

RAPHAEL AUGUSTO

**AVALIAÇÃO DA ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE FENOTÍPICA EM
GENÓTIPOS DE CANA-DE-AÇÚCAR, SÉRIE RB96**

MARINGÁ
PARANÁ – BRASIL
ABRIL – 2009

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

RAPHAEL AUGUSTO

**AVALIAÇÃO DA ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE FENOTÍPICA EM
GENÓTIPOS DE CANA-DE-AÇÚCAR, SÉRIE RB96**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Maringá, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento, para obtenção do Título de Mestre.

MARINGÁ
PARANÁ – BRASIL
ABRIL – 2009

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
(Biblioteca Central - UEM, Maringá – PR., Brasil)

A923a Augusto, Raphael
Avaliação da adaptabilidade e estabilidade fenotípica em genótipos de cana-de-açúcar, série RB96 precoce. / Raphael Augusto. -- Maringá, 2009.
xi, 54 f. : il. color., figs., quadros.

Orientador : Prof^a. Dr^a. Maria de Fátima Pires da Silva Machado.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Maringá, Departamento de Agronomia, Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento, 2009.

1. *Saccharum* spp. - Variedade RB96 - Melhoramento genético. 2. *Saccharum* spp. - Adaptabilidade e estabilidade - Método Lin e Binns. 3. *Saccharum* spp. - Adaptabilidade e estabilidade - Método Eberhart e Russel. 4. Cana-de-açúcar - Interação genotípica por ambiente. 5. Cana-de-açúcar - Pol(TPH). 6. Cana-de-açúcar - *Saccharum* spp. - Variedade RB96 - Melhoramento genético. 7. Cana-de-açúcar - Melhoramento genético. 8. Cana-de-açúcar - Clone - Seleção. 9. Cana-de-açúcar - Ciclos. I. Machado, Maria de Fátima Pires da Silva, orient. II. Universidade Estadual de Maringá. Departamento de Agronomia. Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento. III. Título.

CDD 21.ed. 633.6120724

Nesta importante etapa da conquista de novos conhecimentos, não poderia deixar de lembrar minha família. Ao meu pai, Elias Francisco Augusto e à minha mãe Marta Solange Augusto, pela grande lição de perseverança, e ao meu querido irmão, Gustavo, pela coragem e exemplo de vida, com muito amor, dedico.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida renovada todos os dias com saúde.

À Universidade Estadual de Maringá, pela oportunidade de fazer parte do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento.

À professora doutora Maria de Fátima Pires da Silva Machado, que sempre confiou no meu trabalho e se preocupou em fazer o melhor por mim e por todos os seus orientandos.

Ao professor doutor João Carlos Bernaldo Filho, pela oportunidade de realizar esse estudo com o material da Ridesa e pela atenção prestada durante as pesquisas.

Ao professor doutor Carlos Alberto Scapim, pelo auxílio durante o desenvolvimento do estudo, orientando meu aprendizado e disponibilizando seu tempo para colaborar na produção da pesquisa.

A todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento e do Departamento de Biologia Celular e Genética.

Às doutoras Ana Sílvia Lapenta, Maria Cláudia Colla Ruvolo Takasusuki e Sandra A. Collet e aos doutores Erasmo Renesto e José Ricardo P. Falco, pela convivência agradável e por valiosas contribuições profissionais.

Ao Francisco José da Cruz e à Maria Valquíria Magro, funcionários da Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento, sempre dedicados e prontos para ouvir e responder às perguntas.

Aos grandes companheiros de estudos e de caminhada, nomes especiais em minha vida, cuja lista interminável poderia deixar de conter algum. A presença, o incentivo dos amigos tornou, sem dúvida, o caminho, às vezes difícil, muito mais curto, muito mais prazeroso, com a certeza da conquista.

BIOGRAFIA

RAPHAEL AUGUSTO, filho de Elias Francisco Augusto e Marta Solange Augusto, nasceu no município de Santo Inácio, no estado do Paraná, no dia 24 de maio de 1984.

Em 1991, iniciou os estudos na Escola Estadual Braz Sinigaglia, no município de Batayporã, estado de Mato Grosso do Sul. Em 1995, deu continuidade na Escola Estadual de 1º e 2º graus Jan Antonin Bata, ainda no município de Batayporã, concluindo o Ensino Fundamental no ano 1998.

Ingressou no Ensino Médio, em 1999, no Colégio Estadual Monteiro Lobato, município de Colorado, estado do Paraná, concluindo no ano de 2001.

Em 2003, iniciou o Curso de Graduação em Ciências Biológicas, pela Universidade Estadual de Maringá, com término no ano de 2006.

Em 2007, ingressou no Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento, da Universidade Estadual de Maringá, realizando estudos na área de Genética e Melhoramento de Plantas.

ÍNDICE

LISTA DE QUADROS	vi
LISTA DE FIGURAS	viii
RESUMO	ix
ABSTRACT	x
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1. Cultura da cana-de-açúcar (<i>Saccharum spp.</i>)	4
2.1.1. Características botânicas e base genética da cana-de-açúcar	4
2.1.2. Evolução do cultivo da cana-de-açúcar	5
2.2. Melhoramento genético da cana-de-açúcar	6
2.2.1. Seleção em cana-de-açúcar	8
2.3. Interação genótipo por ambiente	10
2.4. Adaptabilidade e estabilidade fenotípica	12
2.5. Metodologia proposta por Eberhart e Russel (1966)	15
2.6. Metodologia proposta por Lin e Binns (1988)	18
3. MATERIAL E MÉTODOS	23
3.1. Caracterização dos ambientes	23
3.2. Fase de experimentação – PMGCA/UFPR/RIDESA	24
3.3. Experimentos série RB96 precoces	24
3.4. Condução dos experimentos	26
3.5. Delineamento experimental	26
3.6. Cálculo dos parâmetros	27
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
4.1. Análise de variância	29
4.1.1. Análises por ciclo (cana-planta e cana-soca)	29
4.1.2. Parâmetros genéticos	31
4.2. Testes de médias	32
4.3. Análise de estabilidade e adaptabilidade	37
4.3.1. Metodologia original proposta por Lin e Binns (1988)	37
4.3.2. Metodologia proposta por Eberhart e Russel (1966)	43
5. CONCLUSÕES	47
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	48

LISTA DE QUADROS

QUADRO – 1	Localização das unidades de experimentação e seus respectivos municípios produtores de cana-de-açúcar, onde foram implantados os experimentos da Série RB96.....	23
QUADRO – 2	Relação dos genótipos (G) de cana-de-açúcar que compõem a série RB96 e seus respectivos genitores.....	25
QUADRO – 3	Análise de variância conjunta de genótipo de cana-planta, série RB96, para a característica (TPH).....	29
QUADRO – 4	Análise de variância conjunta de genótipo de cana-soca, série RB96, para característica TPH.....	30
QUADRO – 5	Análise de variância conjunta de ambos os ciclos (cana-planta e cana-soca), série RB96, para característica (TPH).....	30
QUADRO – 6	Quadro 6 - Parâmetros genéticos obtidos pela análise conjunta dos 6 ambientes em cana-planta e soca, e a média para os 12 ambientes de ambos os ciclos da cana, para a característica TPH. Série RB96.....	31
QUADRO – 7	Médias referentes à característica (TPH) para genótipos de cana-planta, série RB96, avaliados nos anos de 2004/2005, em seis ambientes distintos.....	33
QUADRO – 8	Médias referentes à característica (TPH) de genótipos de cana-soca, série RB96, avaliados os anos de 2005/2006, em seis ambientes distintos.....	35

QUADRO – 9	Média geral referente à característica (TPH) dos genótipos de cana-de-açúcar para ambos os ciclos cana-planta e cana-soca, da Série RB96, referentes ao teste de Scott e Knott (1974).....	36
QUADRO – 10	Estimativas do parâmetro P_i , para os 12 ambientes, colocação dos genótipos em relação a suas produtividades médias de (TPH) e índice de superioridade em relação ao padrão RB855156. Série RB96.....	37
QUADRO – 11	Resposta geral a ambientes favoráveis e desfavoráveis pela decomposição de carneiro (1998), para a característica (TPH) nos 12 ambientes avaliados da Série RB96.....	41
QUADRO – 12	Colocação baseada pelo índice ambiental em 12 ambientes, para característica de (TPH) por ano de colheita. Série RB96.....	42
QUADRO – 13	Parâmetros de adaptabilidade e estabilidade estimados pelo método de Eberhart e Russel (1966), para 16 genótipos, avaliados em 12 ambientes. Característica TPH. Série RB96.....	44

