

CLÁUDIA OLIVEIRA ROSA

**INTERAÇÃO DE GENÓTIPOS DE CANA-DE-AÇÚCAR
COM AMBIENTES NO ESTADO DE GOIÁS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, da Universidade Federal de Goiás, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Agronomia, área de concentração: Genética e Melhoramento de Plantas.

Orientador:

Prof. Dr. Américo José dos Santos Reis

Coorientador:

Prof. Dr. João Batista Duarte

Goiânia, GO – Brasil

2008

CLÁUDIA OLIVEIRA ROSA

**INTERAÇÃO DE GENÓTIPOS DE CANA-DE-AÇÚCAR COM
AMBIENTES NO ESTADO DE GOIÁS**

Dissertação DEFENDIDA E APROVADA em 20 de agosto de 2008, pela
Banca Examinadora constituída pelos membros:

Prof. Dr. Lázaro José Chaves
Universidade Federal de Goiás

Prof. Dr. Paulo Hoffmann Hermann
Universidade Federal de São Carlos

Prof. Dr. Américo José dos Santos Reis
Universidade Federal de Goiás

Goiânia, Goiás
Brasil

Aos meus pais *Luiz e Eurinice*,
aos meus irmãos *Márcia, Luiz Antônio e Luiz Augusto*
e aos meus filhos *Luiz Guilherme e Maria Luísa*,
por todo o amor, apoio e companhia nessa grande jornada que é a vida...

Dedico

Ao meu amado esposo *Wilson Júnior*,
por seu amor incondicional e sua
compreensão, mesmo nos momentos
de maior dificuldade...

Ofereço

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, pelo dom da vida e pelas oportunidades que sempre tem me apresentado.

Aos meus pais, irmãos, filhos, sobrinhos e esposo, por entenderem a minha ausência, pela amizade, incentivo e por toda a história de vida que temos o prazer de dividir.

À escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos da UFG, pela oportunidade de realizar os meus estudos.

À Ridesa, por tornar possível a realização deste trabalho cedendo os genótipos e os campos experimentais.

Ao Prof. Dr. Lázaro José Chaves, por tanta dedicação, carinho, incentivo e, principalmente, pela inestimável amizade.

Ao Prof. Dr. Américo José dos Santos Reis, por ter me acolhido como orientanda e por todos os ensinamentos profissionais e de vida e também por toda a paciência.

Ao Prof. Dr. João Batista Duarte, pela coorientação que fez toda a diferença no desenvolvimento do meu trabalho, pela ajuda em cada frase, cada capítulo e cada análise estatística e pelo exemplo de capacidade, dedicação e profissionalismo.

Ao Prof. Dr. Paulo Hoffmann Hermann, da UFSCar, pela disposição em participar da banca de avaliação deste trabalho e pelas valiosas sugestões e contribuições.

À Profa. Dra. Marineide Mendonça Aguilera, do Centro de Ciências Agrárias da UFSCar, pela correção e complementação do abstract.

Ao funcionário Welington, por todo o auxílio no decorrer do mestrado e por sua agradável amizade.

Às colegas de turma do curso de mestrado: Daniela e Letícia, pelo companheirismo e ensinamentos compartilhados ao longo do curso.

Aos estagiários: Danilo, Ana Letícia, Camila, Milene, Andréa e Renata, pelo auxílio e convívio.

À Maria Stella e Carlos Roberto, por estarem presentes em praticamente todas as coletas de dados – a presença de vocês foi fundamental para a realização deste trabalho.

A todos os trabalhadores rurais das usinas que ajudaram no desenvolvimento prático das atividades da dissertação e, assim, tornaram possível a realização deste trabalho.

Muito obrigada!

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| LISTA DE TABELAS..... | 6 |
| LISTA DE FIGURAS..... | 7 |
| RESUMO GERAL..... | 8 |
| GENERAL ABSTRACT..... | 9 |
| | |
| 1 INTRODUÇÃO..... | 10 |
| | |
| 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA..... | 12 |
| 2.1 MELHORAMENTO GENÉTICO DA CANA DE AÇÚCAR..... | 12 |
| 2.2 INTERAÇÃO DE GENÓTIPOS COM AMBIENTES..... | 14 |
| | |
| 3 MATERIAL E MÉTODOS..... | 17 |
| 3.1 MATERIAL E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL..... | 17 |
| 3.2 CARACTERES SOB AVALIAÇÃO..... | 18 |
| 3.3 ANÁLISE DA INTERAÇÃO DE GENÓTIPOS x AMBIENTES (GxA)..... | 19 |
| | |
| 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 22 |
| 4.1 ANÁLISES INDIVIDUAIS DE VARIÂNCIA..... | 22 |
| 4.2 ANÁLISE CONJUNTA DE VARIÂNCIA..... | 27 |
| 4.3 ANÁLISE AMMI..... | 29 |
| | |
| 5 CONCLUSÕES..... | 41 |
| | |
| 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 42 |

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Locais e datas de plantio e colheita (1º e 2º cortes) dos ensaios finais de avaliação de clones experimentais e variedades de cana-de-açúcar da Série 96, em unidades produtoras (usinas ou destilarias) no Estado de Goiás..... 17
- Tabela 2.** Clones experimentais e variedades padrão (T) de cana-de-açúcar, com suas respectivas identificações simbólicas (G1 a G28), avaliados nos ensaios finais da Série 96, em Goiás (2006/2007)..... 18
- Tabela 3.** Médias de toneladas de cana-de-açúcar por hectare (TCH) referente aos 26 clones experimentais e 2 variedades de cana-de-açúcar, nos 14 ambientes (A1, A2,..., A14) de teste no Estado de Goiás (2006/2007)..... 24
- Tabela 4.** Médias da porcentagem de Pol na cana (POL%), de 26 clones experimentais e 2 variedades de cana-de-açúcar, nos 14 ambientes (A1, A2,..., A14) de teste no Estado de Goiás (2006/2007)..... 25
- Tabela 5.** Médias da porcentagem de fibra na cana (fibra%) de 26 clones experimentais e 2 variedades de cana-de-açúcar, nos 14 ambientes (A1, A2,..., A14) de teste no Estado de Goiás (2006/2007)..... 26
- Tabela 6.** Análise conjunta de variância da produtividade de cana por hectare (TCH) de 26 clones experimentais e 2 variedades de cana-de-açúcar no Estado de Goiás (2006/2007)..... 28
- Tabela 7.** Análise conjunta de variância da porcentagem de Pol por tonelada (POL%), de 26 clones experimentais e 2 variedades de cana-de-açúcar no Estado de Goiás (2006/2007)..... 28
- Tabela 8.** Análise conjunta de variância da porcentagem de fibra por tonelada (fibra%) de 26 clones experimentais e 2 variedades de cana-de-açúcar no Estado de Goiás (2006/2007)..... 28
- Tabela 9.** Análise de variância com desdobramento da interação original GxA pelo modelo AMMI (médias) para toneladas de cana-de-açúcar (TCH)..... 29
- Tabela 10.** Análise de variância com desdobramento da interação original GxA pelo modelo AMMI (médias) para porcentagem de Pol por tonelada de cana-de-açúcar (POL%)..... 30
- Tabela 11.** Análise de variância com desdobramento da interação original GxA pelo modelo AMMI (médias) para porcentagem e fibra por tonelada de cana-de-açúcar (fibra%)..... 30

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Primeiro plano principal do *biplot* AMMI3 para dados de produtividade (TCH) de 26 clones experimentais e 2 variedades comerciais de cana-de-açúcar, avaliados em 14 ambientes no Estado de Goiás (2006/2007)..... 31
- Figura 2.** Segundo plano principal do *biplot* AMMI3 para dados de produtividade (TCH) de 26 clones experimentais e 2 variedades comerciais de cana-de-açúcar, avaliados em 14 ambientes no Estado de Goiás (2006/2007)..... 32
- Figura 3.** Primeiro plano principal do *biplot* AMMI3 para dados de porcentagem de Pol por tonelada de cana-de-açúcar, de 26 clones experimentais e 2 variedades comerciais, avaliados em 14 ambientes no Estado de Goiás (2006/2007)..... 35
- Figura 4.** Segundo plano principal do *biplot* AMMI3 para dados de porcentagem de Pol por tonelada de cana-de-açúcar, de 26 clones experimentais e 2 variedades comerciais, avaliados em 14 ambientes no Estado de Goiás (2006/2007)..... 35
- Figura 5.** *Biplot* AMMI1 para dados de porcentagem de fibra por tonelada de cana-de-açúcar, de 26 genótipos experimentais e 2 variedades comerciais, avaliados em 14 ambientes no Estado de Goiás (2006/2007)..... 38

RESUMO GERAL

ROSA, C. O. **Interação de genótipos de cana-de-açúcar com ambientes no Estado de Goiás**. 2008. 48 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2008.¹

A cultura da cana-de-açúcar, devido ao constante aumento da demanda por etanol no mercado interno, vem sendo cultivada em quase todo o país, e, com a ampliação e incorporação de áreas de cultivo, há a ocupação de ambientes não tão propícios ao seu desenvolvimento. Nos programas de melhoramento de cana-de-açúcar, procura-se indicar novas variedades para cada região produtora. O objetivo destes programas é a melhoria da produtividade agrícola e das características industriais das variedades, as quais devem ser mais bem adaptadas aos diferentes locais, tipos de solos e técnicas de cultivo, além de apresentar maior resistência a pragas e doenças. Atualmente, existem instaladas, em Goiás, 21 unidades produtoras de açúcar e/ou de álcool, com uma perspectiva de implantação de novas unidades em médio e longo prazo. Nesse sentido, o melhoramento varietal, com ênfase na interação de genótipos com ambientes (GxA), é essencial para a eficiência e sustentabilidade do processo produtivo da cultura. O presente trabalho teve como objetivo o estudo desta interação em cana-de-açúcar, considerando-se um conjunto de ensaios finais de avaliação de clones experimentais e variedades, implantados em cinco usinas/destilarias instaladas no Estado de Goiás. Implantaram-se os experimentos seguindo delineamento básico de blocos completos casualizados. Foram avaliadas a influência da interação GxA sobre produtividade de colmos, em toneladas por hectare, e as porcentagens de POL e de fibra, por serem considerados caracteres de grande importância agrônoma e industrial. O método estatístico para avaliar a interação GxA foi a análise AMMI (modelo de efeitos principais aditivos e de interação multiplicativa). A interação de genótipos com ambientes foi altamente significativa para as três características, revelando adaptabilidades específicas dos genótipos e, conseqüentemente, dificultando a recomendação geral de um determinado genótipo para todo Estado de Goiás. Tanto para o caráter produtividade (TCH) quanto para POL% e fibra%, os efeitos de ambientes foram responsáveis pela maior parte da variação expressa nos quadrados médios, seguidos dos efeitos de genótipos e, por último, pelos efeitos da interação GxA. A análise AMMI, pelo modelo selecionado (AMMI1, para fibra%, e AMMI3, para TCH e POL%), permitiu explicar 58,31% da SQ_{GxA} para a variável produtividade (TCH), 55,10% para a variável porcentagem de pol (POL%) e 22,81% para porcentagem de fibra. Os genótipos RB965658 e RB965602 foram os melhores em produtividade (t/ha) e em porcentagem de fibra e POL.

Palavras-chave: Interação genótipo x ambiente, análise AMMI, cana-de-açúcar.

¹ Orientador: Prof. Dr. Américo José dos Santos Reis (EA/UFG).
Coorientador: Prof. Dr. João Batista Duarte (EA/UFG).

GENERAL ABSTRACT

ROSA, C. O. **Interaction of genotypes of sugarcane with environments in Goiás State.** 2008. 48 f. Dissertation (Master in Agronomy: Genetic and Improvement of Plants) – Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2008.¹

The sugarcane crop, due the constant increase of ethanol demand in the internal market, has been cultivated in Brazil in almost all its extension. With the expansion and creation of new areas as well there has been occupation of not suitable environments for its development. Today, there are twenty one sugar and ethanol producing units an implantation perspective of new units in medium and long run. The objective of the sugarcane improvement programs is to increase agricultural productivity and industrial characteristics of varieties, that should be better adapted to different locations, soil types, cultivation techniques, besides presenting higher resistance to insects and diseases. In plants improvement, considerations regarding genotypes interaction with environments are essential to the process efficiency. For the achievement of the present study, about interaction of different environments and genotypes, a set of final experimental evaluations of clones and varieties, wich were carried out in several locations in Goiás State, Brazil, were considered. The objective was evaluate the influence of genotypes by environments interaction (GxE) based on the stalk yield in tons per hectare, POL percentage and fiber. These are considered characters of agronomic, economic and industrial importance. Based on the results, it is not possible to recommend local key, for the planting of experimental area with sugarcane in the State of Goiás. In fact, it is recommended the increase of the number of experimental fields, to demonstrate with better precision about the genotypes in the State. As many about to the character productivity (TCH), recording about to POL % and fiber %, the outcomes of environment have been responsible for most variation expressed by mean squares, followed by the effects of genotypes and by the effects from the interaction GxE, which showed high significance. The analysis AMMI, by the models selected (AMMI 1 about fiber %, & AMMI 3 about TCH & POL%) has enabled to explain 58.31% from $SQ_{G \times A}$ for the variable productivity (TCH); 55.10% for the variable of pol (POL%) and 22.81% about the percentage of fiber. The genotypes RB965658 & RB965602 presented the highest productivity (TCH) and fiber and POL percentages as well.

Key words: Interaction genotype x environment, analysis AMMI, sugarcane.

¹ Adviser: Prof. Dr. Américo José dos Santos Reis (EA/UFG).
Co-Adviser: Prof. Dr. João Batista Duarte (EA/UFG).

1 INTRODUÇÃO

O setor sucroalcooleiro do Brasil encontra-se em franca expansão em várias unidades da federação, devido à grande demanda interna por etanol (crescimento da frota nacional de veículos bicompostíveis) e pelo crescente interesse mundial em sua utilização em mistura à gasolina (Nóbrega & Dornelas, 2006). Conseqüentemente, a cultura da cana-de-açúcar expande-se para áreas não tão propícias ao seu desenvolvimento. No Estado de Goiás, isso não tem sido diferente, de modo que rendimentos subótimos estão presentes nessas áreas. Uma das maneiras eficientes de melhorar os rendimentos nesses ambientes é a disponibilização de variedades adaptadas especificamente a tais condições de cultivo e manejo. Atualmente, em Goiás, as variedades utilizadas comercialmente são introduzidas de programas de melhoramento desenvolvidos para outros Estados, especialmente de São Paulo. Assim, problemas específicos aos quais a cultura se submete na região do Cerrado, estresse hídrico, baixa fertilidade dos solos e condições que favorecem o florescimento dos canaviais podem não ser priorizados nessas seleções.

A avaliação de genótipos experimentais em competição com variedades já difundidas constitui-se em fase essencial para a identificação de genótipos com adaptações específicas às condições predominantes nessa região. A partir de 2004, com a entrada da Universidade Federal de Goiás (UFG) na Rede Interuniversitária para o Desenvolvimento do Setor Sucroalcooleiro (Ridesa), os ensaios finais de clones de cana-de-açúcar têm sido conduzidos em dez localidades distribuídas pela região produtora em Goiás, envolvendo praticamente todas as usinas e destilarias ali instaladas.

