33	1,53	1,59	1,57	1,14	1,58	1,44	1,40	1,43	0,26
BRS AROEIRA	0,75	0,35	1,33	0,57	0,92	0,92	0,36	0,82	0,62	0,99	0,71	0,34
BRS ITAÚBA	0,75	1,01	1,14	1,17	0,73	1,48	0,36	0,83	0,28	1,49	0,94	0,35
BRS 96-227	0,25	0,35	1,65	0,32	1,17	1,06	1,28	0,83	1,00	1,40	0,89	0,43
CNPA CO 99-01	0,54	0,94	1,45	0,77	1,17	1,44	1,00	1,03	0,68	1,41	1,07	0,29
CNPA CO 2000-01	0,60	0,70	1,14	1,03	1,17	1,15	0,81	0,63	0,97	0,99	0,89	0,34
CNPA CO 2000-02	0,60	0,94	1,50	0,83	0,92	1,43	1,23	1,16	1,00	1,40	0,96	0,35
BRS JATOBÁ	0,92	0,94	1,45	1,03	1,17	1,29	1,23	1,07	0,93	1,89	1,15	0,29
BRS SUCUPIRA	0,60	0,64	0,82	0,32	1,14	0,98	0,63	0,43	0,68	1,59	0,88	0,32
BRS 97 4565	0,00	0,64	1,33	0,77	0,92	0,81	0,00	0,62	0,00	1,20	0,72	0,55
BRS CAMAÇARI	0,92	0,70	1,61	1,03	1,35	1,15	1,00	1,07	0,63	1,58	1,13	0,31
BRS IPÊ	0,60	0,70	1,80	1,03	1,35	1,92	0,96	1,24	0,97	1,58	1,20	0,37
Médias	0,67	0,79	1,40	0,90	1,16	1,27	0,95	0,93	0,81	1,37	1,03	0,34

A dispersão das cultivares em relação ao índice foi avaliada através do desvio padrão. Neste trabalho, para fins de interpretação, estas estimativas foram classificadas em baixas (0,21 a 0,29), intermediárias (0,30 a 0,38), altas (0,39 a 0,47) e muito altas (0,48 a 0,56). Neste aspecto, observa-se que 33,3%, 53,3%, 6,6% e 6,6 % dos genótipos classificaram-se com desvios padrão baixos, intermediários, altos e muito altos, respectivamente.

Constatou-se que a menor estimativa do desvio padrão foi obtida pela cultivar BRS FACUAL ($\hat{\sigma} = 0,21$), evidenciando um comportamento uniforme diante dos locais. A cultivar BRS 97 4565 ($\hat{\sigma} = 0,55$) apresentou um comportamento oposto, com ampla variabilidade em relação aos valores dos índices (Tabela 12). Quanto ao desempenho produtivo da BRS FACUAL e BRS 97- 4565, verificou-se que as mesmas apresentaram baixa e alta produtividade, respectivamente. A performance destes materiais equivale ao conceito de estabilidade do tipo I, em que a variância entre os ambientes é pequena (LIN; BINNS; LEVKOVITCH, 1986).

Este tipo de estabilidade foi denominado por Becker (1981) como estabilidade no sentido biológico e equivale ao genótipo que mostra um desempenho constante com a variação do ambiente. Portanto, pode-se também verificar que, em relação ao índice, as menores estimativas do desvio padrão estavam sempre associadas com produtividades baixas (Tabelas 11 e 12). Este fato é comum no uso do coeficiente de variação (CV) ou o desvio padrão ($\hat{\sigma}$) como medida de estabilidade do caráter produtividade (RAMALHO; SANTOS; ZIMMERMANN, 1993; SOUZA, 2005). Dessa forma, pode-se inferir que esse tipo de estabilidade não é desejável agronomicamente, uma vez que, o desempenho do material genético não acompanha a melhoria do ambiente (RAMALHO; SANTOS; ZIMMERMANN, 1993; MAIA, 2003; HOOGERHEIDE, 2004; MARANHA, 2005).

A correlação classificatória de Spearman entre as médias dos índices e os desvios padrão foi de -0,772, indicando uma associação alta e negativa entre os maiores valores do índice (indesejáveis) e os menores valores dos desvios padrão. Isso evidencia que as cultivares consideradas estáveis pela avaliação do desvio padrão apresentaram os maiores valores dos índices (Tabela 12).

A participação, em termos relativos, dos três melhores e piores desempenhos das cultivares, respectivamente, em relação ao índice de seleção, encontra-se nas Figuras 3 e 4. Observa-se, na Figura 3, que a BRS AROEIRA classificou-se entre as primeiras colocações em 70% dos casos (14 locais). Em seguida, destacou-se a BRS 97-4565 com 60% e, em terceiro, a BRS SUCUPIRA, com 35% dos casos. Em contrapartida, verifica-se na Figura 4 que os três piores desempenhos foram obtidos pelas cultivares BRS FACUAL, BRS 197 e BRS IPÊ que participaram com 80%, 70% e 35%, respectivamente dos casos, entre as três últimas posições.

Figura 3 – Participação relativa dos três melhores desempenhos das cultivares em relação ao índice de seleção proposto por Garcia (1998)

Estas informações, de alguma forma, indicam a eficiência do índice na identificação de cultivares superiores e inferiores, tanto ao nível de médias de locais (análise conjunta), como ao nível de valores dos locais. Entretanto, recomenda-se sempre que possível estimá-lo ao nível de médias de locais, o que possibilita uma capitalização da interação C x L, visando a seleção de cultivares específicas para cada ambiente. Além disto, pode-se aumentar a precisão das avaliações devido ao incremento do número de repetições, locais e anos, o que possibilita uma resposta à seleção mais eficiente (VENCOVSKY; BARRIGA, 1992; CRUZ e REGAZZI, 2002).

Figura 4 – Participação relativa dos três piores desempenhos das cultivares em relação ao índice de seleção proposto por Garcia (1998)

2.3.4 Análise de estabilidade pela metodologia de Eberhart e Russell (1966)

Diante da significância da fonte de variação C x L para o caráter PRO ($P \leq 0.01$), evidenciada na Tabela 5, fato que indica que o comportamento das cultivares não foi coincidente nos vários ambientes testados, o que justificou, um estudo mais detalhado dessa interação com o objetivo de identificar os genótipos mais adaptados e estáveis.

As estimativas dos parâmetros de estabilidade da metodologia proposta por Eberhart e Russell (1966) encontram-se na Tabela 13. Verifica-se que, de maneira geral, as estimativas de $\hat{\beta}_i$ foram de baixa magnitude, pois estes valores ficaram em torno da média (1,0) e a variação em torno desse valor foi pequena. Isto é comum de ocorrer quando se utiliza desta estimativa, e é considerada uma limitação, pois dificulta o processo de discriminação das cultivares. Este fato já foi observado por diversos autores (VENCOVSKY; BARRIGA, 1992; RAMALHO; SANTOS ;ZIMMERMANN,1993; FARIAS et al.,1998; CRUZ e REGAZZI, 2002; HOOGERHEIDE, 2004; LANZA; DI MAURO, 2005).

Tabela 13 - Estimativas dos parâmetros de estabilidade pela metodologia de Eberhart e Russell (1966) para produtividade (kg/ha) do Ensaio Estadual de Algodoeiro Herbáceo conduzido no Cerrado. Ano agrícola 2000-01

Cultivares	Médias (kg/ha)	% ⁽¹⁾	$\hat{\beta}_i$	R ² (%)
ITA 90	3535,98	97	0,93 ^{NS}	95,21
BRS FACUAL	3620,71	99	0,88 ^{NS}	90,86
DELTA OPAL	3647,77	100	1,06 ^{NS}	88,89
BRS 197	3599,42	98	1,03 ^{NS}	92,56
BRS AROEIRA	3841,30	105	1,03 ^{NS}	97,75
BRS ITAÚBA	3551,31	97	0,98 ^{NS}	88,88
BRS 96-227	3619,15	99	0,90 ^{NS}	94,42
CNPA CO 99-01	3749,39	103	1,14 ^{**}	96,89
CNPA CO 2000-01	3688,21	101	0,95 ^{NS}	96,46
CNPA CO 2000-02	3714,66	102	0,97 ^{NS}	95,53
BRS JATOBÁ	3536,03	97	1,02 ^{NS}	89,97
BRS SUCUPIRA	3516,41	96	1,04 ^{NS}	95,84
BRS 97-4565	3624,66	99	0,98 ^{NS}	97,02
BRS 97 CAMAÇARI	3709,12	97	0,97 ^{NS}	97,10
BRS IPÊ	3776,09	104	1,04 ^{NS}	96,06
MÉDIAS	3648,68	-	-	-
Nº de ambientes	21	-	-	-

Nota: ** Significativamente diferente de 1, pelo teste t ao nível de 1% de probabilidade.

⁽¹⁾ Porcentagem em relação à média geral.