LISTA DE FIGURAS

FIGURA – 1	Performance fenotípica do genótipo G11 - RB965911 em 12 ambientes, para característica TPH, Série RB96.....	38
FIGURA – 2	Performance fenotípica do genótipo G4 - RB925211 em 12 ambientes, para característica TPH, série RB96.....	39
FIGURA – 3	Performance fenotípica do genótipo G16 - RB966928 em 12 ambientes, para característica TPH, série RB96.....	39
FIGURA – 4	Performance fenotípica do genótipo G07 - RB946903 em 12 ambientes, para característica TPH, Série RB96.....	40
FIGURA – 5	Estimativa do parâmetro P_i geral para a característica TPH, (G) genótipos avaliados em 12 ambientes e respectivos valores de P_i	40

RESUMO

AUGUSTO, Raphael. M.Sc. Universidade Estadual de Maringá, abril de 2009. **Avaliação da adaptabilidade e estabilidade fenotípica em genótipos de cana-de-açúcar, série RB96.** Orientadora: Prof^a Dr^a Maria de Fátima Pires da Silva Machado. Co-orientadores: Prof^a Dr^a Claudete Aparecida Mangolin e Prof. Dr. Carlos Alberto Scapim.

A recomendação de genótipos de cana-de-açúcar com desempenho superior em diversos ambientes é um desafio para os melhoristas devido à presença de interação genótipos por ambientes. Com essa finalidade, o uso de metodologias como a adaptabilidade e estabilidade fenotípica auxiliam na indicação de genótipos com melhor performance de produtividade para os diferentes ambientes. O objetivo geral desse trabalho foi avaliar a adaptabilidade e estabilidade fenotípica de genótipos precoces de cana-de-açúcar da série RB96. O delineamento utilizado foi o de blocos ao acaso com 3 repetições. As análises estatísticas foram realizadas pelas metodologias propostas por Lin e Binns (1988) e por Eberhart e Russel (1966). Foram utilizados 14 genótipos precoces da série RB96, comparando-os a dois genótipos padrões (RB855156 e RB855453) e a característica avaliada na pesquisa foi tonelada de Pol por ha (TPH). A análise estatística foi realizada em seis ambientes experimentais distintos, durante os ciclos de cana-planta (2004/2005) e cana-soca (2005/2006). Houve efeito significativo $p < 0,05$ para a interação genótipo por ambiente para a característica TPH, o que caracteriza um comportamento diferenciado dos genótipos em cada ambiente. Os genótipos mais estáveis são RB965911, RB925211, RB966928 e RB946903 e o genótipo RB966928 apresenta performance com adaptabilidade ampla, alta estabilidade fenotípica e elevada produção, podendo ser indicado como o genótipo mais promissor para o cultivo na região nordeste do estado do Paraná.

Palavras-chave: adaptabilidade, estabilidade, *Saccharum* spp., RB96 precoce.

ABSTRACT

AUGUSTO, Raphael, M.Sc. University State of Maringá, March of 2009. **Evaluation of the adaptability and phenotypic stability in sugarcane genotypes, Serie RB96.** Supervisors: Prof^a Dr^a Maria de Fátima Pires da Silva Machado. Committee members: Prof^a Dr^a Claudete Aparecida Mangolin and Prof. Dr. Carlos Alberto Scapim.

The recommendation of high performance sugarcane genotypes in several environments is a challenge to agricultural improvers owing to environmental genotype interactivities. Methodologies such as adaptability and phenotypic stability are a great help to indicate genotypes with the best performance in productivity for several environments. Current research mainly aims at evaluating the adaptability and phenotypic stability of early sugarcane genotypes, Series RB96. Design consisted of randomized blocks with three repetitions. Statistical analyses were undertaken according to methodologies by Lin and Binns (1988) and by Eberhart and Russel (1966). Fourteen early genotypes of the Series RB96 were compared to two standard genotypes (RB855156 and RB855453). Whereas a ton of Pol per ha (TPH) was the factor evaluated, statistical analysis was undertaken in six distinct experimental environments during the sugarcane planting (2004/2005) and sugarcane harvest (2005/2006) cycles. There was a significant effect $p < 0.05$ for genotype interactivity per environment for factor TPH. This fact characterizes a differentiated behavior of genotypes in each environment. The most stable genotypes were RB965911, RB925211, RB966928 and RB946903, whilst genotype RB966928 revealed a performance with wide adaptability, high phenotypic stability and significant production. It may be indicated as the most promising genotype for cultivation in the northwestern region of the state of Paraná.

Key words: adaptability, stability, *Saccharum* spp., RB96 precoce.

1. INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) é um produto de suma importância econômica e social no país. O Brasil é o maior produtor de cana-de-açúcar, responsável por 25% do rendimento mundial, com movimento financeiro de vinte bilhões ao ano, empregando 3,6 milhões de trabalhadores em mais de 300 indústrias, entre as quais se encontram destilarias e usinas de cana-de-açúcar (UNICA, 2007).

O Brasil é líder em área plantada com cana-de-açúcar, produção e exportação do açúcar e é também o pioneiro na utilização da cana como fonte de energia líquida renovável, o etanol, sendo o único país a utilizá-lo como forma exclusiva de combustível alternativo de veículos (FAO, 2007).

O sucesso dessa atividade econômica está atrelado geralmente aos programas de melhoramento genético, nos quais um dos objetivos é desenvolver variedades adaptadas às diversas regiões canavieiras, visando contornar problemas relacionados a ataques de pragas e resistência às doenças, além de melhorar as características industriais dos genótipos (Rosse et al., 2002).

O açúcar é um dos componentes básicos da dieta humana, produzido em 130 países, sendo 25% dessa produção comercializada internacionalmente. A importância da cana-de-açúcar pode ser atribuída à sua múltipla utilização, podendo ser empregada *in natura*, sob a forma de forragem, para alimentação animal, ou como matéria prima para a fabricação de rapadura, melado, aguardente, açúcar e álcool. O negócio do açúcar é, portanto, de elevado valor, tanto nos países desenvolvidos como nos não-desenvolvidos. Estes, particularmente, têm no açúcar, produzido a partir da cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.), uma das suas principais fontes de rendimento, além de ser uma forma de energia calórica barata para a população (Matsuoka et al., 2005).

A estimativa do primeiro semestre de 2008 da produção nacional de cana-de-açúcar destinada ao setor sucroalcooleiro e a outros fins foi de 547,2 milhões de toneladas, superior à safra anterior em 15,20% (72,38 milhões de toneladas). Desse total, a indústria sucroalcooleira esmagou 86,47% (473,16 milhões de toneladas) e o restante 13,53% (74,02 milhões de toneladas) foi destinado à fabricação de cachaça, à alimentação animal, à produção de sementes e a outros

fins. A área ocupada, atualmente, com essa cultura no país é de 6,92 milhões de hectares (ha), superior em 12,30% (760,20 mil ha) à da safra anterior (Conab, 2007).

Ao final da safra de 2008, a produção de cana-de-açúcar superou as estimativas: a região centro-sul atingiu 502,1 milhões de toneladas; a região norte-nordeste 69,2 milhões de toneladas; o estado de São Paulo contribuiu com cerca de 340 milhões de toneladas, seguido por Minas Gerais, com 44 milhões de toneladas, e Paraná, com 42 milhões de toneladas colhidas (Conab, 2009).

A cana-de-açúcar gera receitas para o Brasil e contribui para a diminuição da poluição ambiental por combustíveis fósseis. A cadeia produtiva da cana-de-açúcar, seus produtos e subprodutos constituem uma relevante fonte de distribuição de riqueza e de bem estar para inúmeras comunidades interioranas brasileiras, contribuindo para a diminuição do êxodo para as metrópoles (Matsuoka et al., 2005).