Os responsáveis pelo suprimento de variedades melhoradas são os programas de melhoramento genético de cana-de-açúcar. No Brasil, as variedades cultivadas são provenientes basicamente de três programas: o da Ridesa, proveniente do extinto Instituto do Açúcar e do Alcool (IAA)/Programa Nacional de Melhoramento da Cana-de-Açúcar (Planalsucar), conduzido pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Universidade Federal de Alagoas (UFAL), Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Universidade Federal de Sergipe (UFSE), Universidade Federal Rural do Rio de

Janeiro (UFRRJ), Universidade Federal de Viçosa (UFV), Universidade Federal do Paraná (UFPR) e UFG; o do Instituto Agrônomo (IAC), em São Paulo; e o do Centro de Tecnologia Canavieira (CTC), a antiga Copersucar. Mais recentemente, em 2003, surgiu também o programa de melhoramento da empresa CanaViallis, que ainda não tem variedade liberada para cultivo comercial.

O Estado de Goiás é, atualmente, o quinto Estado brasileiro em área plantada com cana-de-açúcar, ficando atrás de São Paulo, Minas Gerais, Paraná e Alagoas (Conab, 2007). Essa posição, entretanto, deverá ser melhorada em futuro breve, haja vista a inserção de novos grupos empresariais no setor sucroalcooleiro goiano e a quase duplicação, nos últimos dois anos, das áreas de plantio das unidades já implantadas. A expansão da cultura no Estado deve avançar, sobretudo, em áreas de pastagens degradadas, embora, na última safra, tenha havido também significativa substituição de áreas anteriormente ocupadas com as culturas da soja e do algodão, visto que estas se mostraram deficitárias. Hoje existem instaladas, em Goiás, 21 unidades produtoras de açúcar e/ou de álcool, com uma perspectiva de implantação de novas unidades em médio prazo. Além disso, há grande quantidade de pequenos produtores de cachaça, açúcar mascavo e outros derivados da cana. Desse modo, a cana-de-açúcar ocupa posição de destaque no agronegócio do Estado de Goiás.

No caso do Programa de Melhoramento Genético da Cana-de-Açúcar (PMGCA), que é conduzido pela UFG e que dá continuidade ao trabalho da UFSCar em Goiás, o objetivo é pela obtenção de genótipos adaptados às condições do Cerrado do Brasil Central. Nessa região, as variedades ficam sujeitas aos estresses ambientais diversos, com destaque para o déficit hídrico decorrente de estiagens prolongadas e da baixa retenção de água nos solos. Acrescentam-se, ainda, os problemas da baixa fertilidade natural destes solos e da toxidez de alumínio em subsuperfície, que também prejudicam o aprofundamento do sistema radicular das plantas, com vistas à maior tolerância ao estresse hídrico. A necessidade de avaliar o comportamento adaptativo de clones experimentais e variedades em fase final de seleção, sobretudo em termos de rendimento de açúcar e teor de fibra, motivou a realização deste trabalho, com o objetivo principal de entender melhor as interações existentes entre os genótipos e os ambientes propostos para subsidiar a recomendação de cultivares de cana-de-açúcar para o Estado de Goiás e encontrar locais-chave para o plantio de campos experimentais.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 MELHORAMENTO GENÉTICO DA CANA-DE-AÇÚCAR

A cana-de-açúcar é uma espécie alógama, aloploiploide e pertencente à família *Gramineae*, tribo *Andropogoneae* e gênero *Saccharum*. Este possui seis espécies: *Saccharum officinarum*, *S. spontaneum*, *S. robustum*, que são as três de maior importância econômica, *S. sinense*, *S. barberi* e *S. edule* (Daniels & Roach, 1987). Os genótipos cultivados atualmente são híbridos interespecíficos entre estas seis espécies, com exceção de *S. edule* (Barbosa, 2000).

Nos programas de melhoramento de cana-de-açúcar, grande número de genótipos é avaliado todos os anos em ensaios realizados em diferentes condições ambientais, gerando dados de produtividade com os quais se procura indicar novas variedades para cada região produtora. O objetivo é a melhoria da produtividade agrícola e das características industriais das variedades, que devem ser mais bem adaptadas aos diferentes locais, tipos de solo e técnicas de cultivo, além das características associadas à maior resistência a pragas e doenças.

Segundo Barbosa et al. (2000), nas últimas três décadas, foi marcante a contribuição do melhoramento genético no desenvolvimento do setor canavieiro do Brasil, com ganhos acentuados de produtividade e qualidade. Nesse período, houve mais de 30% de aumento na média de produtividade da cana-de-açúcar e da recuperação de quilogramas de açúcar por tonelada de cana moída.

Segundo Ferreira et al. (2005), nesses programas de melhoramento da cana-de-açúcar, experimentos são conduzidos em diversas usinas e destilarias e colhidos, em média, por três cortes, visando comparar o desempenho das novas variedades com aquelas de amplo cultivo comercial. Tais estudos permitem avaliar a magnitude das interações genótipos x ambientes (locais) e genótipos x cortes (anos), geralmente significativas. Estas

interações influenciam a seleção dos clones e também possibilitam os estudos de adaptabilidade e estabilidade.

A variabilidade genética existente nas diversas espécies de cana-de-açúcar permite novas combinações, quando cruzadas. Assim é possível realizar seleções e obter melhores resultados nos programas de melhoramento. Ao melhorista cabe identificar a proporção e a natureza da variação observada, ou seja, se esta é de ordem genética ou ambiental (Ramalho et al., 2000b). Em âmbito nacional, segundo Hoffmann (1997), mesmo com as crescentes exigências tecnológicas e a alteração do ambiente, com introdução de doenças e uso intensivo do solo, os programas de melhoramento têm obtido variedades que asseguram ganhos crescentes de produtividade no setor sucroalcooleiro.

Sendo a cana-de-açúcar uma espécie alógama, os indivíduos que compõem sua população são altamente heterozigotos, e essa heterozigose deve ser mantida para que haja produtividade satisfatória. Entretanto, o sucesso de todo e qualquer programa de melhoramento deve estar alicerçado em bases científicas, de modo que a sua condução não ceda lugar à improvisação e às tomadas de decisão de última hora (Cesnik & Miocque, 2004).

A partir da descoberta de J. W. Parris, sobre a fertilidade sexual da cana-de-açúcar (Berding & Roach, 1987), vários programas de florescimento e cruzamento foram criados em diversas partes do mundo, revolucionando os procedimentos até então existentes no âmbito do melhoramento genético da cultura. No Brasil, em 1910, foi criada a primeira estação experimental em Escada, no Estado do Pernambuco. No decorrer do tempo, foram criadas outras estações que, como a primeira, foram desativadas ao longo dos anos.

Os programas de melhoramento genético de cana-de-açúcar requerem a escolha de genitores geneticamente divergentes, com a finalidade de se promover o efeito heterótico nas populações híbridas. Nestes programas, informações precisas sobre diversidade genética constituem um fator de fundamental importância. É interessante assinalar que estes programas, desenvolvidos após os cruzamentos interespecíficos, embora explorando uma base genética relativamente restrita, obtiveram grandes avanços em termos de produção, resistência a doenças, teor de sacarose, precocidade e adaptação (Hogarth et al., 1981).

No que diz respeito à herança dos caracteres, vários estudos mostraram que a variância genética aditiva é mais importante que a variância genética não aditiva, na

maioria dos caracteres de importância econômica (teor de fibra, de açúcar e resistência a doenças). A principal exceção é o caráter produção de colmos, no qual as variâncias aditivas e não aditivas parecem estar em igual grau de importância. Bressiani (2001) obteve uma estimativa de 0,77 do coeficiente de herdabilidade (h^2) para toneladas de cana por hectare. Resultados dessa magnitude ($h^2 = 0,73$) já tinham sido encontrados por Cesnik (1972), ao estimar o coeficiente de herdabilidade no sentido amplo para peso de colmo. Para o número de perfilhos, o autor encontrou o valor de 0,15, e para Brix em campo, 0,52.

Entre as primeiras estimativas de herdabilidade no sentido amplo que se efetuaram para cana-de-açúcar, cabe mencionar as realizadas por George (1959), em estudos conduzidos nas Ilhas Maurício, nos quais foram usadas plântulas de cinco cruzamentos. Ele constatou valores de herdabilidade de 0,37 para o número de colmos por touceira, 0,49 para o diâmetro do colmo e 0,63 para o comprimento do colmo.

Enfim, como destaca Zacarias (1977), as herdabilidades estimadas para os caracteres agrônômicos e industriais apresentaram médias relativamente altas, variando de 26% a 88%. Tal fato, associado às estimativas dos coeficientes de variação genética que são relativamente altos, indica que a seleção fenotípica pode ser eficiente no melhoramento de tais caracteres.

2.2 INTERAÇÃO DE GENÓTIPOS COM AMBIENTES

A manifestação fenotípica em determinado ambiente é o resultado da ação do genótipo sob a influência do meio. Entretanto, quando se considera uma série de ambientes, detecta-se, além dos efeitos genéticos e ambientais, um efeito adicional proporcionado pela interação entre esses fatores (Ramalho 2000a).

O efeito da interação de genótipos com ambientes (GxA) é decorrente do comportamento diferencial dos genótipos nos diferentes ambientes, podendo implicar em que os melhores genótipos em um ambiente podem não o ser em outro. Esse tipo de comportamento pode ser um complicador na seleção, se não for considerado adequadamente (Resende, 2004). No entanto, essa interação pode ser uma oportunidade a ser favoravelmente explorada, no sentido de buscar a maximização dos rendimentos agrícolas em uma dada região (Duarte & Vencovsky, 1999).

No melhoramento de plantas, considerações a respeito da interação de genótipos com ambientes são essenciais para a eficiência do processo. Isso porque a maioria dos caracteres de importância para o melhoramento, na cana-de-açúcar e em outras espécies vegetais, é métrica. Estes caracteres apresentam distribuição contínua, possuem herança poligênica e sofrem grande influência das variações ambientais. Para que um dado genótipo, ou conjunto de genótipos, seja reconhecido como cultivar, deverá ter passado por avaliações em diversas condições ambientais, de forma a se ter mais segurança quanto ao seu desempenho (Chaves, 2001). Entretanto, segundo Nóbrega & Dornelas (2006), o conhecimento prévio do potencial produtivo, da adaptabilidade e da estabilidade dos materiais nos mais diversos ambientes é fundamental para que novas variedades sejam recomendadas para o cultivo, com maior segurança.

Diferentes metodologias para avaliar a adaptabilidade e estabilidade têm sido desenvolvidas e/ou aprimoradas. Tais procedimentos se baseiam em análise de variância, regressão linear, regressão não linear, análise multivariada e estatística não paramétrica. Metodologias estatísticas de fácil interpretação e com seleção simultânea para produtividade, adaptabilidade e estabilidade também têm sido desenvolvidas, buscando-se a seleção de genótipos com elevados rendimentos em diferentes ambientes de plantio (Bastos et al., 2007).

Na região Centro-Oeste, esses estudos simplesmente ainda não foram realizados de maneira formal. Entre os trabalhos anteriormente listados, alguns têm enfoque mais metodológico, como o de Peixoto et al. (1985), que descreve técnicas de análise de interação, destacando o modelo de regressão segmentada de Silva & Barreto (1985), e o de Lavorenti & Matsuoka (2001), no qual se postulou a combinação de métodos paramétricos e não paramétricos para os estudos de estabilidade fenotípica em cana-de-açúcar. Outra abordagem é considerar, simultaneamente, medidas de estabilidade e de adaptabilidade (Cruz & Carneiro, 2003) ou, até mesmo, três atributos: a produtividade, a estabilidade e a adaptabilidade (Resende, 2004; Bastos et al., 2007).

Bassinello (1991), ao avaliar a interação GxA em progênies de cana-de-açúcar, concluiu que existe a necessidade de se trabalhar com programas de melhoramento específicos para ambientes contrastantes, para que se possam capitalizar interações positivas de genótipos com ambientes, pelo menos para características como peso de colmos. Bressiani (2001), em uma avaliação de 4.752 plântulas pertencentes a 33 famílias de irmãos germanos e meios irmãos, detectou interações significativas para todos os

caracteres avaliados (altura e diâmetro dos colmos, número de perfilhos, porcentagem de Brix no caldo da cana, tonelada de cana por hectare e toneladas de Brix por hectare). O autor concluiu que uma seleção específica, em relação à seleção de famílias generalistas, levaria ao aumento de ganho da ordem de 4% a 6% para toneladas de Brix por hectare, considerando-se dois locais de avaliação no Estado de São Paulo (Piracicaba e Jaú).

Quando a expressão fenotípica é controlada por poucos genes, sendo pouco afetada pelo ambiente, então a seleção dos alelos que controlam esse caractere é mais fácil. Porém, em cana-de-açúcar, a maioria das características é controlada por um número grande e desconhecido de genes, sendo seus efeitos muito influenciados pelo ambiente. Assim, estes caracteres apresentam herança complexa, isto é, são herdados quantitativamente, e, por isso, a estratégia do melhorista na cultura da cana-de-açúcar deve ser a de trabalhar para buscar o aumento da frequência desses alelos (Jimenez, 1988).

A interação de genótipos com ambientes pode ser estudada por vários modelos e procedimentos biométricos. Entretanto, como destacam Duarte & Vencovsky (1999), o tratamento dado a esses estudos tem passado por uma reorientação, seja pelos avanços nos procedimentos estatístico-computacionais, seja pela pouca eficácia dos métodos usuais de análise da interação GxA. Nesse sentido, um enfoque que tem merecido destaque na literatura internacional é a chamada análise AMMI (*additive main effects and multiplicative interaction analysis*). Esta análise combina, em um único modelo, componentes aditivos para os efeitos principais e componentes multiplicativos para os efeitos da interação. Gauch & Zobel (1996) informam que essa análise pode ajudar na identificação de genótipos de alta produtividade e largamente adaptados e na realização do chamado zoneamento agrônômico, com fins de recomendação regionalizada e seleção de locais de teste, sendo também eficiente para a identificação de genótipos com adaptações específicas. Embora ainda pouco utilizada em cana-de-açúcar, sua aplicação já se faz presente em espécies cultivadas, como o trigo (Kempton, 1984; Crossa et al., 1991), o milho (Hirotsu, 1983) e a soja (Gauch, 1988; Zobel et al., 1988).

No que se refere ao detalhamento da interação GxA, essa análise se faz via decomposição da soma de quadrados original (SQ_{GxA}), em uma porção denominada padrão e em outra chamada ruído. A primeira possibilita a identificação de fatores ambientais e genotípicos mais diretamente relacionados à interação, sendo obtida após o descarte de ruídos adicionais ao erro experimental. Isso proporciona uma melhoria na capacidade preditiva das respostas fenotípicas.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 MATERIAL E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Para a realização deste estudo de interação de genótipos de cana-de-açúcar em diferentes ambientes, considerou-se um conjunto de ensaios finais de avaliação de clones experimentais da Série 96 (ano de realização dos cruzamentos, que é 1996) e variedades, que estão implantados em sete localidades do Estado de Goiás (municípios): Bom Jesus, na usina Goiasa; Santa Helena, usina Santa Helena (dois ensaios); Jandaia, destilaria Nova União (Denusa); Anicuns, usina Anicuns; Rubiataba, destilaria Cooper-Rubi; Goianésia, usina Jalles Machado. A instalação dos ensaios ocorreu entre março e junho de 2005, em áreas escolhidas que representam uma ou mais condições de manejo da cultura na região e, em especial, na respectiva unidade produtora (Tabela 1). As colheitas (cortes) foram realizadas nos dois anos sucessivos, 2006 (cana-planta) e 2007 (cana-soca), totalizando 14 ambientes de avaliação.