No entanto, foi possível obter algumas informações importantes. Com relação à estimativa de $\hat{\beta}_i$, que indica a adaptabilidade das cultivares, verificou-se que, com exceção da cultivar CNPA CO 99-01 ($\hat{\beta}_i=1,14^{**}$), que apresentou adaptabilidade específica para ambientes favoráveis, todas as demais apresentaram adaptabilidade ampla ($\hat{\beta}_i = 1,0$). Quanto à estimativa de R^2 , que indica a estabilidade ou previsibilidade dos genótipos, constatou-se que, de maneira geral, com exceção das cultivares DELTA OPAL ($R^2 = 88,89\%$) e BRS ITAÚBA ($R^2 = 88,88\%$), que foram consideradas instáveis, todas as demais se mostraram altamente previsíveis ou estáveis com um R^2 igual ou superior a 90%. Entretanto, estas cultivares não podem ser consideradas totalmente indesejáveis, pois os valores de R^2 foram superiores a 87% (CRUZ; REGAZZI, 2002).

Contudo, de acordo com a metodologia preconizada por Eberhart e Russell (1966), a cultivar ideal será aquela que apresenta média elevada, adaptabilidade ampla ($\hat{\beta}_i = 1,0$) e os desvios da regressão linear avaliados pelo coeficiente de determinação R^2 próximos de 1. As cultivares que atenderam a estes requisitos foram: BRS AROEIRA (3841,30 kg/ha); BRS IPÊ (3776,09 kg/ha) e; CNPA CO 99-01 (3749,39 kg/ha), estas superaram a média dos experimentos em 5%, 4% e 3%, respectivamente; as duas primeiras foram lançadas em 2001 como novas cultivares para as condições do Cerrado do Centro Oeste (FREIRE; FARIAS, 2001), indicando que o programa de melhoramento da Embrapa Algodão vem sendo eficiente no processo de seleção e recomendação de novos genótipos de algodoeiro herbáceo para os estados do Centro Oeste (MORESCO, 2003; MORELLO et al., 2004; FREIRE et al., 2005).

2.3.5 Análise de estabilidade pela metodologia de Lin e Binns (1988a)

A metodologia proposta por Lin e Binns (1988a) estima o índice de adaptabilidade e estabilidade (P_i), que é o desvio da cultivar i em relação ao genótipo de desempenho máximo em cada ambiente. Portanto, é uma situação desejável no processo de seleção de cultivares superiores, pois, na prática, o que o melhorista almeja é identificar genótipos que estejam sempre entre os melhores. Assim, quanto

menor o valor P_i , mais adaptado e estável será o genótipo (FARIAS et al., 1998; CARBONEL et al., 2001). Nesse contexto, observa-se, na Tabela 14, que as menores estimativas de P_i foram obtidas pelas cultivares BRS AROEIRA, BRS IPÊ e CNPA CO 99-01.

Tabela 14 - Estimativas dos parâmetros de estabilidade (LIN; BINNS,1988a) para o caráter produtividade (kg/ha) de algodão em caroço do Ensaio Estadual de Algodoeiro Herbáceo conduzido no Cerrado, ano agrícola 2000-01

Cultivares	Médias (1)	$\frac{P_i \text{ Geral}}{1000}$ (2)	$\frac{\text{Desvio}}{1000}$ (3)		Contribuição (4)
			Genético	G x A	G x A (%)
BRS AROEIRA	3841,30	63,65	39,91	23,73	2,73
BRS IPÊ	3777,53	103,85	60,46	44,39	5,11
CNPA CO 99-01	3749,40	111,47	70,10	41,37	4,77
BRS CAMAÇARI	3709,13	125,24	85,99	39,25	4,52
CNPA CO 2000-02	3714,67	142,60	83,71	58,89	6,78
CNPA CO 2000-01	3688,21	151,99	94,89	57,10	6,58
BRS 97-4565	3625,14	162,70	124,59	38,11	4,39
DELTA OPAL	3647,78	182,67	113,32	69,35	7,99
BRS 96-227	3619,16	191,14	127,35	63,78	7,35
BRS 197	3599,42	199,14	137,51	61,64	7,10
ITA 90	3535,98	213,26	172,79	40,47	4,66
BRS FACUAL	3620,24	218,26	126,57	91,69	10,56
BRS SUCUPIRA	3516,42	224,72	184,48	40,24	4,64
BRS ITAÚBA	3551,32	260,61	163,89	96,71	11,14
BRS JATOBÁ	3536,04	273,95	172,76	101,19	11,66

(1) Médias de 21 locais.

(2) Parâmetro de estabilidade P_i .

(3) Desdobramento do P_i na parte genética e da interação.

(4) Contribuição da cultivar i para a interação G x A.

Por sua vez, as cultivares BRS JATOBÁ, BRS ITAÚBA e BRS SUCUPIRA foram consideradas como as menos adaptadas e estáveis, apresentando as maiores estimativas de P_i . Entretanto, na seleção baseada somente no valor de P_i , um genótipo com adaptação estreita, ou seja, ruim em adaptabilidade geral, mas excelente em adaptabilidade específica, poderá ser descartado. Daí por que os autores desta metodologia terem proposto a decomposição do P_i em duas partes que correspondem aos desvios genéticos e a interação genótipos x ambientes.

Portanto, o genótipo ideal é aquele que apresenta o menor valor de P_i possível e que, ao mesmo tempo, grande parte desse valor seja atribuído ao desvio genético, fato este verificado para as cultivares BRS AROEIRA, BRS IPÊ e CNPA CO 99-01. Em contrapartida, as cultivares BRS JATOBÁ, BRS ITAÚBA e BRS FACUAL apresentaram as menores médias, os maiores valores de P_i e as maiores contribuições para a interação. Portanto, esses genótipos foram considerados os mais instáveis e de menor adaptabilidade, confirmando os resultados obtidos pelo método que utiliza a regressão.

A correlação de Spearman r_s entre $\hat{\beta}_i$ e P_i foi considerada baixa ($r_s = -0,25$), indicando que, de maneira geral, estes parâmetros de estabilidade não foram coincidentes, apesar de que, as duas metodologias foram capazes de identificar os genótipos mais e menos adaptados (Tabelas 13 e 14). Tais resultados não estão de acordo com os obtidos por Farias (1995), que obteve uma correlação de média a alta (-0,55 e -0,91), utilizando dados do Ensaio Regional de Algodoeiro nas condições do Nordeste.

Uma outra razão para a baixa correlação talvez seja o fato de que as estimativas de $\hat{\beta}_i$ em sua maioria foram significativamente iguais à unidade (Tabela 13), com exceção apenas para o genótipo CNPA CO 99-01 ($\hat{\beta}_i = 1,14^{**}$). Apesar da não concordância entre os parâmetros de estabilidade ($\hat{\beta}_i$ e P_i) obtida neste trabalho através da correlação de Spearman (r_s), a metodologia de Lin e Binns (1988a) é de fácil aplicação e interpretação e sempre associa maior produtividade com maior

estabilidade, possibilitando ao melhorista segurança no processo de seleção e recomendação de novas cultivares. Uma outra vantagem é que, ao contrário das metodologias que utilizam a regressão, a mesma não apresenta restrição ao seu emprego, garantindo uma maior segurança nas inferências sobre a estabilidade e adaptabilidade das cultivares selecionadas (FARIAS et al., 1997; ROSSE, 1999; HORGEHEIDE, 2004).

A decomposição da estimativa do P_i , proposta por Carneiro (1998), em que se observa o desempenho das cultivares em ambientes favoráveis e desfavoráveis, encontra-se na Tabela 15. Verifica-se, novamente, o excelente desempenho da cultivar BRS AROEIRA, que apresentou um comportamento estável tanto nos ambientes favoráveis como nos ambientes desfavoráveis. Esta cultivar foi classificada em primeiro lugar nos dois ambientes, evidenciando uma superioridade no sentido de adaptabilidade geral, indicando que este material deve ser resistente aos estresses bióticos e abióticos, e pode ser utilizado em condições de menor nível tecnológico.

Para as condições favoráveis, os três melhores genótipos foram BRS AROEIRA, BRS IPÊ e CNPA CO 99-01, com os quais, foi obtida a mesma classificação quando da avaliação do P_i geral (Tabela 14). Isso indica que estas cultivares são mais apropriadas às condições que possuem um maior nível tecnológico.

Quanto ao desempenho das cultivares em condições desfavoráveis, verifica-se que os três melhores desempenhos foram obtidos pelas cultivares BRS AROEIRA, BRS CAMAÇARI e BRS FACUAL, respectivamente. Neste aspecto, é interessante ressaltar que, se a avaliação fosse realizada apenas sobre o P_i geral, dificilmente a BRS CAMAÇARI e BRS FACUAL seriam selecionadas, pois se classificaram em quarto e 12^o lugares, respectivamente (Tabela 14). Entretanto, de acordo com a metodologia proposta por Carneiro (1998), estes genótipos foram considerados ideais para as condições de baixo nível tecnológico que, na prática, corresponde à agricultura familiar desenvolvida nos estados do Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás e Rondônia.