Esta importância econômica da cultura de cana-de-açúcar para o país justifica os investimentos que são feitos para o melhoramento genético da cultura. O melhoramento convencional em cana-de-açúcar inicia-se com a hibridação para a obtenção de variabilidade genética e, em seguida, prossegue com as fases de seleção de plântulas e de clones, nas quais o objetivo é identificar os genótipos de maior potencial agroindustrial no ambiente edafoclimático em questão (Silva et al., 1999).

As cultivares de cana-de-açúcar plantadas atualmente são híbridas, geralmente da sexta à décima geração, cuja constituição genética predomina a contribuição de *S. officinarum*, com participação menor de *S. sinense-barberi* e de *S. robustum*, sendo que a espécie *S. robustum* contribuiu pouco para o alargamento da base genética dos híbridos comerciais atuais. Atualmente, os melhoristas têm se baseado, e com sucesso, numa base genética comum, obtida no início do século, por meio de cruzamentos interespecíficos e retrocruzamentos para *S. officinarum*, cujo processo é denominado nobilitação (Matsuoka et al., 1999).

De acordo com as informações de Matsuoka et al. (1999), a cana-de-açúcar possui uma composição genética bem complexa graças à sua origem polifilética. Os híbridos normalmente utilizados como genitores nos cruzamentos são altamente heterozigóticos, dando origem a progênies segregantes para

grande número de locos. Além disso, a quase totalidade das características economicamente importantes é de herança quantitativa, o que dificulta a distinção entre efeitos genéticos e ambientais (Stevenson, 1965).

A avaliação de genótipos precoces no estado do Paraná vem sendo feita pelos pesquisadores da Rede Interuniversitária para Desenvolvimento do Setor Sucroalcooleiro - UFPR/Ridesa, em parceria com usinas e destilarias conveniadas ao Programa de Melhoramento Genético da Cana-de-Açúcar. Foram plantadas cerca de 240 mil plântulas de cana em 2 ambientes no Paraná, para testar o desempenho dos genótipos nas condições variadas existentes no Estado (Ridesa, 2005).

Estudos a respeito da interação genótipos por ambientes são de grande importância para o melhoramento, mas não proporcionam informações pormenorizadas sobre cada genótipo frente às variações ambientais. Para isso, realizam-se análises de adaptabilidade e estabilidade, o que torna possível a identificação de genótipos de comportamento previsível e que sejam responsivos às variações ambientais, em condições específicas ou amplas (Cruz et al., 2004).

Existem inúmeros métodos de análise de adaptabilidade e estabilidade destinados à avaliação de um grupo de materiais genotípicos testados numa série de ambientes. Estas metodologias são fundamentadas na existência de interações e distinguem-se dos conceitos de estabilidade adotados e de certos princípios estatísticos empregados (Cruz et al., 2004).

Assim, o objetivo no presente trabalho foi avaliar a adaptabilidade e estabilidade fenotípica de genótipos de cana-de-açúcar das séries RB96 precoce e por meio da característica de teor de Pol por ha, selecionar os genótipos mais responsivos aos ambientes testados da região nordeste do Paraná.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*)

2.1.1. Características botânicas e base genética da cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar foi descrita por Linneu, em 1753, em seu livro *Species Plantarum*, que a classificou como *Saccharum officinarum* e *Saccharum spicatum*, sofrendo inúmeras modificações desde então. Atualmente, aceita-se a classificação de Jeswiet (Cesnik e Miocque et al., 2004).

Trata-se de uma planta alógama, semi-perene, da família Gramínea (Poaceae), tribo andropogoneae, gênero *Saccharum* (Matsuoka et al., 2005). Segundo Daniels e Roach (1987), no gênero *Saccharum*, ocorrem seis espécies, a saber: *S. officinarum* L. ($2n = 80$), *S. robustum* Brandes e Jeswiet ex Grassl ($2n = 60-205$), *S. barberi* Jesweit ($2n = 111-120$) *S. sinense* Roxb. ($2n = 81-124$), *S. spontaneum* L. ($2n = 40-128$) e *S. edule* Hassk. ($2n = 60-80$).

A espécie *S. officinarum* é constituída pelas “canas nobres”. Esse nome advém do fato de elas apresentarem alto teor de açúcar e baixa porcentagem de fibra. Seus colmos são grossos e enquadram-se na categoria de canas tropicais. São exigentes quanto ao clima e solo (Cesnik e Miocque et al., 2004).

Segundo Fauconnier e Bassereau (1975), as espécies não cultivadas são *S. spontaneum* e *S. robustum*. Apesar do não cultivo de *S. spontaneum*, a espécie no início do século XX contribuiu para a retomada do crescimento da indústria do açúcar no mundo, após as severas epidemias de doenças ocorridas naquela época, sendo considerada uma espécie autopoliploide, altamente polimórfica (Matsuoka et al., 1999).

A espécie *S. officinarum* é um complexo poliploide, de 80 cromossomos, cujo centro de diversidade é a Nova Guiné e seu centro de origem não é exatamente conhecido. Admite-se que tenha surgido naquela mesma região, a partir de *S. spontaneum*, *Miscanthus* e *Eriantus arundinaceus* passando por *S. robustum* (Roach e Daniels, 1987).

A cana-de-açúcar é originalmente uma planta perene e, por possuir uma estrutura tipo rizoma sob o rés do chão, ela brota sempre que a parte aérea for

cortada. Essa nova brotação é genericamente denominada soqueira. A primeira vegetação após o plantio é denominada cana-planta, enquanto as soqueiras são denominadas de primeira soca, segunda soca etc., conforme as colheitas vão se sucedendo. As soqueiras têm importância econômica muito grande, pois é delas que se retira o maior retorno monetário nessa cultura (Matsuoka, 1996).

Como a soqueira se desenvolve a partir da brotação das gemas da base dos colmos colhidos na safra anterior e são submersos no solo, o seu comportamento fisiológico é distinto daquele da cana-planta. Primeiramente, a distinção resulta basicamente da diferença de desenvolvimento inicial de um broto originário de uma gema do tolete, na cana-planta, daqueles originários de rizoma, na cana-soca. Em razão da grande quantidade de gemas nos rizomas, ocorre normalmente uma grande quantidade de perfilhos primários numa mesma touceira, diferentemente da cana-planta que, além disso, se desenvolve com mais rapidez.

Assim, no final do ciclo da cana-soca, o número de colmos acaba sendo maior do que na cana-planta, devido a maior velocidade de brotação e formação de perfilhos e, além disso, a maturação das soqueiras se dão mais precocemente do que na cana-planta (Matsuoka, 1996).

2.1.2. Evolução do cultivo da cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar é uma planta nativa das regiões tropicais, cujo cultivo se estende, atualmente, aos dois hemisférios. A produção de açúcar, denominada de “sarkara”, existia na Índia desde 3000 a.C. e durante muito tempo o cultivo da cana-de-açúcar foi limitado aos países do Oriente Médio, no Vale do rio Eufrates. A partir de 500 a.C., os persas guardaram o segredo da fabricação do açúcar, que era comercializado com os romanos, e a partir do século VIII foi disseminada por todo mediterrâneo (Cesnik e Miocque et al., 2004).

Na América a cana-de-açúcar foi introduzida por Cristóvão Colombo em sua segunda expedição em 1493, na ilha espanhola que atualmente é a República Dominicana e Haiti. O genótipo introduzido foi, presumivelmente, um híbrido entre *S. barberi* e *S. officinarum*, difundindo-se do Haiti para Cuba, Porto Rico, México, Colômbia, Peru e outros países do continente (Fauconnier e

Bassereau, 1975). No Brasil, as primeiras mudas foram introduzidas em 1502 (Cesnik e Miocque et al., 2004).

O cultivo da cana-de-açúcar, no estado do Paraná, teve início no ano de 1878 e como nas demais regiões canavieiras a substituição de variedades tem se mostrado uma forma de aumento de produtividade (Zambon, 2000).

A safra paranaense de cana-de-açúcar 2007/08 aponta para área plantada superior a 500 mil ha, que corresponde a um aumento de 150 mil ha em relação ao plantio de 2004. A expectativa é de crescimento de 15% na produção de álcool e açúcar no Estado. Atualmente, o Paraná já exporta etanol para vários países. Na safra 2006/07, exportou 270 milhões de litros, sendo que 82,1 milhões foram para os Estados Unidos, 40 milhões para o México, 34,5 milhões para a Holanda e o restante dividido entre vários países menores (Alcopar, 2007).