Tabela 1. Locais e datas de plantio e colheita (1º e 2º cortes)¹ dos ensaios finais de avaliação de clones experimentais e variedades de cana-de-açúcar da Série 96, em unidades produtoras (usinas ou destilarias) no Estado de Goiás.

| Unidades | Plantio | 1º corte | 2º corte |
|-----------------------------------|----------------|-----------------|-----------------|
| Anicuns | 15/6/2005 | 1/8/2006 (A1) | 31/7/2007 (A2) |
| Cooper-Rubi | 10/4/2005 | 27/7/2006 (A3) | 27/7/2007 (A4) |
| Denusa | 28/3/2005 | 25/4/2006 (A5) | 6/7/2007 (A6) |
| Goiasa | 30/3/2005 | 9/9/2006 (A7) | 21/8/2007 (A8) |
| Jalles Machado | 4/4/2005 | 29/6/2006 (A9) | 19/7/2007 (A10) |
| Sta. Helena/Fazenda Jenipapo | 2/3/2005 | 10/6/2006 (A11) | 25/6/2007 (A12) |
| Sta. Helena/Fazenda Juca Italiano | 25/3/2005 | 16/6/2006 (A13) | 13/6/2007 (A14) |

¹ O código entre parênteses (A1 a A14) é a representação simbólica utilizada neste estudo para uma identificação resumida dos ambientes.

No plantio, empregou-se o procedimento convencional com toletes de 3 ou 4 gemas e obteve-se densidade de 14 gemas por metro de sulco. Os clones experimentais avaliados eram oriundos de hibridações realizadas na Estação de

Cruzamento da Serra do Ouro, localizada no Estado de Alagoas, sob coordenação da UFAL. Os ensaios finais dessa série de cruzamentos foram compostos pelos clones mais promissores (26 genótipos) selecionados em campos da fase T3 de seleção, mais duas variedades testemunhas (Tabela 2). O número dessas variedades padrão pode ter variado de um experimento para outro, conforme o interesse dos técnicos da unidade produtora na qual se conduziu cada ensaio. Contudo, pelo menos duas variedades comuns foram mantidas em todos os ensaios; neste caso, foram as variedades RB835486 e RB72454. Assim, implantaram-se os experimentos seguindo o delineamento de blocos completos casualizados, com três ou quatro repetições, dependendo do local.

Tabela 2. Clones experimentais e variedades padrão (T) de cana-de-açúcar, com suas respectivas identificações simbólicas (G1 a G28), avaliados nos ensaios finais da Série 96, em Goiás (2006/2007).

| Identificação | Genótipos | Identificação | Genótipos | Identificação | Genótipos |
|---------------|--------------|---------------|-----------|---------------|-----------|
| G1 | RB72454 (T) | G11 | RB965564 | G21 | RB965676 |
| G2 | RB835486 (T) | G12 | RB965571 | G22 | RB965699 |
| G3 | RB955401 | G13 | RB965578 | G23 | RB965731 |
| G4 | RB955463 | G14 | RB965581 | G24 | RB965741 |
| G5 | RB955469 | G15 | RB965593 | G25 | RB965743 |
| G6 | RB955470 | G16 | RB965602 | G26 | RB966201 |
| G7 | RB965517 | G17 | RB965617 | G27 | RB966221 |
| G8 | RB965518 | G18 | RB965624 | G28 | RB966237 |
| G9 | RB965550 | G19 | RB965625 | - | - |
| G10 | RB965560 | G20 | RB965658 | - | - |

As parcelas foram de 5 fileiras de 10 m, com espaçamento de plantio de 1,40 m ou 1,50 m, dependendo da localidade. A profundidade de plantio foi de aproximadamente 0,3 m.

3.2 CARACTERES SOB AVALIAÇÃO

A princípio, os caracteres vigor, capacidade de brotação dos genótipos, perfilhamento, altura, diâmetro e uniformidade dos colmos, incidência de florescimento, chochamento e reação a doenças (ferrugem, carvão, escaldadura etc.), pragas (broca e cigarrinha) e estresses abióticos (déficit hídrico, solos pobres etc.) foram avaliados visualmente em campo, anteriormente à colheita. Os dados foram obtidos para o primeiro e segundo cortes.

Após a colheita, avaliaram-se, quantitativamente: o número de colmos por parcela e a produtividade de cana, contando-se todos os colmos das três fileiras centrais da parcela, em todas as parcelas; colmos industrializáveis e com tamanho superior a 1 m de comprimento; e ainda estimou-se a produção de cana em TCH (Toneladas de Cana por Hectare), usando-se o número de colmos e o peso médio de 30 colmos (ensaios de Anicuns e Rubiataba) ou por meio da pesagem da produção total da parcela, com o uso da célula de carga acoplada à garra da carregadeira (demais ensaios).

Amostras de colmos (feixes de dez canas) foram levadas ao laboratório, onde se fizeram determinações para as variáveis tecnológicas: umidade, pH, porcentagem de Pol (sacarose aparente – POL%), graus Brix, açúcares redutores, pureza do caldo e porcentagem de fibra (fibra%). Com os dados de Pol e de TCH obtidos, foi determinada ainda a quantidade de açúcar por hectare (TPH). Dados de caracterização morfológica dos genótipos (comprimento, diâmetro médio e peso de colmos, número e comprimento de entrenós, saliência de gemas, presença de joçal, acamamento etc.) também foram anotados ao longo das avaliações em campo. Além disso, observou-se o comportamento dos genótipos quanto ao despalhamento, ocorrência de rachaduras, entre outros aspectos. Porém, o objetivo deste trabalho ficou centrado na avaliação da influência da interação de genótipos com ambientes (GxA) na produtividade de colmos em toneladas por hectare e porcentagens de Pol na cana e fibra, em razão de serem considerados os caracteres de maior importância agrônômica, econômica e industrial.

3.3 ANÁLISE DA INTERAÇÃO DE GENÓTIPOS COM AMBIENTES (GxA)

Inicialmente, os dados de cada local e de corte foram submetidos à análise de variância clássica, observando-se o atendimento às exigências desse procedimento. Com o intuito de aproveitar melhor todos os resultados obtidos, consideramos 14 ambientes distintos, até mesmo os 2 cortes nos 7 locais de avaliação. Deve-se, no entanto, considerar a importância do efeito permanente de ambiente, já que, de um corte para o outro, os genótipos permaneceram na mesma parcela, por se tratar de uma cultura semiperene. Em seguida, as médias dos genótipos, provenientes das análises individuais, foram submetidas a uma análise conjunta de variância (Ramalho et al., 2000a), a qual foi implementada mesmo não tendo havido homogeneidade entre as

variâncias residuais (QM_R 's). Isso foi possível mediante o ajuste dos graus de liberdade do erro médio e da interação $G \times A$, segundo o método de Cochran (1954), recomendado por Pimentel Gomes (1990). Assim, a média genotípica para um dado caráter, associado a um genótipo i ($i = 1, 2, \dots, g$), em um ambiente j ($j = 1, 2, \dots, a$), é descrita no modelo de análise conjunta como:

$$Y_{ij} = \mu + g_i + a_j + (ga)_{ij} + \varepsilon_{ij} \quad (1)$$

Neste modelo (1), μ é a média geral; g_i é o efeito fixo do genótipo i ; a_j é o efeito aleatório do ambiente j ; $(ga)_{ij}$ é o efeito aleatório da interação clássica do genótipo i com o ambiente j ; ε_{ij} é o erro médio, assumido ser i.i.d, com distribuição normal de média nula e variância comum (homocedasticidade).

Para a análise da interação dos genótipos com os ambientes, buscou-se introduzir em cana-de-açúcar uma ferramenta relativamente recente nesse contexto, conhecida como análise AMMI (*additive main effects and multiplicative interaction analysis*), que é um procedimento que modela os efeitos principais (genótipos e ambientes) de forma aditiva e os efeitos da interação de maneira multiplicativa. No contexto desta análise, o modelo (1) é reescrito como:

$$Y_{ij} = \mu + g_i + a_j + \sum_{k=1}^n \lambda_k \gamma_{ik} \alpha_{jk} + \rho_{ij} + \varepsilon_{ij} \quad (2)$$

Neste modelo (2), conforme descrevem Duarte & Vencovsky (1999), o termo $(ga)_{ij}$ do modelo (1) fica modelado de forma multiplicativa e dividido em efeitos de duas naturezas: padrão ($\sum_{k=1}^n \lambda_k \gamma_{ik} \alpha_{jk}$) e ruído (ρ_{ij}). Os termos multiplicativos associados ao padrão da interação $G \times A$ são resultantes da chamada decomposição por valores singulares (DVS) da matriz de interações, $GA_{(g \times a)} = [(ga)_{ij}]$, em que $(ga)_{ij} = y_{ij} - \bar{y}_{i.} - \bar{y}_{.j} + \bar{y}_{..}$, que resulta em $GA = \sum_k \lambda_k \gamma_{ik} \alpha_{jk}$, sendo λ_k é o k -ésimo valor singular de GA . O termo ρ_{ij} é um resíduo adicional resultante da aproximação de quadrados mínimos para a matriz GA , usando-se os n primeiros termos da DVS ($k = 1, 2, \dots, p$), em que p é o posto da matriz GA , sendo que: $p = \min \{g-1, a-1\}$. Logo, se $n < p$, obtém-se uma aproximação de quadrados mínimos para a matriz GA , mas, se $n = p$, obtém-se a decomposição DVS exata da matriz GA , resultando em um ρ_{ij} nulo. Neste caso, toda a variação presente na matriz GA reproduz exatamente a clássica soma de quadrados da interação $G \times A$ ($SQ_{G \times A} = \sum_{k=1}^p \lambda_k^2$). Essa análise consiste em um ajuste sequencial dos efeitos principais por análise de variância clássica (ANOVA), seguida da

DVS ou análise de componentes principais para o ajuste multiplicativo dos efeitos de interação (resíduo do ajuste dos efeitos principais por ANOVA).

A representação dos resultados da análise é feita em gráfico denominado *biplot*, em que se plotam, por exemplo, nas abscissas, as médias genóticas e de ambientes e, no eixo das ordenadas, os escores genóticos e ambientais para o primeiro componente principal de interação. Isso resulta em um gráfico chamado *biplot* AMMI1. Em outro desse tipo de representação, o *biplot* AMMI2, plotam-se, nas abscissas, as coordenadas (escores) de genótipos e de ambientes para o primeiro eixo principal de interação (IPCA1) e, nas ordenadas, as respectivas coordenadas para o segundo destes eixos (IPCA2). A escolha por um ou outro gráfico dependerá da adoção de algum critério estatístico na seleção do modelo AMMI que melhor descreve o padrão da interação GxA observado (Gauch, 1992). A partir do modelo escolhido, que tenha a melhor explicação sobre o padrão de interação GxA presente no conjunto de dados, fez-se a predição das respostas genóticas em cada ambiente.

A definição do número n de eixos principais retidos baseou-se nos testes F de Gollob (1968) e de Cornelius et al. (1992). Todos esses métodos estão descritos em Duarte & Vencovsky (1999), até mesmo uma rotina computacional, em linguagem SAS/IML, para a implementação da análise no aplicativo SAS[®] (Statistical Analysis System).

A interpretação de um *biplot* AMMI é simples e direta: basta observar as magnitudes e os sinais dos escores de genótipos ($\lambda_k^{1/2} \gamma_{ik}$) e de ambientes ($\lambda_k^{1/2} \alpha_{jk}$). Isso possibilita a identificação dos genótipos que tiveram maior ou menor participação na interação GxA observada (localização dos pontos genóticos no *biplot*), bem como das interações positivas entre genótipos e ambientes (adaptabilidades específicas), simplesmente pela inspeção da proximidade entre seus respectivos pontos no gráfico (Duarte & Vencovsky, 1999).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 ANÁLISES INDIVIDUAIS DE VARIÂNCIA

Para facilitar a discussão dos resultados, sobretudo no que tange às tabelas e gráficos *biplot*, optou-se pela utilização de símbolos, tanto para os genótipos (G1 a G28) como para os ambientes (A1 a A14), conforme já especificados nas Tabelas 1 e 2.

Após as análises individuais de variância, obtiveram-se as médias de tonelada de cana-de-açúcar e das porcentagens de Pol e fibra (Tabelas 3, 4 e 5), referentes a cada genótipo nos 14 ambientes de teste. Os coeficientes de variação experimental apresentaram valores que variaram entre médios e baixos (Pimentel Gomes, 1990), confirmando boa precisão dos experimentos. Porém, pode-se notar que os ambientes que demonstraram coeficientes mais baixos foram aqueles colhidos com o uso da célula de carga, a qual permite pesar toda a parcela dos tratamentos. Os maiores valores foram para o ambiente A1 (Anicuns, 1º corte), com 25,50% para TCH, 11,11% para POL% e 11,1% para fibra%. Já os menores valores foram para o ambiente A13 (Santa Helena, fazenda Juca Italiano), com 6,11% para TCH, 4,40% para POL% e 4,40% para fibra%. Das características comuns às analisadas por Cesnick (1972), observaram-se valores semelhantes para os caracteres industriais e para os agronômicos.

De modo geral, os genótipos apresentaram boa produtividade, quando comparados aos rendimentos médios das variedades comerciais cultivadas na região. A média geral dos genótipos foi de 114,2 t/ha, ficando 22,3 toneladas acima da média de produtividade do Estado, que é de 81,9 t/ha, segundo dados da União dos Produtores de Bioenergia (UDOP, 2006). Porém, mantiveram-se bem próximos às médias das testemunhas (122,8 t/ha e 110,4 t/ha para RB72454 e RB835486, respectivamente).

O genótipo que mais se destacou foi G16 (RB965602), que obteve as maiores médias em TCH, geral e individual – 130,6 t/ha e 176,0 t/ha no ambiente A11 (Santa Helena, fazenda Jenipapo), respectivamente. O genótipo G27 (RB966221) resultou nas

menores médias, geral e individual – 96,5 t/ha e 50,8 t/ha no ambiente A10 (Jalles Machado, 2º corte), respectivamente. A média geral em porcentagem de Pol foi 18,32%, com o genótipo G22 (RB965699) destacando-se com maior média (20,1%). O clone RB966221 (G27) apresentou a menor média nesse caráter (15,7%). Já para a porcentagem de fibra, a média geral foi de 12,18%, sendo o genótipo G12 (RB965571) com a média mais alta (13,13%) e G22 (RB965699) com a mais baixa (11,43%).