Tabela 15 - Desdobramento do parâmetro de estabilidade P_i proposto por Carneiro (1998) e a classificação das cultivares em ambientes favoráveis e desfavoráveis para o caráter produtividade (kg/ha) de algodão em caroço do Ensaio Estadual de Algodoeiro Herbáceo, conduzido no Cerrado. Ano agrícola 2000-01

Cultivares	Médias (1)	$\frac{P_i \text{ Geral}}{1000}$ (2)	$\frac{P_i}{1000}$ (3)		Classificação (4)	
			Amb. Fav.	Amb. Desf.	Fav.	Desf.
BRS AROEIRA	3841,30	63,65	93,80	41,03	1	1
BRS IPÊ	3777,53	103,85	98,25	109,80	2	9
CNPA CO 99-01	3749,40	111,47	134,49	94,21	3	6
BRS CAMAÇARI	3709,13	125,24	215,62	57,46	5	2
CNPA CO 2000-02	3714,67	142,60	214,17	88,92	4	5
CNPA CO 2000-01	3688,21	151,99	236,60	88,53	6	4
BRS 97-4565	3625,14	162,70	249,89	97,31	8	8
DELTA OPAL	3647,78	182,67	249,25	132,73	7	10
BRS 96-227	3619,16	191,14	318,00	95,99	10	7
BRS 197	3599,42	199,14	259,33	154,00	9	12
ITA 90	3535,98	213,26	318,06	134,66	12	11
BRS FACUAL	3620,24	218,26	398,81	82,85	15	3
BRS SUCUPIRA	3516,42	224,72	313,08	158,46	11	13
BRS ITAÚBA	3551,32	260,61	343,36	198,54	12	14
BRS JATOBÁ	3536,04	273,95	346,62	219,44	14	15

(1) Médias de 21 locais.

(2) Parâmetro de estabilidade P_i .

(3) Desdobramento do P_i em ambientes favoráveis e desfavoráveis.

(4) Classificação das cultivares em ambientes favoráveis e desfavoráveis.

A adequada estimativa de adaptabilidade e estabilidade da BRS FACUAL foi confirmada em trabalho desenvolvido por Souza (2005), ao realizar um estudo sobre a interação C x L em genótipos do Ensaio Nacional de Variedades conduzido no Cerrado.

Em função do desempenho produtivo, por apresentar características desejáveis de fibras e resistência múltipla às principais doenças, as cultivares BRS CAMAÇARI e BRS FACUAL foram lançadas pela Embrapa Algodão para as condições de agricultura familiar e do Cerrado, respectivamente (FARIAS et al., 2003; FREIRE et al., 2004).

2.3.6 Estabilidade do índice através da ecovalência (Wricke e Weber, 1986)

Nos experimentos de avaliação de cultivares, quando o melhorista testa os genótipos em vários locais e anos, é bastante comum a presença da interação genótipos x ambientes. Neste aspecto, uma das formas de atenuar os seus efeitos é obter informações sobre a estabilidade dos materiais, visando principalmente, uma recomendação segura de genótipos para uma determinada região. Os parâmetros de estabilidade do índice de seleção pelo emprego da ecovalência (WRICKE; WEBER, 1986), encontram-se na Tabela 16. Por esta metodologia, o material genético mais estável é aquele com a menor estimativa da ecovalência, ($\hat{W}_i^2$), ou seja, o material com a menor contribuição para a interação C x L. Observa-se que as menores estimativas de $\hat{W}_i^2$ foram obtidas para as cultivares CNPA CO 99-01 ($\hat{W}^2 = 0,58$), BRS IPÊ ($\hat{W}_i^2 = 0,86$) e JATOBÁ ($\hat{W}_i^2 = 0,88$), que foram consideradas as mais estáveis, pois contribuíram pouco para a interação C x L.

Tabela 16 - Estimativas dos parâmetros de estabilidade do índice de seleção (I_{SC}) segundo o método da ecovalência (W_i^2) proposto por Wricke e Weber (1986) do Ensaio Estadual de Algodoeiro Herbáceo conduzido no Cerrado, ano agrícola 2000-01

Cultivares	Médias (kg/ha) (1)	I_{SC}	W_i^2	W_i^2 (%)	Class. de estab
ITA 90	3665,06	1,10	0,98	4,20	4 ^o
BRS FACUAL	3737,80	1,47	1,08	4,65	6 ^o
DELTA OPAL	3742,00	0,96	1,80	7,74	12 ^o
BRS 197	3727,21	1,43	1,35	5,80	8 ^o
BRS AROEIRA	3921,42	0,70	1,80	7,72	11 ^o
BRS ITAÚBA	3662,86	0,94	1,64	7,03	10 ^o
BRS 96-227	3673,96	0,89	1,80	7,74	13 ^o
CNPA CO 99-01	3825,69	1,07	0,58	2,50	1 ^o
CNPA CO 2000-01	3779,18	0,89	2,20	9,44	14 ^o
CNPA CO 2000-02	3804,23	0,95	1,51	6,49	9 ^o
BRS JATOBÁ	3623,21	1,15	0,88	3,78	3 ^o
BRS SUCUPIRA	3655,54	0,88	1,09	4,70	7 ^o
BRS 97-4565	3732,05	0,70	4,68	20,10	15 ^o
BRS CAMAÇARI	3771,01	1,13	1,04	4,45	5 ^o
BRS IPÊ	3893,03	1,19	0,86	3,67	2 ^o
Médias	3747,62	1,03	1,55	-	-

⁽¹⁾ Médias de 20 locais.

Em contrapartida, os mais instáveis foram a BRS 97-4565 ($W_i^2 = 4,68$) e CNPA CO 2000-01 ($W_i^2 = 2,20$), que contribuíram para a interação em 20,10% e 9,44%, respectivamente.

A correlação classificatória de Spearman entre o I_{SC} e W_i^2 foi de - 0,69, indicando que as duas estimativas neste estudo foram associadas negativamente.

É oportuno ressaltar que o emprego da ecovalência para o caráter produtividade do algodoeiro, vem sendo utilizado em alguns trabalhos (MACHADO et al., 2003; SOUZA, 2005; LANZA; DI MAURO, 2005). Neste trabalho, verificou-se que a contribuição da cultivar ITA 90 para a interação Cx L foi de baixa magnitude, com apenas 4,20% (Tabela 16), classificando-se como estável. Acredita-se que, pelo fato do índice de seleção envolver vários caracteres simultaneamente, a ecovalência deste parâmetro deve possibilitar uma maior confiabilidade na interpretação da estabilidade dos genótipos.

Em estudo da ecovalência, apenas para caráter produtividade, Souza (2005) verificou que o comportamento da cultivar ITA 90 foi considerado o mais instável ($\hat{W}_i^2 = 2.894,30$), contribuindo com 41% para a interação C x L. Tal resultado difere do observado por Freire e Farias (2001) e Hoogerheide (2004), que identificaram uma elevada estabilidade deste material que é cultivado desde 1990 nas condições do Cerrado.

Entretanto, a divergência entre resultados sobre a estabilidade de um mesmo material é possível de ocorrer, pois para este caso, o processo de comparação da estabilidade é relativo, isto é, as informações obtidas são restritas aos genótipos avaliados, não podendo ser generalizadas, indicando que um genótipo estável em um determinado grupo de cultivares não necessariamente o será na presença de outros genótipos (BECKER, 1981; LIN; BINNS; LEFKOVITCH, 1986; CROSSA, 1990; FARIAS, 1995; FARIAS et al., 1998; ROSSE, 1999; HOORGEHEIDE, 2004; SOUZA, 2005).

2.3.7 Estimação do grau de determinação genotípica do índice de seleção

Um aspecto importante no estudo da natureza genética de qualquer variável é analisar o grau de influência do genótipo na expressão fenotípica. Isto orienta sobre a possibilidade de sucesso com a seleção para a referida variável. Neste aspecto, o melhorista preocupa-se com a variação genética disponível e detectável. No entanto, obviamente, a seleção somente se completa quando se avaliam os indivíduos selecionados, ou seja, quando se passa da variação dos genitores para seus descendentes. Nesse caso, o que define o sucesso da seleção não é,

necessariamente, a quantidade da variação genética presente no experimento e sim a covariância genética entre os indivíduos selecionados e seus descendentes (VENCOVSKY; BARRIGA, 1992).

Nesta pesquisa, os efeitos de cultivares foram considerados fixos, portanto, não se justifica estimar a herdabilidade propriamente dita (h^2) e nem tão pouco o $GS = ds.h^2$, por não se ter trabalhado com uma amostra de população e sim com cultivares que correspondem a linhagens homozigóticas de origens diversas. Logo, as inferências a serem realizadas são inerentes apenas ao grupo de genótipos trabalhados. Entretanto, pode-se estimar o grau de determinação genética ou genotípica (GDG), que é uma medida similar à herdabilidade e que fornece informações interessantes sobre a possibilidade de sucesso com a seleção para uma determinada variável (VENCOVSKY; BARRIGA, 1992; FALCONER; MACKAY, 1996).

Neste aspecto, verifica-se, na Tabela 17, que o quadrado médio para o efeito de cultivares foi altamente significativo pelo teste F ao nível de 1% de probabilidade, indicando que existem diferenças significativas entre as cultivares para a variável em questão.

Quanto ao GDG , pode-se considerar também que este mede o grau de confiabilidade que se tem quando se quer avaliar o valor genotípico de um material com base num valor fenotípico, em relação ao dado caráter ou uma dada variável. Um GDG depende da diversidade genética entre os materiais, do caráter ou variável, da precisão experimental e da unidade de seleção, além da interação C x L (VENCOVSKY; BARRIGA, 1992; FALCONER; MACKAY, 1996). Neste trabalho, isto ficou claramente evidenciado.

Constatou-se ainda que um valor de GDG_1 de 0,35 é razoável e indica a confiabilidade numa escolha ou seleção de genótipos dentro de locais. Reunindo os dados dos 20 locais, a precisão será bem maior, tendo-se obtido um $GDG_2 = 0,88$, o que indica alta confiabilidade dos valores de I_{sc} , baseado nas médias sobre locais. Esse valor 0,88 é alto, também porque a interação C x L para o índice não foi muito pronunciada. Se fosse muito alta, a estimativa de GDG_2 poderia ter dado baixa ou mesmo nula (Tabela 17).