Conforme levantamento do Departamento de Economia Rural (Deral) da Secretaria da Agricultura e do Abastecimento, a estimativa para a safra de cana-de-açúcar 2007/08 no Paraná indicou uma área plantada de 518.450 ha de cana-de-açúcar. Isso pode resultar numa oferta média de 41 milhões de toneladas de cana, sinalizando uma expectativa de moagem de 34 a 35 milhões de toneladas no ano de 2008 (Zampieri, 2008).

As maiores expansões de plantio no período de 2006/2007 dentro do estado do Paraná estão nas regiões de Cornélio Procópio, com 39%; Londrina, com 40%; Paranavaí, com 27%; Umuarama, com 18%; Jacarezinho, com 15%; e a região de Maringá, com 10% (Alcopar, 2007).

2.2. Melhoramento genético da cana-de-açúcar

O melhoramento genético de plantas é a ciência da modificação dos caracteres hereditários dessas para torná-las mais úteis ao homem, portanto, parece lógico que o melhorista tenha conhecimentos de outras áreas científicas, tais como: botânica, genética, fitopatologia, entomologia, estatística, manejo e biotecnologia. O objetivo principal é aumentar a produção por unidade de área, por meio de maior capacidade produtiva, alta qualidade industrial, com características desejáveis para colheita mecanizada, resistentes às doenças e

aos insetos, e que em condições desfavoráveis produzam boas colheitas (Ridesa, 2005).

De acordo com Matsuoka (1996), em meados do século passado os canaviais do mundo todo passaram a apresentar graves problemas fitossanitários, com elevadas perdas de produção e, com isso, muitas indústrias foram à falência. Em virtude disso, e do conhecimento das leis da genética aliada à descoberta de que a cana produzia sementes, começaram os esforços para o melhoramento genético da cana-de-açúcar. Atualmente, os programas de melhoramento genético de cana-de-açúcar são desenvolvidos em diferentes países, por instituições públicas e privadas, ou em sistemas cooperativos formados por produtores. Esses empreendimentos são onerosos e a obtenção dos resultados pode demorar até 15 anos (Cesnik e Miocque et al., 2004).

No Brasil, os programas de melhoramento genético foram, inicialmente, criados por produtores curiosos, no início do século passado. Em 1972, foi criado o Programa Nacional de Melhoramento da Cana-de-açúcar (Planalsucar), o qual após sua extinção em 1990, passou a ser conduzido pelas Universidades Federais que compõe a Rede Interuniversitária para o Desenvolvimento do Setor Sucroalcooleiro (Ridesa). Atualmente a Ridesa é composta por oito Universidades Federais: Rural de Pernambuco (UFRPE), Alagoas (UFAL), Sergipe (UFS), Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), Viçosa (UFV), Goiás (UFG), São Carlos (UFSCar) e Paraná (UFPR). Essas instituições são responsáveis pelas variedades de cana-de-açúcar com a sigla RB (República do Brasil). Atualmente, há no Brasil quatro programas de melhoramento genético de cana-de-açúcar, sendo eles: Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), CTC (SP-CTC), Ridesa (RB) e, o mais recente deles, CanaVialis (CV) (Dias, 2007).

O IAC foi a primeira instituição a desenvolver estudos com cana-de-açúcar no Brasil, no período de 1892. Em Janeiro de 2002, foi criado o Centro APTA cana-IAC (Centro Avançado de Pesquisa Tecnológica do Agronegócio da Cana), localizado em Ribeirão Preto-SP. A Copersucar - Cooperativa Central dos Produtores de Açúcar e Álcool do estado de São Paulo foi criada em 1959 com o objetivo de comercializar os produtos de seus associados. Em 1968 a Copersucar deu início a um importante programa de melhoramento genético da cana-de-açúcar, incorporando a Copereste e sua estação experimental. Em 1970, foram produzidas 400.000 plântulas de sementes verdadeiras, provenientes de

cruzamentos realizados em Camamu, BA, em sua Estação Experimental de Floração e Cruzamentos. Esse programa foi substituído pelo CTC – Centro de Tecnologia Canavieira, estando nas mesmas instalações que eram ocupadas pela Copersucar, em Piracicaba, SP (Cesnik, 2007).

Em 1971, foi criado, pelo Instituto de Açúcar e do Alcool do então Ministério da Indústria e do Comércio, o Planalsucar – Plano Nacional de Melhoramento da Cana-de-açúcar, com abrangência nacional. Nessa mesma época foi instalada a Estação de Floração e Cruzamento de Serra do Ouro, em Murici, Alagoas, e criadas quatro coordenadorias: de Alagoas, em Maceió; de Pernambuco, em Recife; do Rio de Janeiro, em Campos; e de São Paulo, em Araras. A superintendência foi estabelecida em Piracicaba. Em 1972, o Planalsucar passou a fazer parte do Plano Nacional de Desenvolvimento, através do Plano Básico de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, do Sistema Setorial de Ciência e Tecnologia, do Ministério da Indústria e do Comércio. Seu programa produziu dois milhões de plântulas anualmente, durante toda a sua existência. Foi um programa de projeção internacional que deixou de existir com a extinção do IAA e, em 1981, o acervo técnico de suas estações experimentais foi incorporado às Universidades. A Ridesa foi criada em 1991, com o objetivo de dar continuidade aos programas do Planalsucar e suas cultivares hoje representam 50% de toda produção nacional (Cesnik, 2007).

A CanaVialis, criada em 2003, é única empresa privada de melhoramento genético de cana-de-açúcar do Brasil (Canavialis, 2007).

2.2.1. Seleção em cana-de-açúcar

O PMGCA/UFPR/RIDESA seleciona os genitores para os cruzamentos na Estação Experimental de Serra do Ouro, Murici – AL e, após a obtenção das sementes (em cana como toda gramínea é usual chamar de semente o fruto “cariopse”), elas são germinadas, sofrem aclimatação, para posteriormente serem transplantadas a campo, iniciando-se, assim, a primeira fase de seleção chamada de Fase T1. O T1 possui em média 400.000 genótipos plantados individualmente. Fazendo-se seleção nesses genótipos obtêm-se os genótipos para o plantio da Fase T2; em torno de 8.000. Nessa Fase T2 são feitas novas avaliações a campo,

apresentando um esquema estatístico de blocos aumentados. Após uma nova seleção, passa-se para Fase T3, com um número maior de ambientes e repetições, onde o número de genótipos utilizados será de 200. Os genótipos superiores são selecionados após as avaliações em campo e análises estatísticas de blocos aumentados. Nas Fases T1, T2 e T3, as avaliações são realizadas em cana-soca. Na fase de multiplicação (FM), os clones promissores são multiplicados para a fase de experimentação (FE), onde finalmente se tem aproximadamente 30 genótipos. Nesta fase, o plantio é realizado em vários ambientes, possibilitando o estudo da interação genótipo por ambiente e de adaptabilidade e estabilidade desses genótipos. Considerando todas essas etapas, o processo para a obtenção e liberação de uma nova variedade dentro do PMGCA/UFPR/RIDESA leva de 12 a 15 anos (IAA/Planalsucar, 1983; Daniels e Roach, 1987; Arizono, 1994; Zambon, 2000; Cesnik e Miocque, 2004; Matsuoka et al., 2005).

Na FE são realizadas quatro repetições e o delineamento usado é o de blocos ao acaso. Os genótipos são avaliados em pelo menos três safras no mesmo ambiente, seguido da avaliação em três épocas de colheita, cujo objetivo é adequar as futuras variedades ao período ideal de cultivo. Também é realizada nesta etapa a avaliação de adaptabilidade e estabilidade (Matsuoka et al., 2005).

A curva de maturação (CM) é realizada em uma área contígua ao experimento, com parcelas de três sulcos, em seis épocas de amostragem e duas repetições. As amostragens são realizadas em média a cada 30-40 dias. Também são realizadas avaliações de fibra da cana, Pol, pureza e açúcares redutores, antes que as novas variedades sejam liberadas (Matsuoka et al., 2005).