Tabela 3. Médias de toneladas de cana-de-açúcar por hectare (TCH) referente aos 26 clones experimentais e 2 variedades de cana-de-açúcar, nos 14 ambientes (A1, A2,..., A14)¹ de teste no Estado de Goiás (2006/2007).

| Genótipos | | A1 | A2 | A3 | A4 | A5 | A6 | A7 | A8 | A9 | A10 | A11 | A12 | A13 | A14 | Médias |
|------------------|-----|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|---------------|
| RB72454 (T) | G1 | 101,2 | 118,4 | 140,3 | 104,7 | 135,3 | 131,7 | 108,0 | 108,1 | 119,5 | 87,9 | 158,6 | 130,0 | 155,0 | 121,1 | 122,8 |
| RB835486 (T) | G2 | 87,5 | 141,0 | 104,5 | 86,0 | 124,3 | 132,0 | 95,8 | 106,4 | 105,5 | 75,4 | 122,7 | 124,5 | 122,6 | 117,2 | 110,4 |
| RB955401 | G3 | 103,4 | 132,0 | 129,9 | 88,4 | 121,9 | 113,6 | 68,9 | 82,9 | 104,0 | 76,1 | 137,9 | 107,6 | 126,1 | 101,0 | 106,7 |
| RB955463 | G4 | 92,6 | 111,3 | 119,3 | 60,8 | 135,3 | 130,7 | 98,2 | 117,3 | 127,3 | 81,0 | 141,8 | 124,7 | 150,1 | 122,9 | 115,2 |
| RB955469 | G5 | 93,8 | 123,8 | 118,4 | 59,8 | 112,8 | 122,0 | 93,6 | 99,6 | 122,2 | 76,1 | 139,3 | 112,5 | 141,5 | 113,4 | 109,2 |
| RB955470 | G6 | 94,5 | 131,9 | 111,3 | 51,0 | 130,9 | 111,4 | 93,8 | 108,8 | 116,6 | 70,1 | 154,6 | 115,1 | 133,6 | 87,8 | 108,0 |
| RB965517 | G7 | 62,0 | 130,8 | 140,2 | 89,1 | 126,4 | 145,2 | 79,3 | 94,4 | 103,5 | 73,3 | 127,7 | 119,4 | 120,8 | 98,5 | 107,9 |
| RB965518 | G8 | 100,0 | 83,6 | 119,2 | 89,6 | 122,9 | 132,1 | 96,7 | 101,6 | 128,3 | 89,4 | 136,2 | 119,1 | 127,0 | 113,3 | 111,4 |
| RB965550 | G9 | 79,7 | 102,1 | 130,4 | 69,8 | 143,5 | 147,0 | 93,7 | 105,3 | 132,2 | 95,6 | 155,2 | 128,5 | 152,2 | 134,9 | 119,3 |
| RB965560 | G10 | 93,5 | 102,9 | 141,0 | 78,5 | 126,2 | 103,2 | 95,6 | 94,1 | 119,0 | 65,4 | 132,5 | 108,8 | 137,4 | 100,2 | 107,0 |
| RB965564 | G11 | 98,2 | 133,0 | 123,8 | 78,3 | 129,2 | 120,5 | 99,4 | 108,1 | 127,6 | 97,8 | 160,4 | 151,4 | 145,3 | 113,7 | 120,5 |
| RB965571 | G12 | 83,8 | 110,0 | 123,8 | 80,4 | 116,3 | 109,5 | 93,2 | 107,0 | 116,2 | 66,7 | 150,3 | 114,5 | 137,0 | 102,8 | 108,0 |
| RB965578 | G13 | 76,3 | 121,5 | 138,0 | 69,3 | 132,1 | 122,0 | 98,5 | 118,4 | 125,4 | 77,6 | 133,9 | 118,9 | 127,1 | 114,4 | 112,4 |
| RB965581 | G14 | 89,9 | 127,7 | 126,5 | 82,6 | 124,9 | 136,3 | 101,0 | 108,5 | 125,1 | 79,3 | 157,5 | 107,7 | 142,0 | 120,3 | 116,4 |
| RB965593 | G15 | 68,0 | 133,6 | 129,0 | 81,4 | 122,1 | 120,3 | 94,0 | 106,7 | 98,4 | 80,8 | 140,4 | 116,1 | 140,8 | 117,9 | 110,7 |
| RB965602 | G16 | 128,5 | 97,8 | 143,8 | 80,9 | 163,1 | 155,3 | 111,0 | 126,4 | 129,4 | 79,7 | 176,0 | 142,7 | 165,3 | 128,2 | 130,6 |
| RB965617 | G17 | 105,2 | 93,7 | 121,7 | 89,0 | 126,0 | 133,9 | 76,1 | 93,6 | 119,8 | 87,8 | 153,2 | 122,8 | 139,3 | 118,8 | 112,9 |
| RB965624 | G18 | 108,2 | 98,7 | 141,5 | 80,2 | 121,3 | 108,8 | 94,4 | 122,8 | 116,0 | 75,8 | 155,8 | 117,3 | 152,9 | 118,1 | 115,1 |
| RB965625 | G19 | 118,0 | 100,9 | 125,8 | 75,8 | 92,9 | 100,9 | 76,8 | 95,0 | 114,0 | 73,7 | 131,6 | 107,2 | 131,7 | 132,0 | 105,5 |
| RB965658 | G20 | 81,7 | 116,8 | 155,4 | 94,1 | 136,3 | 151,0 | 133,0 | 134,2 | 126,0 | 79,8 | 163,0 | 137,0 | 155,3 | 144,3 | 129,1 |
| RB965676 | G21 | 124,2 | 119,7 | 126,2 | 97,1 | 120,1 | 147,2 | 110,0 | 128,6 | 126,6 | 91,0 | 153,2 | 142,6 | 140,5 | 145,5 | 126,6 |
| RB965699 | G22 | 120,5 | 124,0 | 131,8 | 83,5 | 143,0 | 132,5 | 106,0 | 97,0 | 126,1 | 84,8 | 156,2 | 123,7 | 142,3 | 117,5 | 120,6 |
| RB965731 | G23 | 91,3 | 96,2 | 138,3 | 89,4 | 120,9 | 130,1 | 98,1 | 116,3 | 128,6 | 86,4 | 149,6 | 125,7 | 149,5 | 127,9 | 117,7 |
| RB965741 | G24 | 73,9 | 116,8 | 125,2 | 99,6 | 142,0 | 139,1 | 106,0 | 122,3 | 108,2 | 86,2 | 153,5 | 145,6 | 146,9 | 128,2 | 120,9 |
| RB965743 | G25 | 99,5 | 120,4 | 113,3 | 91,3 | 108,1 | 127,0 | 88,9 | 104,1 | 125,9 | 91,2 | 138,2 | 126,2 | 136,0 | 119,7 | 113,6 |
| RB966201 | G26 | 93,7 | 93,4 | 137,2 | 105,5 | 123,5 | 121,2 | 89,9 | 112,8 | 107,0 | 78,9 | 144,4 | 123,8 | 146,0 | 105,8 | 113,1 |
| RB966221 | G27 | 76,8 | 137,9 | 100,1 | 86,6 | 96,5 | 117,7 | 85,4 | 70,3 | 97,6 | 50,8 | 128,6 | 103,3 | 109,8 | 89,2 | 96,5 |
| RB966237 | G28 | 109,1 | 110,7 | 110,6 | 81,1 | 126,0 | 115,1 | 79,2 | 95,7 | 143,4 | 90,8 | 140,9 | 109,4 | 122,8 | 99,5 | 109,6 |
| Médias | — | 94,8 | 115,4 | 127,4 | 83,0 | 125,9 | 127,0 | 95,1 | 106,7 | 119,3 | 80,3 | 146,2 | 122,4 | 139,2 | 116,2 | 114,2 |
| CV (%) | — | 25,5 | 23,6 | 17,2 | 19,4 | 13,4 | 10,3 | 16,3 | 12,6 | 10,8 | 16,5 | 5,3 | 7,3 | 6,1 | 8,6 | — |

¹ Relação dos ambientes e suas identificações simbólicas: A1 - Anicuns, 1º corte; A2 - Anicuns, 2º corte; A3 - Cooper-Rubi, 1º corte; A4 - Cooper-Rubi, 2º corte; A5 - Denusa, 1º corte; A6 - Denusa, 2º corte; A7 - Goiasa, 1º corte; A8 - Goiasa, 2º corte; A9 - Jalles Machado, 1º corte; A10 - Jalles Machado, 2º corte; A11 - Santa Helena, 1º corte da fazenda Jenipapo; A12 - Santa Helena, 2º corte da fazenda Jenipapo; A13 - Santa Helena, 1º corte da fazenda Juca Italiano; A14 - Santa Helena, 2º corte da fazenda Juca Italiano.

Tabela 4. Médias da porcentagem de Pol na cana (POL%), de 26 clones experimentais e 2 variedades de cana-de-açúcar, nos 14 ambientes (A1, A2,..., A14) de teste no Estado de Goiás (2006/2007).

| Genótipos | | A1 | A2 | A3 | A4 | A5 | A6 | A7 | A8 | A9 | A10 | A11 | A12 | A13 | A14 | Médias |
|---------------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------|
| RB835486 (T) | G2 | 16,5 | 23,7 | 22,3 | 14,8 | 17,7 | 20,9 | 17,4 | 19,2 | 14,2 | 11,5 | 20,5 | 20,5 | 20,4 | 18,7 | 18,5 |
| RB955401 | G3 | 17,1 | 21,0 | 26 | 16,9 | 17,4 | 16,7 | 11,7 | 19,4 | 14,0 | 12,4 | 21,6 | 16,5 | 19,6 | 14,5 | 17,5 |
| RB955463 | G4 | 14,8 | 18,8 | 23,8 | 11,3 | 19,9 | 20,1 | 17,0 | 16,9 | 14,5 | 11,8 | 21,6 | 17,8 | 23,0 | 18,0 | 17,8 |
| RB955469 | G5 | 15,2 | 22,8 | 23,1 | 10,4 | 16,4 | 17,8 | 15,9 | 19,6 | 17,5 | 11,3 | 22,8 | 16,3 | 22,0 | 15,9 | 17,6 |
| RB955470 | G6 | 15,7 | 19,0 | 19,8 | 9,2 | 19,0 | 16,5 | 16,2 | 14,1 | 13,6 | 10,6 | 22,6 | 18,0 | 21,7 | 12,7 | 16,3 |
| RB965517 | G7 | 10,5 | 21,5 | 25,4 | 16,6 | 18,8 | 20,8 | 13,1 | 16,6 | 14,8 | 11,4 | 20,5 | 19,3 | 18,7 | 14,4 | 17,3 |
| RB965518 | G8 | 16,7 | 12,7 | 23,8 | 16,8 | 16,2 | 20,3 | 16,8 | 17,8 | 16,8 | 12,6 | 21,3 | 18,0 | 20,1 | 16,0 | 17,6 |
| RB965550 | G9 | 13,6 | 15,8 | 24,8 | 12,8 | 19,4 | 20,9 | 15,4 | 17,8 | 15,2 | 15,6 | 25,0 | 19,5 | 23,5 | 19,8 | 18,5 |
| RB965560 | G10 | 15,3 | 19,4 | 28,2 | 15,3 | 17,3 | 17,0 | 17,4 | 16,8 | 14,7 | 10,4 | 21,8 | 17,3 | 22,1 | 14,9 | 17,7 |
| RB965564 | G11 | 16,4 | 21,6 | 25,9 | 14,1 | 20,2 | 19,1 | 17,5 | 19,7 | 17,5 | 16,3 | 26,0 | 23,5 | 23,7 | 17,4 | 19,9 |
| RB965571 | G12 | 14,5 | 17,8 | 25,3 | 16,0 | 18,2 | 16,7 | 16,2 | 18,1 | 15,2 | 10,2 | 23,8 | 17,3 | 21,2 | 14,8 | 17,5 |
| RB965578 | G13 | 12,8 | 16,6 | 26,7 | 13,5 | 19,7 | 19,5 | 17,6 | 20,9 | 18,2 | 12,3 | 22,4 | 19,5 | 21,7 | 17,7 | 18,5 |
| RB965581 | G14 | 16,0 | 20,5 | 25,0 | 13,3 | 18,2 | 20,6 | 17,6 | 18,7 | 16,0 | 11,1 | 22,6 | 15,3 | 20,0 | 15,8 | 17,9 |
| RB965593 | G15 | 10,9 | 22,7 | 26,5 | 15,2 | 17,5 | 17,6 | 15,8 | 19,1 | 13,0 | 13,7 | 23,3 | 19,5 | 22,4 | 17,6 | 18,2 |
| RB965602 | G16 | 21,3 | 15,7 | 27,1 | 15,1 | 25,3 | 21,9 | 18,9 | 21,1 | 16,5 | 11,4 | 27,3 | 21,8 | 26,2 | 18,9 | 20,6 |
| RB965617 | G17 | 16,8 | 13,0 | 22,8 | 16,1 | 17,9 | 19,8 | 12,9 | 16,3 | 14,4 | 13,6 | 24,4 | 19,5 | 21,9 | 17,4 | 17,6 |
| RB965624 | G18 | 20,5 | 16,8 | 28,8 | 14,3 | 19,0 | 17,1 | 16,2 | 21,5 | 17,4 | 12,4 | 26,7 | 18,5 | 25,4 | 18,3 | 19,5 |
| RB965625 | G19 | 16,5 | 16,6 | 25,7 | 14,8 | 14,6 | 15,9 | 13,6 | 16,6 | 16,3 | 12,5 | 21,5 | 17,0 | 20,5 | 14,1 | 16,9 |
| RB965658 | G20 | 19,9 | 18,9 | 31,7 | 16,0 | 20,7 | 22,0 | 22,9 | 22,8 | 15,5 | 11,6 | 24,1 | 19,5 | 23,3 | 21,5 | 20,7 |
| RB965676 | G21 | 15,0 | 20,4 | 24,2 | 17,7 | 15,3 | 22,2 | 18,7 | 22,8 | 15,6 | 14,1 | 23,7 | 22,5 | 22,3 | 21,5 | 19,7 |
| RB965699 | G22 | 22,4 | 20,5 | 25,9 | 16,3 | 22,4 | 20,5 | 18,8 | 17,4 | 18,5 | 13,3 | 24,6 | 19,3 | 22,8 | 18,5 | 20,1 |
| RB965731 | G23 | 16,4 | 15,4 | 26,6 | 15,4 | 15,7 | 18,0 | 16,8 | 19,2 | 14,9 | 12,4 | 22,2 | 17,0 | 22,5 | 17,6 | 17,9 |
| RB965741 | G24 | 17,2 | 21,2 | 22,8 | 18,7 | 19,3 | 19,9 | 18,2 | 21,8 | 13,6 | 13,1 | 23,9 | 22,8 | 23,1 | 18,6 | 19,6 |
| RB965743 | G25 | 14,3 | 19,4 | 21,3 | 16,8 | 15,4 | 17,9 | 15,6 | 17,5 | 18,3 | 14,6 | 20,7 | 18,3 | 20,3 | 16,7 | 17,6 |
| RB966201 | G26 | 19,4 | 15,6 | 27,5 | 18,6 | 17,5 | 18,3 | 16,0 | 20,7 | 13,5 | 12,3 | 21,5 | 20,3 | 22,9 | 16,8 | 18,6 |
| RB966221 | G27 | 14,3 | 22,5 | 17,5 | 16,4 | 14,2 | 17,3 | 14,9 | 12,3 | 14,2 | 8,1 | 20,3 | 16,5 | 17,8 | 13,2 | 15,7 |
| RB966237 | G28 | 18,4 | 18,9 | 22,2 | 16,0 | 16,3 | 18,4 | 14,2 | 16,6 | 19,3 | 14,5 | 21,7 | 17,3 | 19,3 | 15,7 | 17,8 |
| Médias | — | 16,3 | 18,9 | 25 | 15,3 | 18,2 | 19,1 | 16,5 | 18,6 | 15,7 | 12,5 | 23 | 18,8 | 21,8 | 17 | 18,32 |
| CV (%) | — | 11,1 | 11,3 | 5,4 | 8,5 | 8,6 | 5,6 | 8,7 | 11,1 | 7,3 | 7,4 | 6,2 | 4,9 | 4,4 | 5,8 | — |

¹ Relação dos ambientes e suas identificações simbólicas: A1 - Anicuns, 1º corte; A2 - Anicuns, 2º corte; A3 - Cooper-Rubi, 1º corte; A4 - Cooper-Rubi, 2º corte; A5 - Denusa, 1º corte; A6 - Denusa, 2º corte; A7 - Goiasa, 1º corte; A8 - Goiasa, 2º corte; A9 - Jalles Machado, 1º corte; A10 - Jalles Machado, 2º corte; A11 - Santa Helena, 1º corte da fazenda Jenipapo; A12 - Santa Helena, 2º corte da fazenda Jenipapo; A13 - Santa Helena, 1º corte da fazenda Juca Italiano; A14 - Santa Helena, 2º corte da fazenda Juca Italiano.