De qualquer modo, sendo I_{sc} uma estimativa multivariada que incorpora informações de vários caracteres simultaneamente, ou uma variável geneticamente muito complexa e possuir propriedades de estabilidade fenotípica, é de certa forma, surpreendente que GDG_2 tenha resultado num valor tão alto. Isso reforça a utilidade do uso do índice na seleção ou escolha de cultivares. Entretanto, é importante salientar que as inferências genéticas sobre o valor de $GDG_2 = 0,88$ são específicas para o grupo das 15 cultivares e dos 20 locais trabalhados. Diante dos resultados obtidos, conclui-se que a seleção baseada no índice foi efetiva, ou seja, é possível obter ganhos com a seleção na estimação do índice, contudo, faz-se necessária a acumulação de um maior número de resultados visando a consolidação do seu uso no processo de seleção de cultivares de algodoeiro.

Tabela 17 - Resumo da análise de variância utilizada para estimar os coeficientes de determinação genotípica GDG_1 e GDG_2 do índice de seleção no Ensaio Estadual do Algodoeiro, ano agrícola 2000-01

Fonte de Variação	GL	QM
Locais (L)	19	0,603**
Cultivares(C) (1)	14	0,987**
C x L	266	0,083
GDG_1		0,352
GDG_2		0,881
CV (%)		27,20

Notas: ** Significativo pelo teste "F" ao nível de de 1% de probabilidade.
 (1) Efeito de cultivares fixo.

3 CONCLUSÕES

Com base nos resultados desta pesquisa, foram obtidas as seguintes conclusões:

- O índice de seleção de cultivares proposto por Garcia (1998) foi eficiente em selecionar genótipos superiores de algodoeiro, com destaque para as cultivares BRS AROEIRA, BRS 97-4565 e DELTA OPAL;
- O coeficiente de determinação genotípica do índice de seleção variou de médio (para um local em particular) a alto (para um conjunto de locais), indicando que é possível antever o sucesso com seleção utilizando as estimativas do índice;
- Os parâmetros de estabilidade para o índice de seleção, identificaram cultivares instáveis e estáveis, com destaque para as cultivares CNPA 99-01, BRS IPÊ e BRS JATOBÁ que apresentaram comportamentos estáveis;
- Os parâmetros de estabilidade para a produtividade, identificaram as cultivares BRS AROEIRA, BRS IPÊ e CNPA 99-01 como as mais produtivas e estáveis;
- Recomenda-se complementar a informação obtida pelo índice com dados sobre a adaptabilidade e estabilidade das cultivares selecionadas em ambientes favoráveis e desfavoráveis.

REFERÊNCIAS

ARIAS, E.R.A. **Adaptabilidade e estabilidade das cultivares de milho avaliadas no Estado do Mato Grosso do Sul e avanço genético obtido no período de 1986/87 a 1993/94.** 1996. 118p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – UFLA, Lavras, 1996.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA TÊXTIL. Disponível em <http://www.abit.org.br/content/area/publicacaohtml.asp> >. Acesso em : 28 set. 2005.

BAKER, R.J. **Selection indices in plant breeding.** Boca Raton: CRC Press, 1986. 218p.

BALOGH, M.J.; LAKKO, A.R.; BUTTO, H.; RIND, R. Seed cotton yield and fibre properties of F₁ hybrids of upland cotton. **Asian Journal of Plant Sciences**, Faisalabad, v.1, n.1, p. 48 - 50. 2002.

BARROSO, P.A.V. Biotecnologia do Algodoeiro: Situação Atual no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 5., 2005, Salvador. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, Fundeagro. 2005. 1 CD ROM.

BARROSO, P.A.V.; HOFFMANN, L.V.; BRUNETTA, P.S.F.; FREIRE, E.C. Contenção de cruzamento entre genótipos de algodão por barreiras II. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 5., 2005, Salvador. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, Fundeagro. 2005. 1 CD ROM.

BECKER, H.C. Biometrical and empirical relations between different concepts of phenotypic stability. In: GALLAIS, A. **Quantitative genetics and breeding methods.** Versailles: I.N.R.A, 1981a. p.307-314.

BECKER, H.C. Correlations among some statistical measures of phenotypic stability. **Euphytica**, Wageningen, v.30, 1981b, p.835-40.

BECKER, H.C.; LÉON, J. Stability analysis in plant breeding. **Plant Breeding**, Berlin, v.101, p.85-128. 1988.

BHATADE, S.S.; RAJEWAR, S.R.; REDDY, V.G.; GUTHE, V.D. Phenotypic stability in upland cotton (*Gossypium hirsutum*). **Indian Journal of Agricultural Science**, New Delhi, v.61, n.11, p.829-830, 1991.

BRANDEN, C.A.; SMITH, C.W. Fiber length development in near-long staple upland cotton. **Crop Science**, Madison, v.44, p.1553 -1559, 2004

BRESSIANI, J.A. **Herdabilidade e repetibilidade dos componentes da produção na cultura da cana-de-açúcar**. 1993. 68p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1993.

BRIM, C.A.; JOHNSON, H.W.; COCKERHAM, C.C. Multiple selection criteria in soybeans. **Agronomy Journal**, Madison, v.51, p.42-46, 1959.

CÂMARA, T.M.M. **Importâncias relativas do desempenho individual e em 'topcross' na seleção de famílias S₃ de milho-pipoca**. 2002. 96p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2002.

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

CARNEIRO, P.C.S. **Novas metodologias de análise da adaptabilidade e estabilidade de comportamento**. 1998. 178p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1998.

CARVALHO, H.W.L de.; CARDOSO, M.J.; LEAL,M.L.S.; SANTOS, M.X dos.; TABOSA, J.N.; SOUZA, E.M. de. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho no Nordeste brasileiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.40, n.5 p.877-883, 2005.

CARVALHO, L.P. ; COSTA, J.N. da.; FREIRE,E.C.; FARIAS, F.J.C. Adaptabilidade e estabilidade de linhagens de algodoeiro originárias de materiais silvestres. **Revista Ceres**, Viçosa, v.47, n. 271, p.303-310, 2000.

CAVALERI, P.A.; GRIDI-PAPP, I.L. Algodão. In: FURLANI, A.M.C.; VIÉGAS, G.P. (Eds.). **O melhoramento de plantas no Instituto Agronômico**. Campinas: Instituto Agronômico de Campinas 1993.265p.

CAVALERI, P.A.; GRIDI-PAPP, I.L.; FERRAZ, C.A.M.; FUZZATO, M.G. O Instituto Agronômico e o algodão. Campinas: Instituto Agronômico, 1965. 15p. (Boletim, 157).

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Safra 2004/05. Disponível em <<http://www.conab.gov.br/download/safra/Algodaoseriehist.xls> > Acesso em : 28 out. 2005.

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

CROSSA, J. Statistical analysis of multilocation trials. **Advances in Agronomy**, New York, v.44, p.55-85, 1980.

CRUZ, C.D. **Programa GENES – Aplicativo Computacional em Genética e Estatística**. Viçosa: UFV, 2001. 648p.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 2 ed., Viçosa: UFV, 2002. 390p.

CRUZ, C.D. **Aplicação de algumas técnicas multivariadas no melhoramento de plantas**. 1990. 188p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1990.

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

CRUZ, C.D.; TORRES, R. da A.; VENCovsky, R. An alternative approach to the stability analysis proposed by Silva and Barreto. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v.12, n.3, p.567-580, 1989.

CUNNINGHAM, E.P.; MOEN, R.A.; GJEDREM, T. Restriction of selection indexes. **Biometrics**, Washington, v.26, p.67-74, 1970.

DUARTE, J.B.; VENCovsky, R. **Interação genótipo x ambiente: uma introdução à análise “AMMI”**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1999. 60p. (Série monografias, 9).

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

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

EMBRAPA. **BRS ARAÇÁ. Cultivar precoce e com resistência a viroses para o Cerrado do Mato Grosso**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2005.6p.(Embrapa Algodão- Informativo).

EMBRAPA. **Cultivares de algodão da Embrapa e parceiros licenciados para uso no Cerrado na safra 2003/2004**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2003.8p.(Embrapa Algodão- Informativo).

ENDRIZZI, J.E.; TURCOTTE, E.L.; KOHEL, R.J. Genetics, cytology and evolution of *Gossypium*. **Advances in Genetics**, New York, v.23, p.271-375, 1985.

FALCONER, D.S.; MACKAY, T.F.C. **Introduction to quantitative genetics**. 4.ed. Endinburgh: Logman Group Limited, 1996. 464p.

FARIAS, F.J.C.; FREIRE, E.C. **Melhoramento do algodoeiro para as condições do Cerrado e Agricultura Familiar**. Rondonópolis: Embrapa/Fundaper/Facual, 2001. 64p. Relatório Final de atividades desenvolvidas durante a safra 2000-01. 2001.

FARIAS, F.J.C.; FREIRE,E.C.;AGUIAR, P.H.; GRIDI-PAPP,I.; ARANTES, E.M. Cultivares de algodoeiro herbáceo para as condições do Mato Grosso. In: EMBRAPA-FUNDAÇÃO MT. **Mato Grosso–Liderança e Competitividade**. Rondonópolis,1999, p.9-21 (Boletim de Pesquisa, 3).