O principal objetivo de um programa de melhoramento de cana-de-açúcar é lançar novos genótipos que sejam mais rentáveis aos produtores, aumentando a produtividade e/ou reduzindo as perdas econômicas por um intervalo de tempo maior. A característica mais importante seria a elevada produção de açúcar por unidade de área, mensurado em Toneladas de pol por ha (TPH). Os componentes envolvidos para a maximização desta característica são a Tonelada de Cana por ha (TCH) e o teor de sacarose da cana (PCC – pol por cento/cana). Ambos os parâmetros são considerados de igual importância, sendo que para se estimar a tonelada de cana devem ser considerados ainda os componentes de rendimento: número de colmos por ha e massa de 1 (um) colmo, sendo este último composto

por componentes secundários, como diâmetro, estatura e densidade de colmos. Outras características de importância para um genótipo de cana-de-açúcar incluem: rápida brotação; vigorosa e prolongada soqueiras; tolerância à seca e ao frio; hábito de crescimento ereto, ausência de florescimento e chochamento dos colmos; estabilidade e adaptabilidades aos diferentes ambientes de cultivo; boa adaptabilidade para a colheita mecânica; resistência e/ou tolerância às principais doenças e pragas que incidem sobre a cultura (Bressiani, 2001; Matsuoka et al., 2005).

Segundo Peixoto (1986), o primeiro cruzamento interespecífico foi realizado em Java, no ano de 1893, mas o êxito com esta metodologia só foi obtido em 1921, também em Java com a variedade produtiva POJ2878, encontrada na genealogia da maioria dos genótipos comerciais cultivadas atualmente. Atualmente, os genótipos altamente promissores são liberados para plantio comercial com produção semelhante ou com pequena superioridade de até 5% no conteúdo de ATR (açúcares totais recuperáveis), em relação às principais variedades cultivadas (Barbosa et al., 2003). Desde a safra de 1998/99, o sistema de pagamento de cana-de-açúcar no Brasil baseia-se no conteúdo de ATR, que são constituídos de sacarose e açúcares redutores, frutose e glicose (Isejima et al., 2002).

2.3. Interação genótipo por ambiente

A interação genótipos por ambientes pode ser definida pela variação das respostas dos genótipos a diferentes ambientes. Para Quijada (1980), ela pode ser definida como a falta de uniformidade na resposta de dois ou mais grupos de plantas cultivadas em dois ou mais ambientes. Um grupo pode demonstrar o melhor crescimento em um ambiente, mas desenvolver-se mal em outro.

A principal maneira de estudar o comportamento de genótipos é por meio de ensaios de competição instalados em diferentes épocas e vários anos, em diversos ambientes ou regiões. A análise dos ensaios de competição identifica os genótipos que apresentam maior adaptação em cada região e determina a estabilidade de produção nos vários ambientes. Essa avaliação é realizada por meio de ensaios internacionais, nacionais, regionais e locais (Nunes et al., 2002).

Allard e Bradshaw (1964) definiram a resposta relativa dos genótipos em relação à variação dos ambientes em dois tipos: previsível e imprevisível. A primeira categoria inclui todos os fatores permanentes do ambiente, como características gerais do clima e do tipo de solo e também as características do ambiente que variam de uma maneira sistemática, como o comprimento do dia. Inclui ainda os aspectos do ambiente que são determinados pelo homem, como data de plantio, método de preparo do solo e colheita. A segunda categoria inclui as flutuações variáveis do ambiente, como a distribuição de chuvas e variações na temperatura.

A identificação de genótipos, que apresentam alta estabilidade fenotípica, ou seja, genótipos que possuem boa adaptabilidade geral, capazes de produzir bem sob diferentes condições do meio, com amplas flutuações estacionais, são a alternativa amplamente empregada para atenuar o efeito da interação genótipo por ambiente, uma vez que pode ser empregada em diferentes situações (Cruz e Regazzi, 2001; Eberhart e Russel, 1966).

Há alternativas para diminuir os efeitos das interações genótipos por ambientes. Uma das mais empregadas é a identificação de genótipos em (FE), por meio de diversas metodologias de adaptabilidade e estabilidade. Independente da metodologia empregada, as informações obtidas nestes experimentos permitem classificar os genótipos quanto à adaptabilidade e estabilidade, identificando os mais apropriados para determinada condição ambiental ou região (Rosse et al., 2002).

Na literatura, podem ser encontrados vários métodos para avaliar o comportamento de genótipos. Eberhart e Russell (1966) propuseram um modelo de regressão linear simples, que sobressaiu nos estudos de desempenho genotípico. Apesar de alguns autores terem proposto modificações nesse método, observa-se um maior uso do procedimento sugerido originalmente. Carneiro (1998), visando ao aprimoramento do método proposto por Lin e Bins, sugeriu a decomposição da medida de adaptabilidade e estabilidade de comportamento para ambientes favoráveis e desfavoráveis, tornando o método ainda mais eficiente e promissor no uso pelos melhoristas (Lopes et al., 2001).

Conforme Vendruscolo (1997), as metodologias de análise da estabilidade e adaptabilidade dos genótipos também são ferramentas úteis na verificação dos efeitos da interação genótipo por ambiente no desempenho

fenotípico dos genótipos. A autora afirma que estas metodologias são úteis quando se deseja minimizar o risco de cometer erros na seleção de genótipos na presença de efeito significativo da interação genótipo por ambiente, tendo assim maior previsibilidade de comportamento dos genótipos frente às variações ambientais.

Quando o objetivo é selecionar genótipos produtivos em um amplo espectro de ambientes, é interessante que a interação genótipo por ambiente seja de baixa magnitude e tenha efeito não significativo. Para selecionar genótipos altamente adaptados a ambientes específicos, preferem-se situações de grande interação genótipo por ambiente. Um genótipo que é superior em ambientes muito específicos, mas que apresenta comportamento medíocre em outros, só terá valor se as condições ambientais requeridas por ele forem prevalentes. Como as condições de ambiente são bastante flutuantes, deve-se ter cautela na indicação de genótipos. Tanto para espectro amplo ou restrito de ambientes, sempre deve ser estimada a significância, a natureza e a magnitude da interação genótipo por ambiente (Borém, 1997).

Bressiani (2001), trabalhando na fase T1, constatou a dificuldade na seleção de famílias adaptadas a diferentes ambientes, concluindo que o ambiente influencia na família dos genótipos de cana-de-açúcar, obtendo significativa interação família por ambiente.

Bressiani (2002) obteve diferenças significativas entre ambientes e os caracteres analisados, sendo a fonte de variação da interação entre famílias e ambientes (FA) a que apresentou maior magnitude, com efeitos significativos para todos os caracteres avaliados $p < 0,01$. Um detalhamento da magnitude dessa interação faz-se necessário, pois esses valores servirão de subsídios ao melhorista para a escolha dos genótipos (famílias) que apresentam adaptação ampla ou restrita aos ambientes específicos.

2.4. Adaptabilidade e estabilidade fenotípica

O valor fenotípico de um indivíduo, quando avaliado em um ambiente, é o resultado da ação do efeito genotípico sob a influência do meio ao qual é submetido. No entanto, ao avaliar o mesmo indivíduo em vários ambientes, surge,

frequentemente, um componente adicional que influencia o seu valor fenotípico, que é denominado interação entre os efeitos genotípicos e os ambientais. Essa interação quantifica o comportamento diferenciado dos genótipos diante das variações ambientais (Cruz e Carneiro, 2003).

A interpretação dos termos adaptabilidade e estabilidade é apresentada diferentemente por cada pesquisador. Mariotti et al. (1976), citado por Cruz e Carneiro (2003), sugerem que a adaptabilidade seria a capacidade dos genótipos responderem vantajosamente à melhoria do ambiente, enquanto a estabilidade refere-se à capacidade dos genótipos apresentarem comportamento altamente previsível em função das variações ambientais.

Verma et al. (1978) definiram a adaptabilidade como a capacidade dos genótipos apresentarem rendimentos elevados e constantes em ambientes desfavoráveis, mas com competência para responder à melhoria das condições ambientais. Para caracteres como produtividade de grãos estes conceitos são os mais atuais. A estabilidade de comportamento de um genótipo também pode ser definida como a previsibilidade de sua adaptabilidade ou, em termos estatísticos, como o ajuste do genótipo ao modelo (linear, bissegmentado ou não-linear) adotado.