Tabela 5. Médias da porcentagem de fibra na cana (fibra%) de 26 clones experimentais e 2 variedades de cana-de-açúcar, nos 14 ambientes (A1, A2,..., A14) de tese no Estado de Goiás (2006/2007).

| Genótipos | | A1 | A2 | A3 | A4 | A5 | A6 | A7 | A8 | A9 | A10 | A11 | A12 | A13 | A14 | Médias |
|---------------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------|
| RB72454 (T) | G1 | 11,4 | 12,4 | 11,8 | 12,5 | 13,1 | 13 | 12,1 | 13,6 | 10,6 | 13,2 | 11,3 | 10,1 | 10,1 | 10,4 | 11,8 |
| RB835486 (T) | G2 | 13,2 | 13,1 | 11,8 | 12,6 | 13,0 | 12,8 | 13,1 | 12,0 | 11,1 | 13,4 | 12,2 | 10,4 | 11,7 | 10,3 | 12,2 |
| RB955401 | G3 | 13,5 | 11,9 | 12,6 | 13,0 | 13,5 | 13,4 | 13,0 | 12,8 | 11,3 | 13,6 | 11,9 | 11,1 | 11,5 | 11,7 | 12,5 |
| RB955463 | G4 | 14,6 | 13,2 | 13,1 | 13,2 | 14,0 | 13,7 | 14,1 | 13,9 | 11,1 | 13,5 | 12,7 | 10,3 | 11,5 | 11,4 | 12,9 |
| RB955469 | G5 | 13,5 | 11,8 | 11,6 | 12,8 | 12,8 | 13,6 | 13,2 | 12,3 | 11,3 | 11,9 | 11,4 | 11,0 | 11,1 | 11,7 | 12,1 |
| RB955470 | G6 | 14,6 | 12,1 | 11,5 | 12,5 | 12,2 | 13,8 | 13,7 | 12,3 | 9,9 | 12,4 | 11,1 | 10,5 | 10,9 | 10,9 | 12,0 |
| RB965517 | G7 | 12,0 | 13,0 | 13,0 | 12,2 | 13,3 | 13,3 | 13,3 | 12,3 | 11,2 | 13,1 | 11,9 | 10,6 | 11,7 | 11,3 | 12,3 |
| RB965518 | G8 | 13,2 | 14,2 | 12,7 | 12,5 | 13,8 | 13,1 | 12,5 | 13,4 | 10,0 | 12,6 | 11,5 | 10,4 | 11,9 | 11,1 | 12,3 |
| RB965550 | G9 | 13,1 | 12,2 | 11,4 | 12,2 | 13,2 | 13,1 | 13,0 | 13,3 | 10,5 | 13,4 | 11,5 | 11,4 | 11,0 | 10,6 | 12,1 |
| RB965560 | G10 | 14,9 | 11,5 | 11,7 | 12,4 | 15,3 | 12,5 | 12,9 | 12,0 | 10,1 | 12,5 | 10,9 | 10,4 | 10,6 | 11,0 | 12,1 |
| RB965564 | G11 | 12,1 | 12,0 | 12,2 | 12,6 | 13,2 | 13,5 | 11,2 | 12,0 | 10,4 | 12,8 | 11,6 | 11,3 | 11,2 | 10,9 | 11,9 |
| RB965571 | G12 | 13,3 | 11,6 | 13,4 | 12,2 | 15,6 | 15,2 | 13,9 | 14,2 | 12,2 | 12,4 | 13,4 | 11,2 | 13,1 | 12,1 | 13,1 |
| RB965578 | G13 | 12,6 | 13,6 | 13,2 | 13,5 | 13,9 | 14,6 | 13,7 | 12,0 | 11,5 | 13,9 | 11,8 | 11,0 | 11,7 | 12,0 | 12,8 |
| RB965581 | G14 | 13,0 | 12,8 | 12,1 | 13,5 | 13,4 | 13,0 | 14,0 | 12,1 | 9,82 | 13,1 | 12,1 | 11,1 | 11,7 | 11,0 | 12,3 |
| RB965593 | G15 | 12,8 | 11,9 | 13,6 | 12,8 | 13,0 | 13,4 | 14,2 | 13,1 | 10,8 | 13,7 | 12,7 | 10,8 | 13,1 | 11,8 | 12,7 |
| RB965602 | G16 | 12,1 | 12,4 | 12,1 | 12,1 | 13,0 | 12,0 | 12,6 | 12,2 | 10,9 | 12,6 | 10,9 | 10,1 | 11,1 | 10,7 | 11,8 |
| RB965617 | G17 | 12,1 | 14,6 | 11,6 | 12,0 | 12,8 | 13,0 | 12,6 | 12,7 | 10,3 | 13,6 | 12,0 | 10,1 | 11,1 | 10,7 | 12,1 |
| RB965624 | G18 | 13,0 | 12,7 | 13,0 | 12,2 | 13,8 | 13,7 | 13,2 | 12,5 | 11,1 | 12,9 | 11,9 | 10,3 | 11,6 | 11,2 | 12,4 |
| RB965625 | G19 | 13,1 | 12,0 | 12,4 | 12,4 | 13,2 | 12,7 | 13,4 | 12,5 | 10,8 | 14,3 | 11,3 | 9,8 | 10,8 | 10,2 | 12,1 |
| RB965658 | G20 | 11,4 | 13,2 | 12,7 | 12,4 | 12,4 | 12,2 | 12,2 | 13,3 | 11,2 | 12,8 | 10,8 | 10,1 | 10,8 | 10,2 | 11,8 |
| RB965676 | G21 | 12,0 | 12,7 | 12,1 | 12,0 | 13,9 | 14,4 | 12,5 | 11,4 | 10,7 | 12,4 | 11,5 | 9,9 | 11,1 | 10,5 | 11,9 |
| RB965699 | G22 | 12,0 | 11,1 | 11,5 | 11,4 | 12,2 | 12,2 | 12,4 | 12,3 | 10,7 | 11,5 | 11,6 | 10,2 | 10,9 | 10,1 | 11,4 |
| RB965731 | G23 | 12,8 | 12,9 | 12,2 | 11,5 | 12,8 | 11,5 | 12,0 | 12,4 | 9,95 | 13,2 | 10,5 | 9,4 | 10,2 | 9,65 | 11,5 |
| RB965741 | G24 | 13,4 | 12,1 | 10,9 | 11,8 | 12,7 | 11,5 | 12,0 | 12,4 | 10,6 | 12,8 | 10,7 | 10,2 | 10,8 | 9,82 | 11,6 |
| RB965743 | G25 | 13,4 | 12,7 | 13,0 | 12,0 | 13,2 | 14,1 | 13,4 | 13,2 | 12,3 | 12,8 | 12,4 | 10,5 | 12,4 | 11,1 | 12,6 |
| RB966201 | G26 | 12,6 | 13,7 | 11,6 | 11,7 | 13,8 | 13,0 | 13,2 | 12,3 | 10,8 | 13,7 | 12,4 | 10,2 | 12,2 | 11,2 | 12,3 |
| RB966221 | G27 | 12,9 | 11,9 | 12,5 | 13,9 | 13,7 | 13,1 | 12,9 | 12,7 | 11,2 | 12,7 | 11,8 | 10,3 | 12,2 | 11,0 | 12,3 |
| RB966237 | G28 | 11,9 | 11,7 | 12,7 | 12,1 | 13,5 | 12,2 | 13,0 | 13,7 | 11,9 | 13,6 | 11,4 | 10,0 | 11,8 | 10,9 | 12,2 |
| Médias | — | 12,9 | 12,5 | 12,3 | 12,4 | 13,4 | 13,1 | 13,0 | 12,7 | 10,9 | 13,0 | 11,7 | 10,4 | 11,4 | 10,9 | 12,18 |
| CV (%) | — | 11,1 | 11,3 | 5,4 | 8,5 | 8,6 | 5,6 | 8,7 | 11,1 | 7,2 | 7,4 | 6,2 | 5,5 | 4,4 | 5,9 | — |

¹ Relação dos ambientes e suas identificações simbólicas: A1 - Anicuns, 1º corte; A2 - Anicuns, 2º corte; A3 - Cooper-Rubi, 1º corte; A4 - Cooper-Rubi, 2º corte; A5 - Denusa, 1º corte; A6 - Denusa, 2º corte; A7 - Goiasa, 1º corte; A8 - Goiasa, 2º corte; A9 - Jalles Machado, 1º corte; A10 - Jalles Machado, 2º corte; A11 - Santa Helena, 1º corte da fazenda Jenipapo; A12 - Santa Helena, 2º corte da Fazenda Jenipapo; A13 - Santa Helena, 1º corte da fazenda Juca Italiano; A14 - Santa Helena, 2º corte da fazenda Juca Italiano.

4.2 ANÁLISE CONJUNTA DE VARIÂNCIA

Na análise conjunta da variância, associada à decomposição multiplicativa (AMMI) dos efeitos da interação GxA (Tabelas 6, 7 e 8), detectaram-se efeitos significativos de locais, de genótipos e da interação GxA clássica, ou seja, os genótipos sofreram influências diferenciadas dos ambientes, indicando especificidades adaptativas de certos genótipos a ambientes particulares. É necessário, portanto, uma análise mais detalhada dessa interação, de modo que esta possa ser controlada e não interfira negativamente na recomendação (Oliveira et al., 2003).

A diferenciação significativa observada (teste F a 1% de probabilidade) entre os genótipos revela a presença de variabilidade genética para todas as características avaliadas. Além disso, tanto para o caráter produtividade (TCH) quanto para POL% e fibra%, os efeitos de ambiente foram responsáveis pela maior parte da variação expressa nos quadrados médios (Tabelas 6, 7 e 8), seguido dos efeitos de genótipos e, por último, pelos efeitos da interação GxA. Essa análise reflete a importância relativa do ambiente de produção em cana-de-açúcar, bem como a heterogeneidade do material genético estudado e as possibilidades de identificação de materiais promissores em função de suas adaptabilidades, seja para toda a região amostrada pelos ensaios, seja para sub-regiões específicas dentro dessa região.

Landell et al. (1999), avaliando genótipos de cana-de-açúcar, observaram que o componente de variância genótipo x ambiente, para a característica TCH, é elevado, o que confirma a resposta específica de genótipos a ambientes diferenciados, com variações consideráveis desta resposta à mudança de ambientes. Notaram também que o efeito de ambiente é significativo, indicando que o critério por eles adotado para a escolha de locais de teste atendeu ao objetivo de submeter os genótipos a ambientes distintos, fato que se assemelha aos resultados obtidos no presente estudo.

Tabela 6. Análise conjunta de variância da produtividade de cana por hectare (TCH) de 26 clones experimentais e 2 variedades de cana-de-açúcar no Estado de Goiás (2006/2007).

| Fonte de Variação | GL | SQ | QM | F | Pr > F |
|-------------------|-----|------------|-----------|--------|----------|
| Bloco/Ambiente | 32 | 25.293,79 | 790,43 | 3,68 | < 0,0001 |
| Ambiente (A) | 13 | 465.761,88 | 35.827,84 | 166,96 | < 0,0001 |
| Genótipo (G) | 27 | 71.824,84 | 2.660,18 | 12,4 | < 0,0001 |
| Interação GxA | 349 | 138.888,38 | 397,96 | 1,85 | < 0,0001 |
| Erro médio | 906 | 194.417,72 | 214,59 | – | – |

Tabela 7. Análise conjunta de variância da porcentagem de Pol por tonelada (POL%), de 26 clones experimentais e 2 variedades de cana-de-açúcar no Estado de Goiás (2006/2007).

| Fonte de Variação | GL | SQ | QM | F | Pr > F |
|-------------------|-----|-----------|--------|--------|----------|
| Bloco/Ambiente | 32 | 690,59 | 21,58 | 3,14 | < 0,0001 |
| Ambiente (A) | 13 | 11.324,59 | 871,12 | 126,79 | < 0,0001 |
| Genótipo (G) | 27 | 1.852,84 | 68,62 | 9,99 | < 0,0001 |
| Interação GxA | 351 | 4.149,48 | 11,82 | 1,72 | < 0,0001 |
| Erro médio | 869 | 5.970,31 | 6,87 | – | – |

Tabela 8. Análise conjunta de variância da porcentagem de fibra por tonelada (fibra%) de 26 clones experimentais e 2 variedades de cana-de-açúcar no Estado de Goiás (2006/2007).

| Fonte de Variação | GL | SQ | QM | F | Pr > F |
|-------------------|-----|----------|-------|------|----------|
| Bloco/Ambiente | 32 | 55,27 | 1,72 | 1,85 | 0,0032 |
| Ambiente (A) | 13 | 1.111,62 | 85,51 | 91,4 | < 0,0001 |
| Genótipo (G) | 27 | 197,49 | 7,31 | 7,82 | < 0,0001 |
| Interação GxA | 351 | 410,38 | 1,17 | 1,25 | 0,0055 |
| Erro médio | 878 | 821,42 | 0,93 | – | – |

Os estudos em cana-de-açúcar realizados por Landell et al. (1999) e Bressiani (2001) revelaram valores de variância maiores para TCH do que para as variáveis POL% e fibra%, concordando, assim, com os resultados das análises do presente trabalho, bem como com os obtidos por Raizer & Vencovsky (1999), quando estimaram a estabilidade de novos clones de cana-de-açúcar e obtiveram altas significâncias dos efeitos genéticos e ambientais, além de caracterizarem a existência de interação GxA.

4.3 ANÁLISE AMMI

Em concordância com a aplicação da análise AMMI, a interação GxA original pôde ser decomposta em 13 componentes (posto da matriz GA), dos quais os três primeiros termos (IPCA1, IPCA2 e IPCA3) foram julgados como significativos para as variáveis TCH e POL%, e apenas o primeiro termo (IPCA1), para a variável fibra%. A definição dos números de eixos principais retidos para explicar a interação GxA, neste estudo, baseou-se nos testes F de Gollob (1968) e de Cornelius et al. (1992), ou seja, na significância da variação associada a cada eixo e concomitante não significância de seus respectivos resíduos. Assim, para cada variável, foi escolhido o primeiro modelo AMMI cujo eixo principal fosse significativo (1% de probabilidade) e, simultaneamente, apresentasse resíduo (ruído) não significativo (Tabelas 9, 10 e 11). A adoção destes modelos permitiu explicar 58,31% da SQ_{GxA} para a variável produtividade (TCH), 55,10% para a variável porcentagem de pol (POL%) e 22,81% para porcentagem de fibra.