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

FARIAS, F.J.C.; RAMALHO, M.A.P.; CARVALHO, L.P.; MOREIRA, J.A.N. Parâmetros de estabilidade em cultivares de algodoeiro herbáceo avaliadas na região Nordeste do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.31, n.12, p.877-883, 1996.

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

FARIAS, F.J.C.; FREIRE, E.C.; MORELLO, C.de L.; SUINAGA, F.A; SILVA, J.L.da. Programa de melhoramento do algodoeiro para as condições do Cerrado. In: ENCONTRO SOBRE TEMAS DE GENÉTICA E MELHORAMENTO. "1953-2053, O SÉCULO DO DNA: UMA VISÃO PROSPECTIVA", 20., 2003, Piracicaba. **Anais....** Piracicaba: ESALQ/USP- Departamento de Genética, 2003, p.93.

FARIAS, F.J.C.; GARCIA, A.A.F.; FREIRE, E.C.; VELLO, N.A. Emprego de índices de seleção não lineares em algodoeiro herbáceo. In: GOIÁS FIBRA SEMINÁRIO DE ALGODÃO 3., 2004, Goiânia. **Anais....** Goiânia, Embrapa Algodão Fundação Goiás. 2004. 1 CD-ROM.

FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 1990., São Carlos, **Anais....** São Carlos: UFSCar, 1990. p. 255-258.

FERREIRA, D.F.; MUNIZ, J.A.; AQUINO, L.H. de. Comparações múltiplas em experimentos com grande número de tratamentos –utilização do teste de Scott-Knott. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras,v.23, n.3. p.745-752,1999.

FERREIRA, R. P.; BOTREL, M.A.; RUGGIERI, A.C.; PEREIRA, A.V.; COELHO, A.D.F.; LEDO, F.J.S.; CRUZ, C.D. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de alfafa em relação a diferentes épocas de corte. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n.1, p.265-269, 2004.

FINLAY, K.W.; WILKINSON, G.N. The analysis of adaptation in a plant breeding programme. **Australian Journal Agricultural Research**, Victoria, v.14, p.742-54, 1963.

FISHER, R.A. The use of multiple measurements in taxonomic problems. **Annals of Eugenics**, London, v.7, p.179-189, 1936.

FOX, P. N.; CROSSA. J.; ROMAGOSA, I. Multi - environmental testing and genotype x environment interaction. In: KEMPTON, R.A. ; FOX, P.N. **Statistical methods for plant variety evaluation**. London: Chapman & Hall, 1997.cap.8, p.117-138

FREIRE. E. C. Fluxo gênico entre algodoeiros convencionais e transgênicos. **Revista de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v.6, n.1, p.471-582.

FREIRE, E.C.; COSTA, J.N. da. Objetivos e métodos utilizados nos programas de melhoramento do algodão no Brasil. In: BELTRÃO, N.E. de M. **O Agronegócio do algodão no Brasil**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, p.272-293, 1999.

FREIRE, E.C.; FARIAS, F.J.C. Cultivares de Algodão para o Centro Oeste. In: EMBRAPA. **Algodão Tecnologia de Produção**, Dourados, 2001, p.159-180 .

FREIRE, E.C.; SUINAGA, F.A.; RANGEL.; CHITARRA; L.G.; BASTOS, C.S.; LIRA, A.J. S.; MENEZES, W. **Comportamento de linhagens e cultivares de algodoeiro no Cerrado de Mato Grosso-Resultados da Safra 2002/2003**. Campina Grande: Embrapa/ Fundação Centro Oeste /Facual. 2004.10p (Embrapa Algodão - Comunicado Técnico, 215).

FREIRE, E.C.; FARIAS, F.J.C. Novas tendências e avanços do melhoramento genético do algodoeiro para o Cerrado. In: SEMINÁRIO ESTADUAL DO ALGODÃO EM MATO GROSSO, 4.; ENCONTRO MATO GROSSO 2000,. 1998, Cuiabá. **Anais.....** Cuiabá: Embrapa /Fundação Mato Grosso/ Empaer, 1998. p. 5-20.

FREIRE, E.C.; FARIAS, F.J.C.;AGUIAR, P.H.; GRIDI-PAPP,I.; ARANTES, E.M. Programa de melhoramento do algodoeiro-safra 1998-99. In: EMBRAPA-FUNDAÇÃO MT. **Mato Grosso-Liderança e Competitividade**. Rondonópolis,1999, p. 22-29 (Boletim de Pesquisa, 3).

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

FREIRE, E.C.; MORELLO, C.L.; FARIAS, F.J.C.; SUINAGA, F.A.; ARAÚJO,A.E. Cotton Breeding in Brazilian Cerrado. In: COTTON CONFERENCE, 2003, Cape Town. **Anais....**Washington : Agricultural Research Council, 2003. p.205-208.

FRIXELL, P.A. A revised taxonomic interpretation of *Gossypium* L.(Malvaceae). **Rhedeia**, Calicut, v.2, p.108-165. 1992.

GARCIA, A.A.F. **Índice para a seleção de cultivares**. 1998. 112p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1998.

GARCIA, A.A.F.; SOUZA JÚNIOR, C.L. Comparação de índices não paramétricos para seleção de cultivares. **Bragantia**, Campinas, v.58, n. 2 , p.253-267, 1999.

GAUCH, H.G ZOBEL, R.W. AMMI analysis of yield trials. In: KANG, M.S.;GAUCH, H.G.(Eds). **Genotype by environment interaction**. New York : CRC Press, 1996. p.416 – 428

GAUCH, H.G. **Statistical analysis of regional trials: AMMI analysis of factorial designs**. New York : Elsevier Science, 1992. 278p

GENG, S.; ZHANG, Q.; BASSETT, D.M. Stability in yield and fiber quality of California cotton. **Crop Science**, Madison, v.27, p.1004-1010, 1987.

GRANATE, M.J.; CRUZ, C.D.; PACHECO, C.A.P. Predição de ganho genético com diferentes índices de seleção no milho pipoca CMS - 43. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.7, p.1001-1008,2002.

GRIDI-PAPP, I.L. Botânica e genética. In: POTAFOS. **Cultura e adubação de algodoeiro**. Piracicaba, 1965, p.117-160.

HAZEL, L.N. The genetic basis for constructing selection indices. **Genetics**, London, v.28, p.476-490, 1943.

HAZEL, L.N.; DICKERSON, G.E.; FREEMAN, A.E. Symposium selection index theory: the selection index - Then, Now, and for the Future. **Journal of Dairy Science**, Knoxville, v.77, n.10. p.3236-3251, 1994.

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

HOOGERHEIDE, E.S.S. **Adaptabilidade e estabilidade fenotípica em cultivares de algodoeiro herbáceo no Estado do Mato Grosso**. 2004. 80p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

KANG, M. Using genotype by environment interaction for crop cultivar development. **Advances in Agronomy**, San Diego, v.62,p.199-252, 1998.

KEMPTHORNE, O.; NORDSKOG, A.W. Restricted selection indices. **Biometrics**, Washington, v.15, p.10-19, 1959.

LAGHARI, S.; KANDHRO, M.M.; SIAL, M.A.;SHAD, M.Z.; AHMED, H.M.Selection for seed cotton yield and adaptability among cotton (*Gossypium hirsutum* L.) genotypes. **Asian Journal of Plant Sciences**, Faisalabad, v.2, n.12, p.878-880. 2003.

LANZA, M.A.; DI MAURO, A.O. Adaptabilidade e estabilidade do algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.) no Estado de Minas Gerais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 5.; 2005, Salvador. **Anais...** Campina Grande : Embrapa algodão,- Fundeagro- EBDA. 2005. 1 CD-ROM.

LAVORANTI, O.J **Adaptabilidade e estabilidade fenotípica através da reamostragem bootstrap no modelo AMMI**. 2003. 106p. Tese (Doutorado em Estatística Experimental) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

LIN, C.S.; BINNS, M.R. A method of analysing cultivars x location x year experiments: a new stability parameter. **Theoretical Applied Genetics**, Berlin, v.76, p.425-430, 1988b.

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

LIN, C.S.; BINNS, M.R.; LEVKOVITCH, L.P. Stability analysis: where do we stand. **Crop Science**, Madison, v.26, n.5, p.894-900, 1986.

MACHADO, J.R.; PENNA, J.C.V.; FALLIERI, J.; SANTOS, P.G.; LANZA, M.A. Adaptabilidade e estabilidade de características tecnológicas de fibra do algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.) em Minas Gerais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 3.; 2001, Campo Grande. **Anais....** Dourados : Embrapa Agropecuária Oeste /.Embrapa Algodão.2001. 1 CD-ROM.

MACHADO, J.R.; PENNA, J.C.V.; SANTOS, P.G.; FALLIERI, J. LANZA, M.A. Estabilidade de genótipos de Algodoeiro para produtividade de pluma em kg/ha. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 4.; 2003, Goiânia. **Anais....** Campina Grande : Embrapa Algodão - Fundação Goiás. 2003. 1 CD-ROM.