Cruz e Carneiro (2003) recomendam utilizar o termo performance genotípica para designar o desempenho, o comportamento e as flutuações de um genótipo quando desenvolvido em vários ambientes. Utiliza-se o termo desempenho quando relacionado a caracteres como produtividade de grãos e comportamento quando se refere a caracteres como resistência a doenças.

Atualmente, há mais de três dezenas de metodologias de análise de adaptabilidade e de estabilidade destinadas à avaliação de grupos de genótipos, testados numa série de ambientes contrastantes. Estas metodologias são fundamentadas na existência de interações e distinguem-se dos conceitos de estabilidade adotados e de certos princípios estatísticos empregados. A escolha de um método de análise depende dos dados experimentais, principalmente os relacionados com o número de ambientes disponíveis, da precisão requerida e do tipo de informação desejada. Deve-se também considerar que alguns são alternativos, enquanto outros são complementares, podendo ser utilizados conjuntamente (Cruz, et al., 2004).

Lin et al. (1986) apresentam uma revisão sobre várias metodologias de análise da interação genótipo por ambiente, bem como da estabilidade e da adaptabilidade. Dentre as diversas metodologias existentes, destacam-se as metodologias baseadas em regressão linear, tais como as metodologias propostas por Finlay e Wilkinson (1963) e Eberhart e Russel (1966). Além destas, existem metodologias baseadas em análises de variância (Anava): método tradicional, descrito pelos autores Plaisted e Peterson (1959), Wricke (1962) e Annicchiarico (1992). Há também outras baseadas em regressão bilinear, como a proposta por Verma et al. (1978), e as metodologias baseadas em regressão linear bissegmentada, propostas por Cruz et al. (1989), ambas originadas a partir da idéia de regressão linear simples. Metodologias baseadas em análises não-pamétricas, por sua vez, vêm sendo bastante utilizadas, como as metodologias propostas por Lin e Binns (1988) e Huehn (1990), as quais se mostram positivamente correlacionadas com as demais (Scapim et al., 2000; Lin e Binns, 1988; Farias et al., 1997), além de proporcionarem fácil interpretação dos resultados obtidos. Todavia, há outras metodologias propostas para o estudo da interação genótipo por ambiente e para a análise da estabilidade e adaptabilidade, assim como a proposta por Eskridge (1990), a análise AMMI (*additive main effects and multiplicative interaction analysis*), que, entre outras, vem sendo pouco utilizadas pelos melhoristas de plantas. Esta última combina técnicas univariadas e multivariadas de análise para um estudo mais eficiente da interação genótipo por ambiente.

Várias são as metodologias de análise de adaptabilidade e estabilidade, destinadas à avaliação de um grupo de materiais genotípicos testados em uma série de ambientes encontradas na literatura. As mais utilizadas são aquelas baseadas em regressão linear (Eberhart e Russel, 1966; Cruz et al., 2004).

O método de Eberhart e Russel tem sido empregado quando se dispõe de um número de ambientes acima de três. Com ambientes em número igual ou maior do que oito, pode-se adotar um modelo bissegmentado. De maneira geral, a análise da estabilidade, além das propriedades intrínsecas que possui, é uma maneira alternativa de estudar o fenômeno da interação genótipos por ambientes (Vencovsky e Barriga, 1992).

Barbosa et al. (2002) observaram a interação de genótipos por ambientes E alcançaram resultados de adaptabilidade e estabilidade em cana-de-açúcar. Os

referidos autores detectaram grande variabilidade entre as médias de tonelada de cana por ha TCH em 9 (nove) ambientes distintos com genótipos promissores da séries RB92 e RB93, com respostas diferentes dos genótipos a diferentes ambientes.

Zeni Neto et al. (2005) trabalharam com a característica TPH, utilizando a metodologia proposta por Eberhart e Russell (1966) com 16 genótipos das séries RB92/93/94 em 6 ambientes distintos. Estes pesquisadores conseguiram concluir com o método aplicado que o genótipo RB935744 foi o mais promissor, recomendado para 14 ambientes inferiores, sendo o genótipo RB936109 o mais promissor para ambientes superiores, ambos com alta estabilidade.

2.5. Metodologia proposta por Eberhart e Russel (1966)

A metodologia proposta por Eberhart e Russel (1966) é uma das mais utilizadas por melhoristas de plantas para avaliar a adaptabilidade e estabilidade produtiva dos genótipos. Da mesma forma que a metodologia de Finlay e Wilkinson (1963), é baseada em análise de regressão linear ($y = A + BX$). Na metodologia de Eberhart e Russel, a adaptabilidade é avaliada por meio de análise de regressão linear, na qual é estimada uma equação de regressão para cada genótipo em teste. Assim, são fornecidas informações sobre a resposta relativa de cada um dos genótipos avaliados em relação às médias dos ambientes, bem como em relação à sua resposta linear (Eberhart e Russel, 1966). A metodologia proposta por Finlay e Wilkinson (1963) difere da metodologia de Eberhart e Russel (1966) por não estimar os desvios da regressão. Estes desvios dão a idéia da resposta linear de cada genótipo, o que leva esta metodologia a exigir uma transformação previa dos dados para uma escala logarítmica, pois assim os dados tendem a ser linearizados, eliminando o efeito significativo dos desvios da regressão.

Na análise de Eberhart e Russel (1966), considera-se o coeficiente de intercepto (β_{0i}), coeficiente angular (β_{1i}), os desvios da regressão ($\delta_{ij} = S_d^2$), um índice ambiental (I_j), ou qualidade do ambiente, que pode ser obtido por meio da média do ambiente menos a média geral, e o erro experimental (ε_{ij}). Além disso,

são estimados os coeficientes (R^2) para cada uma das equações obtidas para cada um dos genótipos, para verificar o ajuste da equação ao genótipo em questão. Assim, torna-se possível estimar a resposta fenotípica de todo genótipo a partir de índices de qualidade ambiental.

Esta análise é capaz de fornecer estimativas referentes à estabilidade, bem como à adaptabilidade, ou seja, tanto os coeficientes de regressão dos valores fenotípicos de cada genótipo em relação ao índice ambiental, quanto os desvios da regressão proporcionam estimativas de parâmetros de adaptabilidade e estabilidade, respectivamente (Cruz e Regazzi, 2001).

O seguinte modelo de regressão é adotado para esta análise:

$$Y_{ij} = \beta_{0i} + \beta_{1i}I_j + \delta_{ij} + \bar{\varepsilon}_{ij}$$

Onde:

Y_{ij} = Média do i – *ésimo* genótipo no j – *ésimo* ambiente.

β_{0i} = Média geral do i – *ésimo* genótipo: $\hat{\beta}_{0i} = \bar{Y}_i$

β_{1i} = Coeficiente de regressão linear do i – *ésimo* genótipo.

$$\hat{\beta}_{1i} = \frac{\sum_{j=1}^a (Y_{ij} - \bar{Y}_i)(\bar{Y}_j - \bar{Y})}{\sum_{j=1}^a (\bar{Y}_j - \bar{Y})^2}$$

I_j = Índice ambiental codificado: $I_j = \bar{Y}_j - \bar{Y}$; sendo $\sum_{j=1}^a I_j = 0$

δ_{ij} = Desvio da regressão, estimado por $\hat{\sigma}_{di}^2$

$$\hat{\sigma}_{di}^2 = \frac{\sum_{j=1}^a \hat{\delta}_{ij}^2}{(a-2)} = \frac{QMD_i - QMR}{r}$$

$\bar{\varepsilon}_{ij}$ = Erro experimental médio.

a = Número de ambientes.

r = Número de repetições.

$$QMD_i = \frac{r}{a-2} \left[\sum_{j=1}^a Y_{ij}^2 - \frac{\bar{Y}_i^2}{a} - \frac{\left(\sum_{j=1}^a Y_{ij} I_j \right)^2}{\sum_{j=1}^a I_j^2} \right] \text{ (valido para qualquer } i \text{)}$$

$$\bar{\varepsilon}_{ij} = \hat{\sigma}_\varepsilon^2 = \frac{1}{r} \hat{\sigma}^2 = \frac{QMR}{r}$$

Desta forma, pela metodologia proposta por Eberhart e Russel (1966), é possível estimar a adaptabilidade, bem como a estabilidade fenotípica dos genótipos. A adaptabilidade pode ser estimada a partir do coeficiente de regressão (β_1) e os genótipos podem ser classificados em genótipos de adaptabilidade ampla ou específica.