Tabela 9. Análise de variância com desdobramento da interação original GxA pelo modelo AMMI (médias) para toneladas de cana-de-açúcar (TCH).

| Fonte de Variação | GL | SQ | QM | F | Pr > F |
|---------------------------|-----|-----------|--------|-------|---------|
| Interação GxA | 351 | 45.608,15 | 129,93 | – | – |
| IPCA1 (padrão) | 39 | 11.514,68 | 295,33 | 4,416 | < 0,001 |
| Resíduo AMMI1 | 312 | 34.094,83 | 109,26 | 1,634 | < 0,001 |
| IPCA2 (padrão) | 37 | 9.124,02 | 246,60 | 3,687 | < 0,001 |
| Resíduo AMMI2 | 275 | 24.966,42 | 90,79 | 1,357 | < 0,001 |
| IPCA3 (padrão) | 35 | 5.955,91 | 170,17 | 2,544 | < 0,001 |
| Resíduo AMMI3 (ruído) | 24 | 1.901,04 | 79,21 | 1,184 | 0,045 |
| Erro médio/r ¹ | 906 | – | 66,88 | – | – |

¹ O número médio de repetições no grupo de experimentos foi 3,2 (determinado pela média harmônica do número de repetições dentro de cada ambiente).

Tabela 10. Análise de variância com desdobramento da interação original GxA pelo modelo AMMI (médias) para porcentagem de Pol por tonelada de cana-de-açúcar (POL%).

| Fonte de Variação | GL | SQ | QM | F | Pr > F |
|---------------------------|-----|----------|--------|--------|---------|
| Interação GxA | 351 | 1.380,41 | 3,9328 | – | – |
| IPCA1 (padrão) | 39 | 361,53 | 9,2756 | 4,2321 | < 0,001 |
| Resíduo AMMI1 | 312 | 1.017,12 | 3,2649 | 1,4896 | < 0,001 |
| IPCA2 (padrão) | 37 | 207,11 | 5,5976 | 2,550 | < 0,001 |
| Resíduo AMMI2 | 275 | 811,55 | 2,9511 | 1,34 | < 0,001 |
| IPCA3 (padrão) | 35 | 191,84 | 5,481 | 2,5 | < 0,001 |
| Resíduo AMMI3 | 240 | 619,73 | 2,5822 | 1,17 | 0,051 |
| Erro médio/r ¹ | 869 | – | 2,1918 | – | – |

¹ O número médio de repetições no grupo de experimentos foi 3,13 (determinado pela média harmônica do número de repetições dentro de cada ambiente).

Tabela 11. Análise de variância com desdobramento da interação original GxA pelo modelo AMMI (médias) para porcentagem e fibra por tonelada de cana-de-açúcar (fibra%).

| Fonte de Variação | GL | SQ | QM | F | Pr > F |
|---------------------------|-----|---------|--------|--------|---------|
| Interação GxA | 351 | 129,872 | 0,3677 | – | – |
| IPCA1 (padrão) | 39 | 29,45 | 0,7551 | 2,5429 | < 0,001 |
| Resíduo AMMI1 (ruído) | 312 | 99,84 | 0,3194 | 1,0754 | 0,2121 |
| Erro médio/r ¹ | 878 | – | 0,297 | – | – |

¹ O número médio repetições no grupo de experimentos foi 3,13 (determinado pela média harmônica do número de repetições dentro de cada ambiente).

De acordo com Gauch (1988), uma das premissas da análise AMMI é a de que nos primeiros eixos concentra-se maior porcentagem de “padrão”. Assim, à medida que se eleva o número de eixos selecionados, aumenta-se a porcentagem de “ruído”, o que pode reduzir o poder de predição da análise AMMI. Por essa razão não se adotou exclusivamente o teste F de Gollob (1968), bem como o nível de significância tradicional de 5% de probabilidade, que, quase sempre, levam à seleção de maior número de eixos principais. Segundo Oliveira et al. (2003), essa tem sido uma tendência clara na literatura atual sobre análise AMMI, buscando por modelos parcimoniosos e, sobretudo, de melhor capacidade preditiva.

Nas Figuras 1 e 2 estão representados os primeiros planos principais do *biplot* com a dispersão dos genótipos e dos ambientes, resultante da aplicação do modelo escolhido (AMMI3) para os dados de TCH. Nesses gráficos, o eixo das abscissas representa o primeiro eixo da interação (IPCA1), e o eixo de ordenadas, o segundo (Figura 1) ou o terceiro (Figura 2) eixos de interação, isto é, IPCA2 e IPCA3, respectivamente.

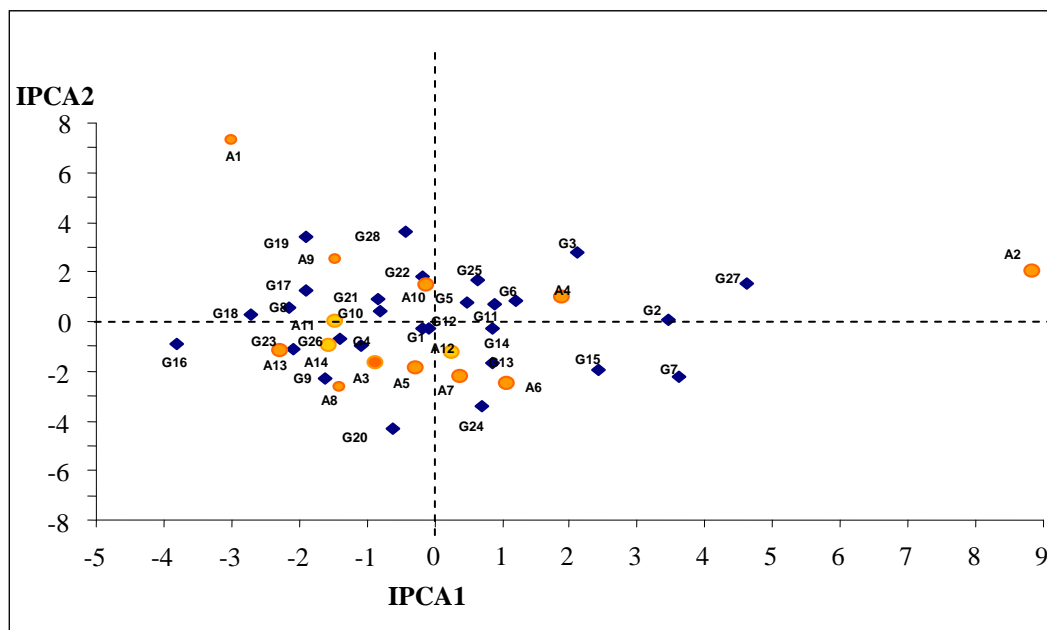


Figura 1. Primeiro plano principal do *biplot* AMMI3 para dados de produtividade (TCH) de 26 clones experimentais e 2 variedades comerciais de cana-de-açúcar, avaliados em 14 ambientes no Estado de Goiás (2006/2007).

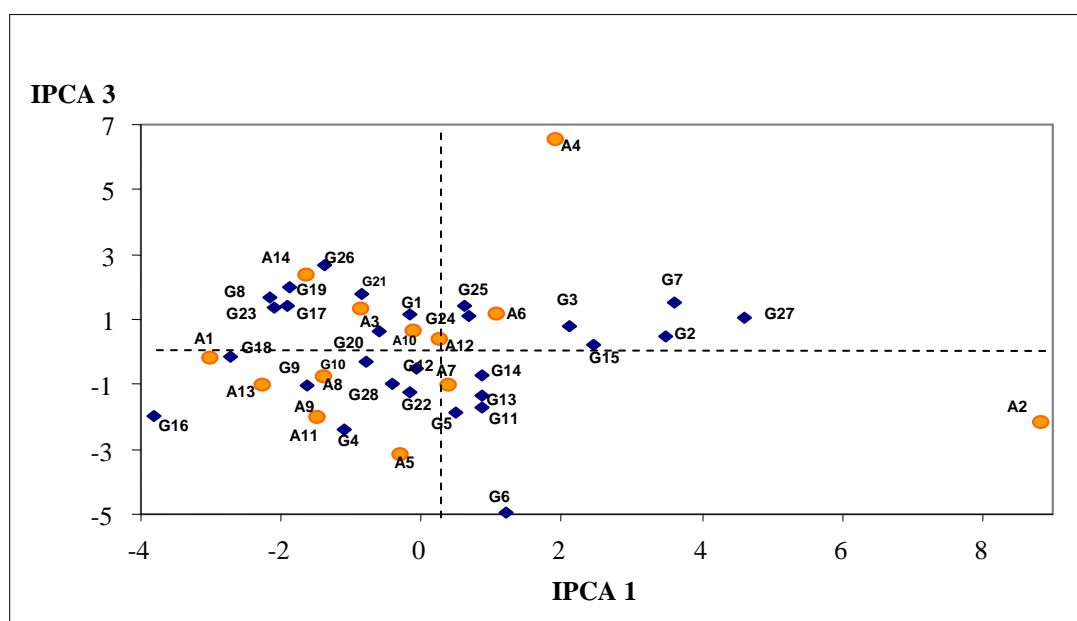


Figura 2. Segundo plano principal do *biplot* AMMI3 para dados de produtividade (TCH) de 26 clones experimentais e 2 variedades comerciais de cana-de-açúcar, avaliados em 14 ambientes no Estado de Goiás (2006/2007).

A maioria dos genótipos se comportou de forma similar, com produtividades próximas à média (114,2 TCH), com desempenho esperado em variáveis contínuas e com

algumas variações causadas por interações específicas, devido à influência ambiental, como relata Chaves (2001). Os genótipos G16 (RB965602) e G20 (RB965658) obtiveram as maiores médias de produtividade, alcançando 130,6 t/ha e 129,1 t/ha, respectivamente (Tabela 3); maiores até mesmo que a média encontrada por Landell et al. (1995), embora inferior à média relatada por Camargo et al. (1992) em pesquisas similares, também testando novos genótipos de cana-de-açúcar. Entre estes genótipos, o clone RB965602 foi o mais produtivo em 5 dos 14 ambientes (A1, A5, A6, A11 e A13), os quais correspondem aos locais Anicuns (1º corte), Denusa (1º e 2º cortes) e Santa Helena (1º corte), nos ensaios das fazendas Jenipapo (1º corte) e Juca Italiano (1º corte). O genótipo ficou entre os mais produtivos também nos ambientes A12 (fazenda Jenipapo, 2º corte) e A14 (fazenda Juca Italiano, 2º corte). Apesar disso, este não pode ser considerado um clone estável, devido ao seu distanciamento em relação ao centro do *biplot* (Figuras 1 e 2). Isso revela sua grande contribuição neste caráter para a interação GxA, decorrente do fato de haver muita discrepância entre suas médias de produtividade nos diferentes ambientes (a menor de 79,7 t/ha, no 2º corte na usina Jalles Machado, em Goianésia, e a maior de 176,0 t/ha, no 1º corte na fazenda Jenipapo, em Santa Helena). Já o clone RB965658 (genótipo G20) aparece no *biplot* como um dos mais estáveis (baixo escore para os eixos de interação), tendo pequena contribuição relativa para a interação GxA, em TCH.

Analisando os gráficos associados ao *biplot* AMMI3 (Figuras 1 e 2), constatam-se também algumas interações específicas e positivas em TCH, por exemplo, entre o genótipo G9 (RB965550) e o ambiente A9 (Jalles Machado, 1º corte), bem como entre o genótipo G21 (RB965676) e o ambiente A3 (Cooper-Rubi, 1º corte). Ambos os genótipos apresentaram produtividades médias (119,3 t/ha e 126,6 t/ha, respectivamente) acima da média geral dos ensaios, 114,2 t/ha (Tabela 3). Também interagiram positivamente os genótipos RB835486 (G2) e RB 966221 (G27) com o ambiente A2 (Anicuns, 2º corte), e o genótipo RB965602 (G16) com o A13 (fazenda Juca Italiano, 1º corte).

O ambiente A2 (Anicuns, 2º corte) alcançou os maiores escores de interação no *biplot* AMMI, tendo sido também o ambiente em que os genótipos tiveram os valores de produtividade mais variados, o que oscilou entre 83,6 t/ha e 141,0 t/ha. Assim, foi o ambiente que mais contribuiu para a interação GxA em TCH, indicando que a classificação genotípica neste ambiente não deve estar correlacionada com a classificação média para este caráter nos outros ambientes de teste. Entre os clones com os menores rendimentos em

TCH, estiveram RB966221 (G27) e RB965625 (G19). O comportamento do primeiro deles (G27) foi reincidente em 6 dos 14 ambientes, com as menores produtividades médias nos ambientes A3 (Cooper-Rubi, 1º corte), A8 (Goiasa, 2º corte), A9 e A10 (Jalles Machado, 1º e 2º cortes, respectivamente), A12 (Jenipapo, 2º corte) e A13 (Juca Italiano, 1º corte). No entanto, este genótipo foi o segundo mais produtivo no ambiente A2 (Anicuns, 2º corte), com 137,9 t/ha, ficando abaixo apenas do clone G2 (RB835486), com 141,0 t/ha (Tabela 3 e Figuras 1 e 2). Esse fato revela tipicamente a presença de interação GxA do tipo complexa ou cruzada, responsável pelas inversões de ordenamento dos genótipos nos diferentes ambientes e, conseqüentemente, pelas adaptações específicas de produtividade. Por essa razão, tal combinação de genótipo e ambiente (G27 e A2), caracterizada como uma adaptação específica, foi uma das que mais contribuiu para a interação GxA em TCH neste estudo.

O ambiente A10, representado por área na usina Jalles Machado (2º corte), demonstrou ser o menos produtivo, com produtividade média de 80,3 t/ha. Este resultado, de certa forma, confirmou o que já se esperava, pois, nessa unidade produtora, encontram-se solos mais pobres (mais ácidos e menos férteis) e um dos piores regimes de chuva do Estado de Goiás, o que seguramente contribuiu para o baixo desempenho produtivo observado. Segundo o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2007), a precipitação pluvial média nessa região é de aproximadamente 1.500 mm/ano, distribuídos, especialmente, entre os meses de novembro e abril, enquanto a média para as outras regiões amostradas situa-se em torno de 1.800 mm/ano e com melhor distribuição ao longo do ano (outubro a março).

Como a disponibilidade de água no solo governa a produção vegetal, sua falta ou excesso afetam de maneira decisiva o desenvolvimento das plantas (Reichardt, 1996), pois alteram a absorção dos nutrientes e da própria água (Humbret, 1968). A cana-de-açúcar apresenta elevado consumo de água, necessitando de 250 partes de água para formar uma parte de matéria seca na planta (Dillewijn, 1952).

De forma geral, os ambientes contribuíram substancialmente para a interação GxA, com exceção de A10 (Jalles Machado, 2º corte) e A12 (fazenda Jenipapo, 2º corte), que, apesar de não terem produzido grandes rendimentos, foram os que se comportaram de maneira mais estável. Isso pode ser observado nas Figuras 1 e 2, em que os pontos associados a estes ambientes situam-se na parte mais central do *biplot*. Os ambientes A11 (fazenda Jenipapo, 1º corte) e A13 (fazenda Juca Italiano, 1º corte), ambos em Santa

Helena, foram os de melhor desempenho, alcançando 146,2 t/ha e 139,2 t/ha, respectivamente, e demonstrando que são os mais favoráveis para atingir as maiores produtividades da cultura. Isso também confirmou o que já se esperava, pois esses ambientes encontram-se no Sudoeste goiano, região de solos férteis, ocupada há anos com culturas nobres, como a soja e o algodão. Ademais, como já reportado anteriormente, nesta região há também um regime de chuvas relativamente mais favorável à cultura da cana-de-açúcar, com melhor distribuição entre outubro e março. A colheita nestes ambientes foi feita 18 meses após o plantio da cana-planta, o que permitiu completo crescimento e desenvolvimento do canavial, resultando, provavelmente por isso, nas maiores produtividades.