MAIA, M.C.C. **Adaptabilidade e estabilidade de linhagens experimentais de soja selecionadas para caracteres agrônômicos e tolerância a insetos, através de método uni - multivariado com reamostragem** 2004. 124p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

MARANHA, F.G.C.B. **Estratificação ambiental para avaliação de genótipos de algodoeiro no Estado do Mato Grosso**. 2005. 63p Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

MARGARIDO, G.A.; GARCIA, A.A.F.; MOLLINARI, M.; FARIAS, F.J.C. ISC: Um programa para o cálculo de índices de seleção de cultivares. In: ENCONTRO CIENTÍFICO DOS PÓS-GRADUANDOS NO CENA - USP, 13.; 2005, Piracicaba. **Anais....** Piracicaba: APG – CENA. 2005. 1 CD - ROM.

MEI, M.; SYED,H. GAO,W.; THAXTON, P.M.; SMITH,C.W.; STELLY, D.M.; CHEN,Z.J. Genetic mapping and QTL analysis of fiber-related traits in cotton (*Gossypium*). **Theoretical Applied Genetics**, Berlin, v.108,p.280-291.2004.

MEREDITH Jr, W.R. Quantitative Genetics. In: KOHEL, R.J.; LEWIS, C.E. **Cotton**, Madison: ASA- CSSA, p.131 -150, 1984.

MORELLO, C.L. FREIRE, E.C. Estratégias para o melhoramento genético do algodoeiro no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 5., 2005, Salvador. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, Fundeagro. 2005. 1 CD ROM.

MORELLO, C.L.; DUARTE, J.B.; FREIRE, E.C.; SUASSUNA, N.D. Interação genótipo x ambiente em algodoeiro em condições do Cerrado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 5., 2005, Salvador. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, Fundeagro. 2005. 1 CD ROM.

MORELLO, C.A.; SUASSUNA.N.A.; FREIRE, E.C.; SANTOS, W.J.; BEZERRA, W.; ASSUNÇÃO, J.H. Comportamento produtivo e sanitário de linhagens de Algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.) desenvolvidas para Condições de Cerrado In: GOIÁS FIBRA SEMINÁRIO DE ALGODÃO 3., 2004, Goiânia. **Anais....** Goiânia, Embrapa Algodão Fundação Goiás. 2004. 1 CD-ROM.

MORESCO, E.R. **Taxa de cruzamento natural do algodoeiro herbáceo no Estado de Mato Grosso**. 2000. 78p. Dissertação (- Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2000.

MORESCO, E.R. **Progresso genético no melhoramento do algodoeiro no Estado do Mato Grosso**. 2003. 79p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

MULAMBA, N.N.; MOCK, J.J. Improvement of yield potential of the Eto Blanco maize (*Zea mays* L.) population by breeding for plant traits. **Egyptian Journal of Genetics and Cytology**, Alexandria, v.7, p.40-51, 1978.

OLIVEIRA, A.B. de.; CIA, E.; CUNHA, H.F.da.; ALMEIDA, W.P.de.; FUZATTO, M.G.; KONDO, J.I.; SABINO, N.P.; RUANO, O.; COUTO, M.A. Interação genótipos com ambientes em produtividade do algodoeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 5., 2005, Salvador. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, Fundeagro. 2005. 1 CD ROM.

OLIVEIRA, A.B.; DUARTE, J.B.; PINHEIRO, J.B. Emprego da análise AMMI na avaliação da estabilidade produtiva em soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.26, n.1, p.357-364, 2003.

OLIVEIRA, A.C. **Comparação de alguns métodos de determinação de estabilidade em plantas cultivadas**. 1976.164p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade de Brasília, Brasília, 1976.

PACHECO, R.M.; DUARTE, J.B.; VENCovsky, R., PINHEIRO, J.B. Use of supplementary genotypes in AMMI analysis. **Theoretical Applied Genetics**, Berlin.v.110, p.812-818, 2005.

PATEL, J.C.; MEHTA, N.P.; PATEL, U.G.; MAISURIA, A.T. Stability of promising genotypes of desi cotton (*Gossypium herbaceum*) for ball weight and seed cotton yield. **Indian Journal of Agricultural Sciences**, New Delhi, v.60, n.7, p.486-487, 1990.

PATEL, U.G.; PATEL, J. C.; PATEL, K. B.; PATHAK, V. D. Phenotypic stability in upland cotton (*Gossypium hirsutum*). **Indian Journal of Agricultural Sciences**. Nova Delhi, v.69, n.2, p.116-117.1999.

PENNA, J.C.V. Melhoramento do algodão. In: **Melhoramento de espécies cultivadas**. Viçosa: UFV, p.15- 50, 1999.

PESEK, J.; BAKER, R.J. Desired improvement in relation to selection indices. **Canadian Journal of Plant Sciences**, Ottawa, v.49, p.803-804, 1969.

RAINDAN GONZALEZ, L.M.A. **Estudo da interação de genótipos x ambientes para a cultura do algodão (*Gossypium* sp.) na região Oriental do Paraguai**. 1988. 91p Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1988.

RAMALHO, M.A.P.; SANTOS, J.B. dos; ZIMMERMANN, M.J. de O. **Genética quantitativa ao melhoramento do feijoeiro**. Goiânia: UFG, 1993. 242p.

RAO, R.C. **Advanced statistical methods in biometric research**. New York: John Wiley and Sons, Inc.1952. 390p.

ROCHA, M.M. **Seleção de linhagens experimentais de soja para adaptabilidade e estabilidade fenotípica**. 2002. 174p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

ROSSE, L.N. **Modelo de regressão não linear aplicado na avaliação da estabilidade fenotípica em plantas**. 1999. 179p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1999.

SANTOS, E.O.; FREIRE, E.C. Determinação da taxa de cruzamento em algodoeiro herbáceo. In: REUNIÃO NACIONAL DO ALGODÃO, 1980, Londrina. **Resumos....** Campina Grande: EMBRAPA/ IAPAR, 1980. p.215.

SANTOS, V.S. **Seleção de pré - cultivares de soja baseada em índices**. 2005. 104p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

SANTOS, J.W. dos.; MOREIRA, J. de. A.N.; FARIAS, F.J.C.; FREIRE, E.C. Avaliação dos coeficientes de variação de algumas características da cultura do algodão: uma proposta de classificação. **Revista de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v.2, n.1, p.35-40.1999.

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

SCOTTI, C.A.; TURKIEWICZ, L.; DIAS, M.C.L.L. Avaliação da taxa de fecundação cruzada em algodoeiro no Estado do Paraná. In: REUNIÃO NACIONAL DO ALGODÃO, 1980, Londrina. **Resumos....** Campina Grande: EMBRAPA/ IAPAR, 1980. p.47.

SEN, I.; OGLAKCI, M.; BOLEK, Y.; CICEK, B.; KISAKUREK, N.; AYDIN, S. Assessing the out crossing ratio isolation distance and pollinator insects in cotton (*Gossypium hirsutum* L). **Asian Journal of Plant Sciences**, Faisalabad, v.3, n.6, p.724-727, 2004

SILVA, J.G.; BARRETO, J.N. Aplicação de regressão linear segmentada em estudos da interação genótipo x ambiente. In: SIMPÓSIO DE ESTATÍSTICA APLICADA A EXPERIMENTAÇÃO AGRONÔMICA, 1985, Campinas. **Anais....** Campinas: Fundação Cargill, 1985, p.49-50.

SILVA, L. A.; PINTO, C.A.B.P.; LAMBERT, E.S. Seleção simultânea para vários caracteres: utilização do índice de MULAMBA e MOCK associado ao teste de Scott & Knott. In: SIMPÓSIO DE ESTATÍSTICA APLICADA À EXPERIMENTAÇÃO AGRONÔMICA, 10.; REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 48., 2003, Lavras, 2003. **Anais...** Lavras: UFLA, 2003. p.85-86.

SMITH, H.F. A discriminant function for plant selection. **Annals of Eugenics**, London, v.7, p.240-250, 1936.

SMITH, O.S.; HALLAUER, A.R.; RUSSEL, W.A. Use of index selection in recurrent selection programs in maize. **Euphytica**, Wageningen, v.30, p.611-618, 1981.

SOBREIRA, E.S.; FARIAS, F.J.C.; GERALDI, I.O. Estabilidade de cultivares de algodoeiro herbáceo nas condições do Cerrado. In : CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 2., 2003. Porto Seguro. **Anais....** Porto Seguro: SBMP/ Embrapa Mandioca e Fruticultura. 2003. 1 CD ROM.

SOUZA, A.A. **Identificação de zonas similares para cultivo do algodoeiro herbáceo (*Gossypium hirsutum* L. r. *latifolium* Hutch) no Cerrado do Mato Grosso e Mato grosso do Sul pelo uso da interação genótipos x ambientes**. 2005. 120p. Tese (Doutorado em Agricultura Tropical) – Universidade Federal da Paraíba - Centro de Ciências Agrárias, Areia, 2005.

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

STEPHENS, S.G.; FINKNER, M.D. Natural crossing in cotton. **Economy Botany**, New York, v.7, p.257-269, 1953.

STORCK, L.; VENCOVSKY, R. Stability analysis based on bi-segmented discontinuous model with measurement errors in the variables. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v.17, n.1, p.75-81, 1994.

SUINAGA, F.A.; FREIRE, E.C.; BASTOS, C.S. Interações ambientais entre cultivares de algodão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 5., 2005, Salvador. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, Fundeagro. 2005. 1 CD ROM.

TAI, G.C.G. Index selection with desired gain. **Crop Science**, Madison, v.17, p.182-183, 1977.