Genótipos de adaptabilidade ampla são aqueles que apresentam coeficiente de regressão (β_1) igual a 1,0, ou seja, este genótipo é capaz de apresentar bons resultados tanto em ambientes de ótima qualidade, quanto em ambientes ruins. Já os genótipos de adaptabilidade específica são aqueles capazes de apresentar bons resultados apenas em ambientes específicos, de acordo com a exigência de cada genótipo. Existem genótipos específicos para ambientes de baixa qualidade ($\beta_1 < 1,0$), bem como genótipos específicos para ambientes de ótima qualidade ($\beta_1 > 1,0$). Estes genótipos normalmente não são de grande interesse para os melhoristas, uma vez que as condições ambientais estão sempre flutuando e, assim, tais genótipos nunca apresentariam previsibilidade produtiva (Cruz e Regazzi, 2001).

Como parâmetro de estabilidade é tomada a estimativa dos desvios da regressão ($S_d^2 = \hat{\sigma}_{di}^2$), sendo que são considerados estáveis aqueles genótipos que apresentam estatisticamente iguais a zero (considerando uma probabilidade α de erro). Entretanto, algumas vezes pode ocorrer que muitos dos genótipos avaliados, com rendimento médio superior, apresentem ($\hat{\sigma}_{di}^2$) estatisticamente diferentes de zero, dificultando a seleção. Neste caso, uma medida auxiliar que pode ser utilizada para a comparação da estabilidade destes genótipos é o coeficiente de determinação R^2_i (Cruz e Regazzi, 2001).

$$R_i^2 = \frac{SQ(\text{regressão})_i}{SQ(A/G_i)}$$

Portanto, na metodologia proposta por Eberhart e Russel (1966), a estabilidade está relacionada à previsibilidade de produção. Sendo assim, o genótipo mais estável será aquele que não apresentar desvios da regressão significativos ($S_d^2 = zero$), considerando-se um nível de probabilidade de erro α ou coeficiente de determinação (R^2) o mais próximo de 1,0. Langer et al. (1979) estudaram a associação entre os diferentes índices de estabilidade de aveia e concluíram que (R^2) é positivo e altamente correlacionado com (S_d^2), indicando que estes dois parâmetros têm essencialmente a mesma medida.

2.6. Metodologia proposta por Lin e Binns (1988)

A metodologia proposta por Lin e Binns (1988) vem sendo muito utilizada por melhoristas de plantas por se tratar de uma metodologia relativamente simples quanto à sua interpretação, além de proporcionar resultados seguros quanto à estabilidade produtiva de genótipos. Trata-se de uma técnica baseada em métodos não paramétricos, difere das metodologias baseadas em regressão linear e ainda possibilita identificar um ou mais genótipos com desempenho próximo ao máximo nos vários ambientes testados. Esta metodologia caracteriza os genótipos superiores por meio de um simples parâmetro P_i , associado à estabilidade e à produtividade, e define um genótipo superior como aquele que apresenta performance próxima do máximo nos vários ambientes testados (Lin e Binns, 1988; Helgadóttir e Kristjansdóttir, 1991). Esta definição de superioridade é similar ao real objeto dos melhoristas e, assim, um genótipo superior deveria apresentar-se sempre entre os mais produtivos no maior número de ambientes (Farias et al., 1997). Este é o motivo de esta metodologia estar sendo muito utilizada por melhoristas para avaliação da estabilidade produtiva de plantas cultivadas.

A estimativa dos valores de P_i é caracterizada pela fórmula abaixo:

$$P_i = \sum_{j=1}^n (X_{ij} - M_j)^2 / (2n)$$

Em que:

P_i : Estimativa da adaptabilidade e estabilidade do genótipo i .

X_{ij} : Produtividade do i -ésimo genótipo no j -ésimo ambiente.

M_j : Resposta máxima observada entre todos os genótipos no ambiente j .

n : Número de ambientes.

Se a seleção for realizada apenas com base nas estimativas de P_i , os genótipos estreitamente adaptados, ou seja, pobres em adaptabilidade geral, mas bons em adaptabilidade específica, podem ser descartados (Lin e Binns, 1988).

Assim, os autores propõem uma decomposição desta equação em duas partes:

$$P_i = \frac{\left[n(\bar{X}_i - \bar{M})^2 + \sum_{j=1}^n (X_{ij} - \bar{X}_i - M_j - \bar{M})^2 \right]}{2n}$$

Em que:

\bar{X}_i : Refere-se à média das produtividades dos genótipos obtidas nos n ambientes.

$$\bar{X}_i = \sum_{j=1}^n \frac{X_{ij}}{n}$$

\bar{M} : Refere-se à média das respostas máximas de todos os genótipos em todos os ambientes.

$$\bar{M} = \sum_{j=1}^n \frac{M_j}{n}$$

\bar{M}_j = Média do i -ésimo genótipo superior no j -ésimo ambiente.

A primeira parte da equação diz respeito à soma de quadrados relativa apenas ao efeito genético, enquanto a segunda é a soma de quadrados relativa ao efeito da interação entre genótipo por ambiente, quando mais de dois genótipos são comparados (Lin e Binns, 1988). Os autores afirmam que é

possível identificar tanto os genótipos de adaptabilidade ampla quanto os de adaptabilidade específica.

De forma geral, o ideal é selecionar genótipos com média de produtividade elevada, com adaptabilidade ampla e, conseqüentemente, com boa estabilidade produtiva. Isso se resume à seleção de genótipos que apresentem as menores estimativas de P_i , além da baixa contribuição do i -ésimo genótipo para a interação genótipo por ambiente (Lin e Binns, 1988).

Conforme Scapim et al. (2000), em trabalho de avaliação da estabilidade de genótipos de milho, o parâmetro de estabilidade P_i apresenta correlação negativa e significativa com o coeficiente de regressão β_{i1} proposto por Eberhart e Russel (1966), indicando que genótipos mais responsivos tendem a apresentar menores estimativas de P_i e, assim, mostram maior estabilidade produtiva.

Sendo assim, Lin e Binns (1988) trabalharam com o quadrado médio da distância entre a média do genótipo em questão e a resposta média máxima obtida no ambiente para definir adaptabilidade e estabilidade. Assim, obtiveram, como Hernandez et al. (1993), um único parâmetro, denominado de P_i , o qual explicaria a estimativa da adaptabilidade e estabilidade do genótipo i .

Ao compreender o parâmetro P_i como estabilidade e adaptabilidade, é necessário levar em conta que, nos métodos que avaliam a performance perante a análise de regressão, o índice ambiental, definido como a diferença entre a média dos genótipos em cada ambiente e a média geral, representa a variável independente. Portanto, o coeficiente de regressão da média dos genótipos avaliados em cada ambiente em função dos índices ambientais, que nesse caso é a variável dependente sendo a média dos genótipos em cada ambiente menos uma constante (média geral), é igual a um (1). Assim, a regressão do valor máximo, ou resposta máxima de cada ambiente em função dos índices ambientais, também apresentará coeficiente de regressão igual, ou muito próximo à unidade. Empiricamente, tem sido demonstrado ser esse fato verdadeiro (Cruz e Carneiro, 2003).

Cruz e Carneiro (2003) consideram ainda que, em razão da estatística deste método ser o quadrado médio da distância em relação à resposta máxima em cada ambiente e não a distância simples, ela tem propriedade de variância.

Resumidamente, ela pondera de maneira eficiente os desvios de comportamento dos genótipos ao longo dos ambientes ou, ainda, considera a estabilidade de comportamento. Sabe-se, portanto, que a estatística P_i leva em conta o rendimento do genótipo e a resposta relativa ao genótipo com coeficiente de regressão igual à unidade, sendo então uma medida de adaptabilidade e a sua flutuação a medida da estabilidade fenotípica. Estas propriedades fazem com que P_i seja uma estatística eficiente para avaliar os parâmetros adaptabilidade e estabilidade fenotípica, mesmo não sendo o conceito mais atual para adaptabilidade.