A instabilidade e as diferenças edafoclimáticas existentes entre os ambientes e a ocorrência de tamanhas interações específicas, de maneira geral, dificultam a escolha de um local-chave para o plantio experimental de novos genótipos, pois, segundo Chaves (2001), para que um dado genótipo, ou conjunto de genótipos, seja reconhecido como variedade comercial, deverá ter passado por avaliações em diversas condições ambientais, de forma a se ter mais segurança quanto ao seu desempenho.

Nas Figuras 3 e 4 estão representados os primeiros planos principais do *biplot* com a dispersão dos genótipos e dos ambientes, resultante da aplicação do modelo escolhido (AMMI3), para os dados de POL%. Nesses gráficos, o eixo das abscissas representa o primeiro eixo da interação (IPCA1), e o eixo de ordenadas, o segundo ou o terceiro eixos de interação (IPCA2 e IPCA3, respectivamente).

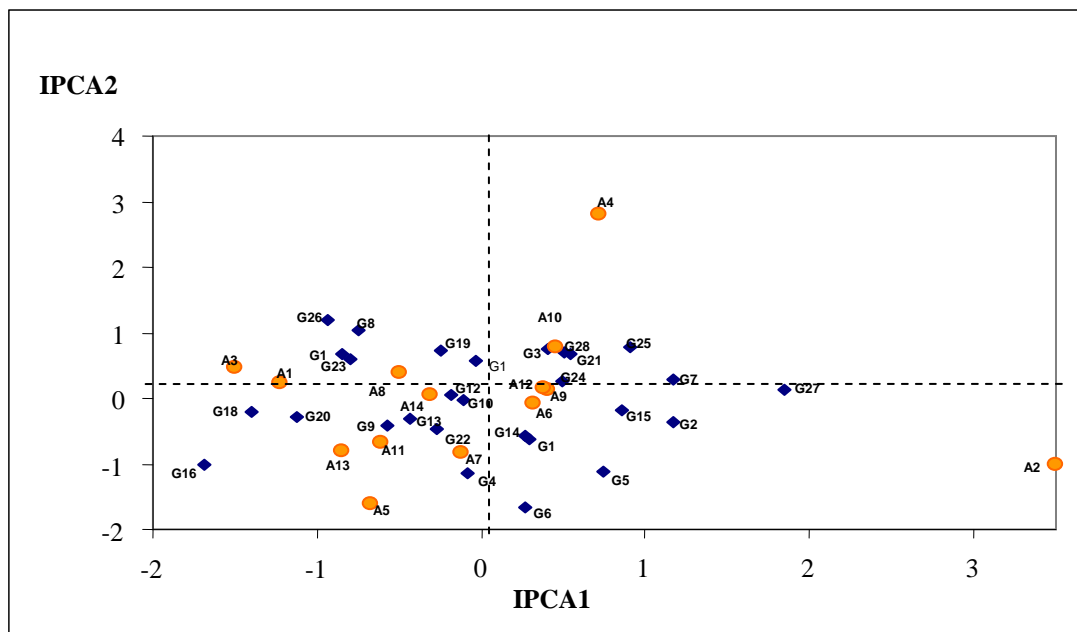


Figura 3. Primeiro plano principal do *biplot* AMMI3 para dados de porcentagem de Pol por tonelada de cana-de-açúcar, de 26 clones experimentais e 2 variedades comerciais, avaliados em 14 ambientes no Estado de Goiás (2006/2007).

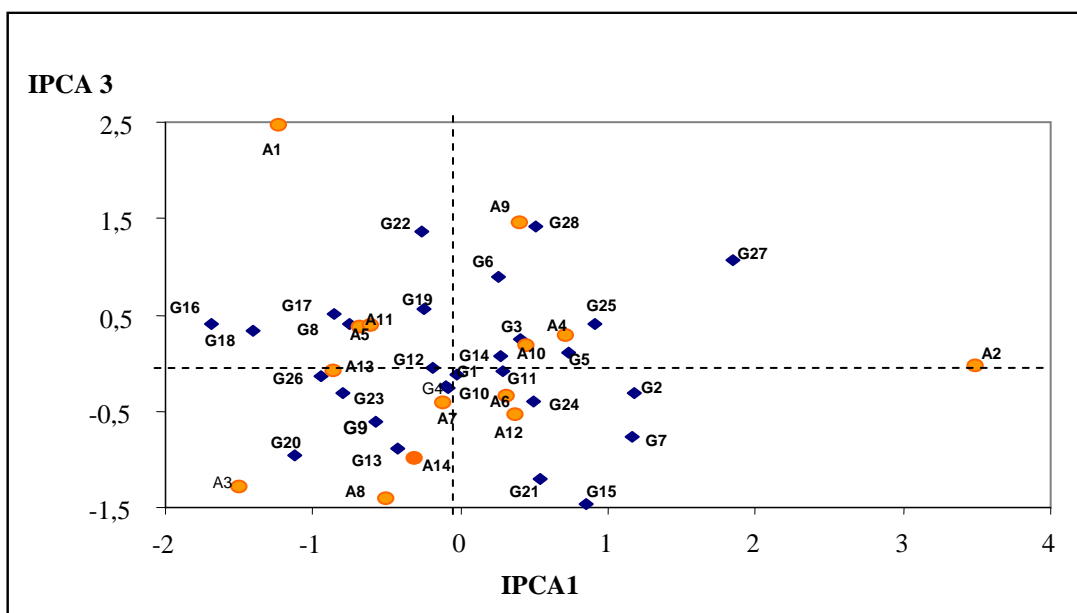


Figura 4. Segundo plano principal do *biplot* AMMI3 para dados de porcentagem de Pol por tonelada de cana-de-açúcar, de 26 clones experimentais e 2 variedades comerciais, avaliados em 14 ambientes no Estado de Goiás (2006/2007).

Segundo Brieger (1968) e Leme Júnior (1970), citados por Serra et al. (1972), para uma qualidade de maturação adequada, a cana-de-açúcar deve apresentar o valor mínimo de POL% de 16%. O clone RB966221 (genótipo G27) foi o que apresentou a

menor porcentagem média de Pol (POL%), entre todos os genótipos avaliados, com apenas 15,7% (Tabela 4). Isso pode significar que este, talvez, seja um genótipo para final de safra, pois demorará mais para atingir a maturidade de colheita. Esse valor, entretanto, mostrou-se maior que a média mínima para essa característica, encontrada por Camargo et al. (1992). O comportamento desse genótipo, como a pior média, repetiu-se em cinco ambientes A3 (Cooper-Rubi, 1º corte), A8 (Goiasa, 2º corte), A10 (Jalles Machado, 2º corte), A11 e A13 (fazenda Jenipapo, 1º corte, e Juca Italiano, 2º corte, respectivamente).

Segundo Vieira et al. (2003), a variação de resultados encontrados dentro do mesmo ambiente, no início e final de safra, demonstra que há a necessidade de se avaliar os genótipos em épocas diferentes, para indicar os materiais mais adequados a cada situação (precoce, médio e tardio). A variedade RB835486 (G2) e o clone RB966221 (G27), apesar de não terem sido os de menores médias, obtiveram baixos índices POL% nos ambientes A3 (Cooper-Rubi, 1º corte) e A1 (Anicuns, 1º corte), e, analisando os gráficos do *biplot* AMMI3 (Figuras 3 e 4), observam-se interações negativas entre eles.

Os genótipos RB965658 (G20) e RB965602 (G16) obtiveram os maiores percentuais médios de Pol, 20,7% e 20,6%, respectivamente (Tabela 4), valores bastante superiores ao da maior média de porcentagem de Pol, 15,46%, relatada por Camargo et al. (1992). O genótipo G16 obteve a maior média, entre os 28 genótipos, em três ambientes, A5 (Denusa, 1º corte), A11 (fazenda Jenipapo, 1º corte) e A13 (fazenda Juca Italiano, 1º corte), e esteve entre os cinco primeiros em outros três: A1 (Anicuns, 1º corte), A3 (Cooper-Rubi, 1º corte) e A6 (Denusa, 2º corte). Isso mostra sua boa adaptabilidade a esses ambientes (Figuras 3 e 4), sobretudo nos ensaios conduzidos nas usinas Denusa e Santa Helena. Coincidentemente, o clone repetiu, para este caráter, o comportamento que manifestou para TCH, isto é, o genótipo conseguiu também as maiores médias de produtividade nesses ambientes. E como para as usinas o mais importante é a quantidade de sacarose produzida, o plantio de genótipos adaptados torna-se interessante para essas unidades produtoras e para outras que venham a se instalar na região Sudoeste do Estado de Goiás. Isso porque a alta produtividade média de cana-de-açúcar, aliada à elevada porcentagem de Pol, resulta em alta produção de açúcar e álcool para as usinas. É o que também acontece com o clone RB965658 (genótipo G20), nas unidades Cooper-Rubi (A3) e Goiás (A8), onde mostrou boa adaptação em TCH e POL%. Estas adaptações específicas também são confirmadas no *biplot* desta variável (Figuras 3 e 4), no qual os

pontos associados aos ambientes A3 e A8 encontram próximos ao ponto representativo deste genótipo (G20).

A variedade testemunha RB72454 (G1) obteve média de POL% superior à outra variedade testemunha avaliada, RB835486 (G2). Esse comportamento, de certa forma, já era previsto, pois a variedade RB835486 é mais indicada para o final de safra, devido à sua maturação tardia. Isso porque as avaliações foram feitas entre os meses de março e agosto, e a variedade RB835486 deve ser colhida em novembro, quando alcança a sua maturação ideal para a colheita. Pôde-se observar ainda como a variedade RB835486 mostrou-se bem adaptada às condições ambientais amostradas na usina Anicuns, onde alcançou a maior produtividade média (Tabela 3) e a maior porcentagem de Pol (Tabela 4), o que foi confirmado também em ambos *biplots* AMMI (Figuras 1 a 4). Esse fato talvez explique porque esta variedade é tão bem aceita e amplamente cultivada nessa região.

Raizer & Vencovsky (1999) relatam que a porcentagem de açúcar (POL%) das variedades, de maneira geral, está linearmente relacionada com a melhoria ambiental. Nesse sentido, observou-se que o ambiente A10 (Jalles Machado, 2º corte) resultou no pior desempenho, com média de 12,5% de Pol por tonelada de cana-de-açúcar. Porém, esse desempenho talvez possa ser explicado pela colheita antecipada que foi realizada no canavial, antes que a cana completasse 12 meses, após o primeiro corte. Já o ambiente que mostrou o melhor desempenho neste caráter foi A3 (Cooper-Rubi, 1º corte), com 25,0% de Pol na cana. Isso provavelmente se deve ao fato de que a colheita, neste local, foi realizada 18 meses após o plantio, o que permitiu a maturação completa do canavial. Conforme já comentado, o clone RB965658 (G20) revelou interação positiva com esse ambiente em termos de POL%, alcançando a maior média observada, 31,7%. A interação positiva mostrada entre o genótipo RB 966221 (G27) e o ambiente A2 (Anicuns, 2º corte), identificada para TCH e que caracteriza um nicho ambiental de adaptação específica deste genótipo, também foi confirmada para a variável POL% (Figuras 1 a 4).

No que tange ao caráter porcentagem de fibra, a análise da interação GxA levou à seleção do modelo com apenas um eixo principal de interação (AMMI1), cuja representação *biplot* dos genótipos e ambientes é mostrada na Figura 5. Nesse gráfico, os eixos das abscissas representam as médias genotípicas e ambientais para o caráter, e o eixo das ordenadas, o padrão da interação dos genótipos com os ambientes (IPCA1).

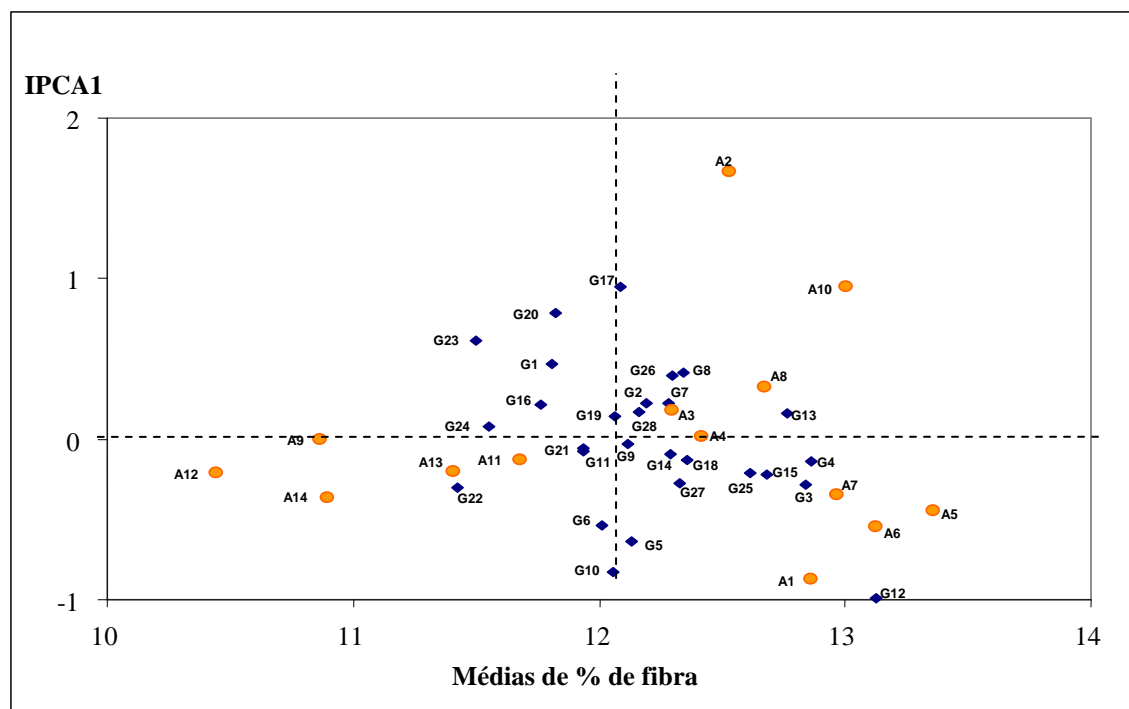


Figura 5. Biplot AMMI1 para dados de porcentagem de fibra por tonelada de cana-de-açúcar, de 26 genótipos experimentais e 2 variedades comerciais, avaliados em 14 ambientes no Estado de Goiás (2006/2007).

A porcentagem de fibra é um caráter, atualmente, de grande importância para o balanço energético das usinas, para a extração do caldo da cana e que está também relacionado à resistência da cana (preferência) à broca da cana-de-açúcar (*Diatraea saccharalis*). Korndörfer et al. (2004) estudaram os efeitos da adubação com silício em alguns genótipos de cana-de-açúcar e observaram que as variedades com altos percentuais de fibra são menos atacadas pela broca, devido à maior dificuldade que o inseto encontra em perfurar os colmos. Ademais, estas variedades também produzem maior quantidade de bagaço ao final da extração do caldo da cana, o que, para a usina, é interessante para a manutenção dos fornos acesos.

Segundo Parazzi et al. (1986), variedades com teor de fibra muito elevado dificultam a extração do caldo total da cana, pois a fibra funciona como uma esponja, na qual parte do caldo fica retida. Assim, variedades com maior percentual de fibra estão sendo buscadas, cada vez mais, pelas usinas que produzem energia elétrica a partir da queima do bagaço da cana, uma vez que o mercado de compra e venda de crédito de carbono, no mercado mundial, está em constante ascensão.