TALLIS, G.M.A. A selection index for optimum genotype. **Biometrics**, Washington, v.18, p.120-122, 1962.

THILLAINATHAN. M.; FERNANDEZ, G.C.J. SAS, applications for Tai's stability analysis and AMMI model in genotype x environment interaction (GEI) effects. **Journal of Heredity**, Washington, v.92, n.4, p.367—371, 2001.

UNAY, A.; BASAL, H.; ERKUL, A.; YUKSEKKAYA, Z. Stability Analysis of Upland Cotton Genotypes to Aegean Region in Turkey. **Asian Journal of Plant Sciences**. Faisalabad, v.3, n.1, p.36-38, 2004.

VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética Biométrica no Fitomelhoramento**. Ribeirão Preto: SBG, 1992. 496p.

VENCOVSKY, R.; PEREIRA, M.B.; CRISÓSTOMO, J.R.; FERREIRA, M.A. da F. Genética e melhoramento de populações mistas. In: NASS, L.L.; VALOIS, A.C.C.; MELO, I.S.;

VALADARES-INGLIS, M.C. (Eds.) **Recursos Genéticos & Melhoramento..** Rondonópolis: Fundação MT, 2001. cap.10, p.231-281.

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

VICENTE, D.; PINTO, R.J.B.; SCAPIM, C.A. Análise da adaptabilidade e estabilidade de linhagens elite de soja. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v.26,n.3, p.301-307, 2004.

VILARINHO, A.A. **Seleção de progênies Endogâmicas S₁ e S₂ em programas de melhoramento intrapopulacional e de produção de híbridos de milho pipoca (*Zea mays* L.).** 2001. 79p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2001.

WILLIAMS, J.S. The evaluation of a selection index. **Biometrics**, Washington, v.18, p.375-393, 1962a.

WILLIAMS, J.S. Some statistical properties of a genetic selection index. **Biometrika**, Cambridge, v.49, p.325-337, 1962b.

WRICKE, G.; WEBER, W.E. **Quantitative genetics and selection in plant breeding.** New York: Walter de Gruyter, 1986. 406p.

XANTHOPOULOS, F. P.; KECHAGIA, U. E. Natural crossing in cotton (*Gossypium hirsutum* L.) **Australian Journal of Agriculture Research**, Melbourne, v. 51, p. 979-983, 2000.

ZOBEL, R.W.; WRIGHT, M.J.; GAUCH, H.G. Statistical analysis of yield trial. **Agronomy Journal**, Madison v.80, p.388-393, 1988.

ANEXOS

ANEXO A - Médias e resumo da análise de variância individual para produtividade de algodão em caroço (kg/ha) obtidas no Ensaio Estadual de Algodoeiro herbáceo conduzido nas condições do Cerrado. Ano agrícola 2000-01

Cultivares / Locais	DOU -MS	CHS -MS	ROO-MT	CV -MT	PP1 -MT	SOR-MT	PLE-MT	Médias
CNPA ITA 90	2810,75	2946,10	4096,82	6017,46	5916,08	4838.41	2490,03	4159,37
BRS FACUAL	3048,20	3732,32	4641,21	5645,27	5621,66	5085.60	2187,29	4145,99
DELTA OPAL	2701,87	3387,70	4799,52	6643,78	6838,21	5391.13	2484,48	4475,93
BRS 197	2456,45	3470,29	4775,91	6467,41	6518,80	4720.36	2406,71	4349,26
BRS AROEIRA	3301,00	3651,41	5148,10	6411,86	6474,40	5659.16	2733,06	4619,97
BRS ITAÚBA	2857,10	3173,62	4968,95	6231,32	6335,48	4206.52	2576,13	4357,10
BRS 96-227	3407,08	3396,99	4275,96	5675,83	5779,98	5246.70	2238,67	4129,09
CNPA CO 99-01	3159,21	3066,83	4128,76	6993,75	6236,88	5836.92	2174,79	4293,37
CNPA CO 2000-01	2814,97	2912,82	4789,80	5974,41	6282,71	5371.67	2281,72	4176,07
CNPA CO 2000-02	3073,83	3117,24	4989,78	5678,60	6297,98	5611.94	2608,07	4294,25
BRS JATOBÁ	2441,75	2465,53	3403,00	6129,95	6834,04	5423.07	2215,06	4130,34
BRS SUCUPIRA	2882,77	3163,18	5031,45	6381,31	6027,18	5250.87	2035,91	4253,633
BRS 97-4565	3257,510	3339,86	4817,58	6107,73	6063,28	5110.60	2351,16	4322,85
BRS CAMAÇARI	3052,28	3417,05	4331,52	6238,27	5896,64	5416.13	2562,25	4249,67
BRS IPÊ	3318,45	3464,04	4753,70	6354,93	6793,77	5636.93	2669,17	4559,01
QM CULTIVAR	356711,60 ^{NS}	414430,02**	868304,29**	558431,81 ^{NS}	585990,35 ^{NS}	705686,90**	172695,98 ^{NS}	-
QM ERRO	253587,47	148478,15	234382,30	373925,48	476324,06	300225,11	108692,29	-
MÉDIAS	2972,21	3247,00	4596,80	6196,79	6261,14	5253,74	2400,97	4418,37
CV (%)	16,94	11,87	10,53	9,87	11,02	10,43	13,73	12,05

** e * Significativo ao nível de 1 e 5% de probabilidade pelo teste F e NS: Não significativo.

ANEXO B - Médias e resumo da análise de variância individual para produtividade de algodão em caroço (kg/ha) obtidas no Ensaio Estadual de Algodoeiro Herbáceo conduzido nas condições do Cerrado. Ano agrícola 2000-01

Cultivares/Locais	CNP-MT	LRV-MT	PP2-MT	VIL-RO	OUP-RO	SAP-MT	SHE-GO	Médias
CNPA ITA 90	5088,38	2184,50	2791,39	3287,72	897,13	2444,20	3963,84	2676,86
BRS FACUAL	4655,09	1852,59	2585,85	3796,56	980,46	2930,26	4225,96	2903,82
DELTA OPAL	4132,92	2080,35	2996,92	3038,86	873,94	2280,32	2737,55	2385,52
BRS 197	5331,41	1762,32	2427,53	3399,38	856,86	3049,69	3908,38	2728,37
BRS AROEIRA	4842,57	2470,59	2913,60	3728,23	905,46	2619,18	4014,04	2836,10
BRS ITAÚBA	4800,91	2208,11	3003,86	3550,20	937,54	1308,20	3494,50	2458,86
BRS 96-227	4681,48	2449,20	2456,70	3066,63	740,76	2535,85	3429,29	2445,85
CNPA CO 99-01	4948,12	2073,40	2963,59	3739,07	617,16	2477,53	3855,30	2730,53
CNPA CO 2000-01	4803,68	2653,90	3062,19	3728,23	890,05	2583,07	3862,83	2825,27
CNPA CO 2000-02	4766,19	2006,74	2680,29	3754,62	929,63	2208,11	4174,58	2749,45
BRS JATOBÁ	5310,58	2091,45	3098,30	3763,51	962,40	2069,23	4065,89	2791,87
BRS SUCUPIRA	4432,89	2371,98	2328,93	3741,57	673,54	2249,77	3154,95	2429,75
BRS 97-4565	4503,72	2415,04	2763,61	3934,60	747,56	2074,79	3323,41	2568,79
BRS CAMAÇARI	4960,61	2512,25	2574,74	3764,62	872,97	2835,82	3981,48	2805,93
BRS IPÊ	4893,96	2399,76	3019,14	3588,25	851,16	1833,15	4220,15	2702,37
QM CULTIVAR	396237,92 ^{NS}	265062,78 ^{NS}	259763,51*	296977,85*	45564,82 ^{NS}	796200,77**	763728,17**	-
QM ERRO	212577,78	208189,42	127382,04	145679,20	41095,06	274872,21	144252,00	-
MÉDIAS	4810,17	2235,48	2777,78	3592,14	849,11	2366,61	3760,81	2913,15
CV (%)	9,59	20,41	12,85	10,63	23,87	22,15	10,10	15,66

** e * Significativo ao nível de 1 e 5% de probabilidade pelo teste F e NS: Não significativo.

ANEXO C - Médias e resumo da análise de variância individual para produtividade de algodão em caroço (kg/ha) obtidas no Ensaio Estadual de algodoeiro herbáceo conduzido nas condições dos Cerrado. Ano agrícola 2000-01

Cultivares / Locais	MON-GO	BAR 1-BA	BAR 2-BA	CAC-MT	QMA-MT	TANG-MT	SIN-MT	Médias
CNPA ITA 90	4678,02	3372,71	4452,96	3886,25	3202,50	2660,75	2085,90	3477,01
BRS FACUAL	4455,50	3507,02	3800,32	4892,50	3626,25	2583,00	2654,18	3645,54
DELTA OPAL	4746,80	3436,02	5456,99	4486,25	3601,25	2457,00	2147,00	3761,62
BRS 197	4343,27	3860,57	4164,26	4562,50	3500,00	2738,50	2159,22	3618,33
BRS AROEIRA	4612,80	3776,46	4602,24	4976,25	3306,25	2674,50	2149,51	3728,29
BRS ITAÚBA	4199,55	3944,35	4914,96	4250,50	3636,25	2783,00	2207,28	3705,13
BRS 96-227	4764,42	3410,49	4226,99	4938,75	3682,50	2874,50	2401,14	3756,97
CNPA CO 99-01	5136,75	3884,27	4467,27	4746,25	3467,50	2691,50	2058,68	3778,89
CNPA CO 2000-01	4795,30	3454,02	3983,51	4726,25	3676,25	2944,25	2162,28	3677,41
CNPA CO 2000-02	4800,75	3942,41	4402,76	4526,25	3746,25	2932,75	2435,86	3826,72
BRS JATOBÁ	4290,37	3198,77	4303,26	4537,50	3501,25	2802,50	2241,99	3553,66
BRS SUCUPIRA	4350,17	3447,94	4269,68	4110,00	3652,50	2397,00	2168,95	3485,18
BRS 97-4565	4538,36	3667,99	4540,65	4501,25	3585,00	2474,75	2231,16	3648,45
BRS CAMAÇARI	4444,02	3517,85	4135,77	4811,25	3522,50	2541,25	2223,38	3599,43
BRS IPÊ	4861,52	3369,13	4518,88	4918,75	3222,50	2488,50	2445,31	3689,23
QM CULTIVAR	263803,16 ^{NS}	230264,81 ^{NS}	621554,56**	408411,88**	112173,09 ^{NS}	124789,20 ^{NS}	105302,30 ^{NS}	-
QM ERRO	186198,44	299868,06	179556,69	167641,22	118231,11	117460,84	68923,84	-
MÉDIAS	4601,17	3586,00	4416,03	4591,36	3528,58	2669,58	2251,46	3663,45
CV (%)	9,38	15,27	9,60	8,92	9,74	12,84	11,66	11,06

** e * Significativo ao nível de 1 e 5% de probabilidade pelo teste F e NS: Não significativo.

ANEXO D - Médias e resumo da análise de variância individual para produtividade de algodão em caroço (kg/ha) obtidas no Ensaio Estadual de Algodoeiro Herbáceo conduzidos nas condições do Cerrado. Ano agrícola 2000-01

Cultivares / Locais	PAR-MG	CAP-MG	BOM-PI	SAM-MA	PLA-MT	NSJ-MT	Médias
CNPA ITA 90	2425,42	4207,91	2686,00	2842,50	1756,25	4531,49	3074,93
BRS FACUAL	2160,92	4543,99	2616,25	2786,25	1771,25	3969,04	2974,62
DELTA OPAL	2697,06	3241,34	2843,50	2820,00	1841,25	4899,51	3057,11
BRS 197	1842,09	3980,15	2626,25	2780,00	1795,00	4241,52	2877,50
BRS AROEIRA	2347,57	3666,30	2170,00	2104,50	2057,50	4728,97	2845,81
BRS ITAÚBA	1990,24	3649,63	1943,75	2205,00	2006,25	4272,07	2677,82
BRS 96-227	2353,57	3999,60	2202,50	2887,50	2010,00	4489,55	2990,45
CNPA CO 99-01	2223,27	3621,86	2372,50	2895,00	1800,00	4644,53	2926,19
CNPA CO 2000-01	2309,96	4080,14	2382,00	2910,00	2030,00	4561,21	3045,55
CNPA CO 2000-02	2200,02	3588,53	2417,50	2581,25	1787,50	4350,95	2820,96
BRS JATOBÁ	2106,40	3510,76	2190,00	2895,00	1857,50	4797,29	2892,83
BRS SUCUPIRA	1935,80	4232,91	2317,50	2716,25	1965,00	4487,05	2942,42
BRS 97-4565	2070,95	3944,05	2476,25	2932,50	1937,50	4508,15	2978,23
BRS CAMAÇARI	2277,74	3755,18	2455,00	2643,75	1891,25	4770,91	2965,64
BRS IPÊ	2542,58	3955,16	2682,50	2805,00	1901,25	4779,24	3110,96
QM CULTIVAR	209293,18**	443979,97 ^{NS}	230784,83**	251407,54**	41832,56**	251948,53**	-
QM ERRO	63855,08	433052,14	17855,75	31589,08	15213,90	89016,93	-
MÉDIAS	2232,24	3865,16	2425,43	2720,30	1893,83	4535,43	2945,39
CV (%)	11,32	17,03	5,51	6,53	6,51	6,58	-

** e * Significativo pelo teste F ao nível de 1 e 5% de probabilidade e NS: Não significativo.

ANEXO E – Tutorial, Índice Seleção de Cultivares (ISC)

Com o objetivo de auxiliar os melhoristas no processo de seleção de cultivares superiores, principalmente, nas fases finais de um Programa de Melhoramento, foi desenvolvido por Margarido et al. (2005), um programa computacional denominado Índice de Seleção de Cultivares “ISC” que calcula o índice de seleção baseado na metodologia proposta por Garcia (1998).

Para a utilização do “ISC”, é necessário baixar o software R, versão 2.1.0 ou superior. Isto pode ser feito através do site www.r-project.org.

O programa necessário para rodar o ISC é composto de dois arquivos principais: **índice.R**, que contém as funções utilizadas pelo software R; e **dados.csv**, que contém a tabela básica para criação do arquivo de dados. É fornecido também o arquivo **exemplo.csv**, que contém um conjunto de dados já adequado à entrada do programa.

1 – Criação do arquivo de dados

Inicialmente, é preciso criar o arquivo de dados. É aconselhável abrir primeiramente o arquivo **exemplo.csv**, no Excel®, a fim de se familiarizar com a forma de inserir os dados. Pela observação deste exemplo, não deve haver dúvidas quanto a esta etapa.

O arquivo **dados.csv** contém a tabela básica para criação deste arquivo. Inicialmente, indica-se o número de genótipos e de características analisadas, nas células correspondentes. Em seguida, é inserida a tabela com as médias, que será utilizada na obtenção dos índices. As características e os genótipos podem ser nomeados a critério do usuário.

Em seguida, devem ser fornecidos os dados complementares, sem os quais a análise não é possível. A primeira linha após a tabela, nomeada **scott-knott**, indica em quais características deve ser aplicado o teste de Scott-Knott. Esta linha deve conter apenas os valores *sim* e *nao*, sem acento.

Na sequência, são inseridos os valores dos Quadrados Médios do Resíduo (**QME**), dos divisores de média (**divisor**), dos graus de liberdade do resíduo (**gl.resid**) e dos níveis de significância para o teste de Scott-Knott (**alpha**).

Posteriormente, a linha intitulada **recíprocos** indica as características para as quais se deseja usar os valores recíprocos. A linha **níveis.mínimos** indica os níveis mínimos aceitáveis para cada característica, devendo ser preenchida apenas com os valores *melhor*, *media* (sem acento), *pior* ou com números arbitrários, a critério do usuário.

Finalmente, a linha **ideótipo** informa ao programa como deve ser construído o ideótipo. Deve ser preenchida apenas com os valores *melhor*, *media* (sem acento) ou com número arbitrários.

As casas decimais devem ser sempre separadas por vírgula, o padrão do Excel®. É importante notar que, para as características às quais não será aplicado o Scott-Knott, os valores de QME, divisor, grau de liberdade do residuo e alpha devem ser preenchidos com **zero**.

Esse arquivo de dados deve ser salvo no formato **csv** (Comma Separated Values – Valores Separados por Vírgulas).

2 – Utilizando o software R para obtenção dos índices

Após a criação do arquivo de dados, procede-se à obtenção do índice para cada genótipo. Estando o software R já instalado e funcionando adequadamente, na plataforma Windows™, esta etapa é bastante rápida.

Deve-se iniciar o software R e, primeiramente, **mudar o diretório de trabalho** para o diretório em que está localizado o arquivo de dados. Isto pode ser feito no menu **File -> Change dir.**

Em seguida, são carregadas as funções necessárias para a construção dos índices. Isto pode ser feito através do comando:

```
> source("C:/.../índice.R")
```

Finalmente, o comando **ISC** faz as análises dos dados, chegando aos valores dos índices:

```
> ISC("seuarquivodedados.csv")
```

Como opção padrão, o programa cria dois arquivos de saída: **info.txt**, que contém os dados originais e as informações complementares utilizadas nas análises; e

saida.csv, que contém a tabela com os valores dos índices. Este arquivo separado por vírgulas pode ser diretamente aberto no software Excel®.

Os nomes dos arquivos de saída podem ser alterados no comando **ISC**, como segue:

```
> ISC("seuarquivodedados.csv","informações.txt","índices")
```

Neste caso, será criado um arquivo chamado **informações.txt**, com os dados originais, e um arquivo **índices.csv**, contendo a tabela com os índices.

Também é possível exportar o arquivo com a tabela em formato texto (.txt), para que a manipulação dos resultados seja feita em outro software. O comando deve ser alterado para:

```
> ISC("seuarquivodedados.csv","informações.txt","índices",  
      tipo="texto")
```

A última opção diz respeito ao número de casas decimais utilizadas para construção da tabela com os índices. Como padrão, são utilizadas quatro casas decimais, mas isso pode ser alterado como segue:

```
> ISC("seuarquivodedados.csv","informações.txt","índices",  
      dec=6)
```

Neste caso, a tabela será construída com 6 casas decimais.

As etapas anteriores são a base para o uso do programa. Tratando-se de um software livre, com código-fonte aberto, usuários mais experientes do software R podem abrir as funções e alterá-las para adequá-las às suas necessidades.