No presente trabalho, foi considerado como melhores genótipos aqueles que apresentaram percentuais medianos de fibra, já que estes permitem a produção de boa quantidade de bagaço para a queima e uma melhor extração do caldo. Genótipos com baixo nível de fibra foram considerados os piores, pois apresentaram menor resistência ao ataque da broca da cana-de-açúcar, além de serem ineficientes para o balanço energético das usinas, em razão da baixa produção de bagaço. Já os genótipos com altos teores de fibra foram considerados bons para as usinas que possuem central de produção de energia elétrica, como é o caso da Jalles Machado.

Ao analisar o *biplot* da Figura 5, observa-se que o genótipo que obteve a maior porcentagem média de fibra foi o clone RB965571 (G12), com 13,13% (Tabela 5). Este genótipo repetiu o desempenho, em 6 dos 14 ambientes amostrados, A5 e A6 (Denusa, 1º e 2º cortes), A8 (Goiasa, 2º corte), A11 (fazenda Jenipapo, em Santa Helena, 1º corte), A13 e A14 (fazenda Juca Italiano, 1º e 2º cortes), o que demonstra certa estabilidade agrônômica deste genótipo. Isso é reforçado pela segunda maior média no ambiente A3 (Cooper-Rubi, 1º corte) e a terceira no ambiente A7 (Goiasa, 1º corte). Apesar disso, o clone não pode ser considerado como o de melhor desempenho neste caráter, independentemente da situação, exatamente pelo seu elevado teor de fibra. Conforme os estudos realizados por Camargo et al. (1992), valores abaixo de 10% são considerados como baixos, e valores acima de 13%, como altos, e ambos são, de certa forma, indesejáveis.

O genótipo que alcançou a menor média (11,4%) foi o clone RB965699 (G22), com comportamento reincidente nos ambientes A2 (Anicuns, 1º corte), A3 e A4 (Cooper-Rubi, 1º e 2º cortes) e A10 (Jalles Machado, 2º corte). Este resultado foi semelhante ao encontrado por Landell et al. (1995). Depois foi o clone RB965731 (G23) que teve a segunda menor média geral em teor de fibra, nos ambientes de 1º e 2º cortes na fazenda Jenipapo (A11 e A12) e 2º corte na fazenda Juca Italiano (A14), em Santa Helena de Goiás.

O genótipo RB965617 (G17) e o ambiente A2 (Anicuns, 2º corte) foram os que mais contribuíram para a interação GxA, apresentando as maiores magnitudes de escores no eixo de interação IPCA1 (Figura 5). Isso indica que as características desse ambiente (A2) favorecem, de modo especial, o aumento da porcentagem de fibra desse genótipo (G17). Assim, este clone, embora de comportamento apenas mediano na maioria dos ambientes, destaca-se como o de maior média para o caráter (14,6%) no ambiente A2 (Tabela 5).

Dentre os ambientes, o de menor média em porcentagem de fibra por tonelada de cana foi A12 (fazenda Jenipapo, 2º corte). Logo, os clones não alcançaram bons índices de fibra neste ambiente. Já o local que resultou na maior média geral em fibra foi A5 (Denusa, 1º corte). Considerando-se que essa destilaria tem a intenção de produzir energia elétrica a partir do bagaço de cana, este é um resultado animador para a referida unidade produtora, devendo-se reiterar o desempenho destacado do genótipo G12 (RB965571) neste ambiente, com 15,6% de fibra (Tabela 5 e Figura 5).

Para o ambiente A9 (Jalles Machado, 1º corte), o genótipo que se destacou foi o clone RB966237 (G28), que, além de apresentar, neste local, o seu melhor desempenho produtivo (TCH), também produziu o seu maior percentual de fibra. Isso é interessante para a empresa, já que ela possui central elétrica e precisa de variedades com alta produtividade agrícola e elevado teor de fibra para a produção de bagaço e, consequentemente, para a energia elétrica.

5 CONCLUSÕES

- Por meio deste trabalho, tanto para o caráter produtividade (TCH) quanto para POL% e fibra%, os efeitos de ambiente são responsáveis pela maior parte da variação observada, seguido dos efeitos de genótipos e, por último, da interação GxA, que se mostra altamente significativa para os três caracteres.
- A análise AMMI, pelos modelos selecionados (AMMI1, para fibra%, e AMMI3, para TCH e POL%), permite discriminar a interação GxA existente, mostrando-se uma análise muito promissora.
- Entre os genótipos avaliados, destacam-se os clones RB965658 (G20) e RB965602 (G16), para os três caracteres investigados (TCH, Pol% e fibra%).
- Os ambientes são discrepantes, não tendo como designar um local-chave para a condução dos campos experimentais. Dessa forma, há a necessidade de se implantarem novos campos experimentais em diferentes pontos do Estado de Goiás, para um melhor atendimento aos produtores dessa cultura.
- Não há uma variedade que atenda toda a região.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARBOSA, M. H. P. Perspectivas para o melhoramento da cana-de-açúcar. In: SIMPOSIO DE ATUALIZAÇÃO EM GENÉTICA E MELHORAMENTO DE PLANTAS, 4, 2000, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA, 2000. v.1, p. 1-17.

BARBOSA, G. V. S.; SOUZA, A. J. R.; ROCHA, A. M. C.; RIBEIRO, C. A. G.; FERREIRA, J. L. C.; SOARES, L.; CRUZ, M. M.; SILVA, W. C. M. **Novas variedades RB de cana-de-açúcar para Alagoas**. Maceió: Universidade Federal de Alagoas, 2000. 16 p. (Boletim Técnico Programa de Melhoramento Genético de Cana-de-Açúcar, 1).

BASSINELLO, A. I. **Comportamento de progênies de cana-de-açúcar (*Saccharum spp*) em ambientes contrastantes**. 1991. Tese (Doutorado em Agronomia: Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1991.

BASTOS, I. T.; BARBOSA, M. H. P.; RESENDE, M. D. V. de; PETERNELLI, L. A.; SILVEIRA, L. C. I. da; DONDA, L. R.; FORTUNATO, A. A.; COSTA, P. M. A.; FIGUEIREDO, I. C. R. de. Avaliação da interação genótipo x ambiente em cana-de-açúcar via modelos mistos. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 37, n. 4, p. 195-203, dez. 2007.

BERDING, N.; ROACH, B. T. Germplasm collection, maintenance and use. In: HEINZ, D. **Sugarcane improvement through breeding**. New York: Elsevier, 1987. Cap. 4, p. 143-210.

BRESSIANI, J. A. **Seleção seqüencial em cana-de-açúcar**. 2001. 133 f. Tese (Doutorado em Agronomia: Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.

CAMARGO, A. P.; BOVI, V.; ALVAREZ, R. Melhoramento genético da cana-de-açúcar: VI. Ensaio de clones provenientes de hibridações realizadas em 1974, 1977, 1978 e 1979, avaliados na região de Piracicaba (SP). **Bragantia**, Campinas, v. 51, n. 1, p. 39-47, 1992.

CESNIK, R. **Estudo da herdabilidade de alguns caracteres em cana-de-açúcar**. 1972. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1972.

CESNIK, R.; MIOCQUE, J. **Melhoramento da cana-de-açúcar**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. 307 p.

CHAVES, L. J. Interação genótipos com ambientes. In: NASS, L. L.; VALOIS, A. C. C.; MELO, I. S. de; VALADARES-INGLIS, M. C. (Ed.). **Recursos genéticos e melhoramento** - plantas. Rondonópolis: Fundação Mato Grosso, 2001. Cap. 22, p. 674-713.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da Safra Brasileira – Cana-de-Açúcar, safra 2007/2008. Segundo Levantamento**. 2007. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/11evan_cana07.pdf>. Acesso em: 27 ago. 2007.

CORNELIUS, P. L.; SEYEDSADR, M.; CROSSA, J. Using the shifted multiplicative model to search for “separability” in crop cultivar trials. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 84, n. 1-2, p. 161-172, 1992.

CROSSA, J.; FOX, P. N.; PFEIFFER, W. H.; RAJARAM, S.; GAUCH, H. G. AMMI adjustment for statistical analysis of an international wheat yield trial. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 81, p. 27-37, 1991.

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

DANIELS, J.; ROACH, B. T. Taxonomy and evolution. In: HEINZ, D. J. (Ed.). **Sugarcane improvement through breeding**. Elsevier: New York, 1987. p. 7-84.

DILLEWIJN, C. **Botany of sugarcane**. Waltham: Chronica Botanica, 1952. 371 p.

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

FERREIRA, A.; BARBOSA, M. H. P.; CRUZ, C. D.; HOFFMAN, H. P.; VIEIRA, M. A. S.; BASSINELLO, A. I.; SILVA, M. F. da. Repetibilidade e número de colheitas para a seleção de clones de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, p. 761-767, ago. 2005.

GAUCH, H. G. Model selection and validation for yield trials with interaction. **Biometrics**, Washington, v. 44, p. 705-715, 1988.

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

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

GEORGE, E. F. Effect of the environment on components of yield in seedlings from five *Saccharum* crosses. **Proc. Int. Soc. Sugar Cane Technol**, cap. 10, p. 755-765, 1959.

GOLLOB, H. F. A statistical model which combines features of factor analytic and analysis of variance techniques. **Psychometrika**, Toronto, v. 33, n. 1, p. 73-115, jan. 1968.

HIROTSU, C. An approach to defining the pattern of interaction effects in a two-way layout. **Annals of the Institute of Statistical Mathematics**, Dordrecht, v. 35, n. 1, p. 77-90, 1983.

HOFFMANN, H. P. **Evolução do potencial produtivo das principais variedades de cana-de-açúcar cultivadas no Estado de São Paulo nos últimos cinquenta anos**. 1997. Tese (Doutorado em Agronomia: Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1997.

HOGARTH, D. M.; WU, K. K.; HEINZ, D. J. Estimating variance and sugarcane using a factorial cross design. **Crop Science**, Madison, v. 21, n. 1, p. 21-25, 1981.

HUMBRET, R. P. **The growing of sugar cane**. New York: Elsevier, 1968. 779 p.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. **Médias anuais de chuva para os Estados brasileiros – 2007**. 2007. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br>>. Acesso em: 30 maio 2008.

JIMENEZ, H. A. R **Avaliação do potencial genético de duas populações de cana-de-açúcar obtidas através de um ciclo de seleção recorrente**. 1988. Tese (Doutorado em Agronomia: Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1988.

KEMPTON, R. A. The use of biplots in interpreting variety by environment interactions. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 103, p. 123-135, 1984.

KORNDÖRFER, G. H.; COLOMBO, C. A.; LEONE, P. L. C. Termofosfato como fonte de silício para a cana-de-açúcar. **Sociedade dos Técnicos Açucareiros e Alcooleiros do Brasil**, Piracicaba, v. 19, n. 1, p. 34-36, 2004.

LANDELL, M. G. A.; ZIMBACK, L.; PEREIRA, J. C. N. M. A.; CAMARGO, A. P. de; CAMPANA, M. P.; SILVAROLLA, M. B.; BOVI, V.; FIGUEIREDO, P.; SILVA, M. A. Melhoramento genético da cana-de-açúcar: IX. Ensaio de clones provenientes de hibridações realizadas em 1980 e 1981, selecionados na região de Ribeirão Preto (SP). **Bragantia**, Campinas, v. 54, n. 2, p. 275-286, 1995.

LANDELL, M. G. A.; ALVAREZ, R.; ZIMBACK, L.; CAMPANA, M. P.; SILVA, M. A.; PEREIRA, J. C. V. N. A.; PERECIN, D.; GALLO, P. B.; MARTINS, A. L. M.; KANTHACK, R. A. D.; FIGUEIREDO, P.; VASCONCELOS, A. C. M. Avaliação final de clones IAC de cana-de-açúcar da série 1982, em Latossolo Roxo da Região de Ribeirão Preto. **Bragantia**, Campinas, v. 58, n. 2, p. 269-280, 1999.

LAVORENTI, N. A.; MATSUOKA, S. Combinação de métodos paramétricos e não-paramétricos na análise de estabilidade de cultivares de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 4, p. 653-658, abr. 2001.

NÓBREGA, J. C. M. de; DORNELAS, M. C. Biotecnologia e melhoramento da cana-de-açúcar. In: SEGATO, S.; PINTO, A. S.; JENDIROBA, E.; NÓBREGA, J. C. M. de (Org.). **Atualização em produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: SP, 2006. p. 39-56.

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. 38, n. 3, p. 357-364, mar. 2003.

PEIXOTO, T. C.; SILVA, J. G. C. da; BARRETO, J. N. Técnicas de análises de interação genótipo por ambiente e estabilidade de clones de cana-de-açúcar. In: SIMPOSIO DE ESTATÍSTICA APLICADA À EXPERIMENTAÇÃO AGRONÔMICA, 1, 1985, Piracicaba. **Resumos...** Campinas: Cargill, 1985. p. 243-258.

PARAZZI, C.; VALSECHI, O. A.; OLIVEIRA, E. R. Correlação entre a fibra% de cana e o peso úmido do bagaço resultante da prensa hidráulica. **Sociedade dos Técnicos Açucareiros e Alcooleiros do Brasil**, Piracicaba, v. 4, n. 4, p. 47-49, 1986.

PIMENTEL GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. São Paulo: Nobel, 1990. 466 p.

RAIZER, A. J.; VENCOSKY, R. Estabilidade fenotípica de novas variedades de cana-de-açúcar para o Estado de São Paulo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 12, p. 2241-2246, dez. 1999.

RAMALHO, M. A. P.; FERREIRA, D. F.; OLIVEIRA, A. C. **Experimentação em genética e melhoramento de plantas**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2000a. 326 p.

RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B. dos; PINTO, C. A. B. P. **Genética na agropecuária**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2000b. 472 p.

REICHARDT, K. **Dinâmica da matéria e da energia em ecossistemas**. Piracicaba: USP/ESALQ, Departamento de Física e Meteorologia, 1996. 513 p.

RESENDE, M. D. V. **Métodos estatísticos ótimos na análise de experimentos de campo**. Colombo: Embrapa Florestas, 2004. 57 p. (Documentos, 100).

SERRA, G. E.; CESAR, M. A. A.; OLIVEIRA, A. J. Comportamento de variedades de cana-de-açúcar no período de industrialização. **Brasil açucareiro**, Rio de Janeiro, v. 79, n. 14, p. 27-40, 1972.

SILVA, J. G. C.; BARRETO, J. N. Aplicação de regressão linear segmentada em estudos da interação genótipo x ambiente. In: SIMPOSIO DE ESTATÍSTICA APLICADA À EXPERIMENTAÇÃO AGRONÔMICA, 1, 1985, Piracicaba. **Resumos...** Campinas: Cargill, 1985. p. 49-50.

UDOP. União dos Produtores de Bioenergia. **Área de produção e produtividade de cana-de-açúcar** – 1975 até 2006. 2006. Disponível em: <www.udop.com.br/download/estatistica/producao_cana_brasil/producao_produtividade_cana_75_06.xls>. Acesso em: 20 jan. 2008.

VIEIRA, O. S.; REA, R.; BRICEÑO, R. Uso de la repetibilidad clonal em la sección de ambientes em ensayos regionales de variedades de caña de azúcar em los estados de Lara e Yaracuy. **Bioagro**, Barquisimeto, Venezuela, v. 15, n. 2, 2003.

ZACARIAS, C. A. B. **Estimação de parâmetros genéticos e fenotípicos em clones de cana-de-açúcar (*Saccharum ssp.*) e suas implicações no melhoramento.** 1977. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1977.

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