Posteriormente, a estimativa P_i foi decomposta conforme a proposta de Carneiro (1998), na qual se utiliza os índices ambientais positivos, incluindo o valor zero para estimar-se o P_{if} e da mesma forma, mas com os índices ambientais negativos estima-se o P_{id} , conforme apresentados respectivamente nas fórmulas abaixo:

$$P_{if} = \sum_{j=1}^n (X_{ij} - M_j)^2 / (2f)$$

Em que:

P_{if} : Estimativa da adaptabilidade e estabilidade do genótipo i somente em ambientes favoráveis.

f : Número de ambientes favoráveis.

X_{ij} e M_j : Respectivamente: produtividade do i -ésimo genótipo no j -ésimo ambiente, e resposta máxima observada entre todos os genótipos no ambiente j .

$$P_{id} = \sum_{j=1}^n (X_{ij} - M_j)^2 / (2d)$$

Em que:

P_{id} : Estimativa da adaptabilidade e estabilidade do genótipo i somente em ambientes desfavoráveis.

d : Número de ambientes desfavoráveis.

X_{ij} e M_j : Respectivamente: produtividade do i -ésimo genótipo no j -ésimo ambiente; e resposta máxima observada entre todos os genótipos no ambiente j .

Para que esse parâmetro suprisse as necessidades dos melhoristas, o mesmo foi dividido para ser utilizado, além da forma geral, em ambientes favoráveis e desfavoráveis. O parâmetro P_i é comumente chamado de MAEC (Medida de Adaptabilidade e Estabilidade de Comportamento) (Cruz e Carneiro, 2003). A classificação dos ambientes segundo essa metodologia é baseada nos índices ambientais que nada mais são do que a diferença dos genótipos em cada ambiente e a média geral. Isso torna o trabalho dos melhoristas mais prático e adequado, pois esses profissionais terão os melhores genótipos de forma geral e poderão direcioná-los especificamente para aquele ambiente que se tenha maior aplicação de tecnologia como para aquele que não tenha esse manejo, ou seja, poderá recomendar genótipos para ambientes favoráveis ou desfavoráveis.

O Maec fornece algumas vantagens em relação a outros métodos para analisar a performance genotípica, pois possui grande facilidade na interpretação dos resultados. Fornece tanto a definição de adaptabilidade como a estabilidade de comportamento e também permite recomendação de genótipos visando ambientes desfavoráveis e favoráveis exclusivamente (Verma et al., 1978).

Muitos autores confirmam a facilidade de trabalhar com a estatística P_i , conseguindo recomendar materiais promissores para diferentes ambientes e em alguns trabalhos afirmam que essa metodologia é mais confiável que as outras comparadas (Farias et al., 1997; Souza et al., 2005; Côrrea et al., 2006).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Caracterização dos ambientes

Os experimentos foram conduzidos em campo nos anos agrícolas de 2004/2005 e 2005/2006, para a série RB96, em 6 (seis) unidades produtoras no estado do Paraná (Quadro 1).

Quadro 1 – Localização das unidades de experimentação e seus respectivos municípios produtores de cana-de-açúcar, onde foram implantados os experimentos da Série RB96

Município	Altitude (m) ¹	Latitude	Longitude
Rondon	530	23° 23' 00" S	52° 43' 00" W
Nova Londrina	480	22° 55' 00" S	53° 15' 00" W
Ibaití	850	23° 50' 45" S	50° 11' 16" W
Goioere	505	24° 11' 05" S	53° 01' 39" W
São Pedro do Ivaí	400	23° 52' 00" S	51° 41' 00" W
Cidade Gaúcha	550	23° 22' 30" S	52° 56' 00" W

(m)¹ - em relação ao nível do mar

Fonte: IBGE (2009).

As áreas dos experimentos estão localizadas no terceiro Planalto Paranaense, geologicamente, segundo a Mineropar (2006). Os municípios de Cidade Gaúcha, Nova Londrina, Rondon estão sobre o Grupo Bauru, da era Mesozóica, no qual se inclui a Formação Caiuá, que por sua vez está acima dos solos derivados da Serra Geral. O município de São Pedro do Ivaí também está acima de uma formação geológica da idade Mesozóica, mas pertencente ao Grupo São Bento, o qual engloba a Formação Serra Geral. Ibaití é o único município que pertence à era geológica mais antiga, era Paleozóica, onde se encontra o Grupo Itararé com a Formação Rio do Sul, Mafra e Campo Tenente. Os solos derivados da alteração das rochas intrusivas e extrusivas básicas provenientes do basalto da Formação Serra Geral são profundos, permeáveis, bem drenados e ocorrem sobre topografia entre plana a ondulada. Apresentam

alta capacidade de absorção de água e propriedades físicas boas ao desenvolvimento dos vegetais, com predominância de Latossolos Vermelhos, Nitossolos e Argissolos. O arenito presente na Formação Caiuá apresenta textura que varia de arenosa à média, com elevado teor de areia e baixa porcentagem de argila, comum nos setores mais elevados da região. São solos extremamente friáveis e, conseqüentemente, com alta suscetibilidade à erosão. Predominam nessa ordem os solos Latossolos Amarelos, Latossolos Vermelho – Amarelos e Cambissolos.

A região produtora de cana-de-açúcar possui o clima, segundo a classificação de Köppen, predominantemente do tipo Cfa, o qual é classificado como subtropical mesotérmico úmido sem estação seca e com média de temperatura do mês mais quente acima dos 22° C (Iapar, 2006).

3.2. Fase de experimentação – PMGCA/UFPR/RIDESA

A fase de experimentação (FE) do PMGCA/UFPR/RIDESA é identificada pela sigla RB, seguida do ano do cruzamento denominado série. A partir de 2004, a metodologia seguida foi de compor os FE's, com os melhores genótipos das séries e com maior número de genótipos da última série que levará o ano. O grupo da FE RB96 precoce foi composto das séries RB85(1), RB92 (2), RB94 (2), RB95 (2) e RB96 (7) e dos padrões da serie RB85 (2).

3.3. Experimentos série RB96 precoces

Nos experimentos, as parcelas foram constituídas de 4 (quatro) linhas de 8,0 m de comprimento, espaçadas de 1,40 m, com 16 gemas por metro linear, caracterizando uma área útil de 56 m². Foram colhidas por parcela 3 (três) amostras de 15 (quinze) colmos, retiradas dos dois sulcos centrais, desprezando-se 1,00 m a título de bordadura, na frente e no fundo da parcela.

As avaliações feitas na colheita foram as seguintes:

a) Contagem do número de colmos, dos dois sulcos centrais, para obtenção do número de colmos por metro (NCM);

b) Massa de 10 colmos (M10): correspondeu à pesagem, em quilograma, de 10 (dez) colmos em cada parcela, colhidos aleatoriamente. Foi realizada coleta manual dos colmos, desponte próximo à folha +1 e a pesagem no local do experimento, sendo utilizado um suporte móvel com um dinamômetro acoplado.

c) Pol: o teor de pol por cento cana foi obtido por análise tecnológica a partir de 10 colmos por parcela.

d) Tonelada de cana por ha (TCH), obtida pela fórmula:

$$TCH = \frac{NCM \cdot PIC \cdot 71,42}{1000m^2}$$

e) Tonelada de pol por ha TPH obtida pela fórmula:

$$TPH = \frac{(TCH) \cdot (POL)}{100}$$

Quadro 2 – Relação dos genótipos (G) de cana-de-açúcar que compõem a série RB96 e seus respectivos genitores

Número	Genótipos	Genitores
G-1	RB855046	SP70-1143 X TUC71-7
G-2	RB855156 *	RB72454 X TUC71-7
G-3	RB855453 *	TUC71-7 X ?
G-4	RB925211	RB855206 x ?
G-5	RB925345	H59-1966 x ?
G-6	RB945961	RB855206 x ?
G-7	RB946903	RB765418 x RB72454
G-8	RB955970	RB845197 x RB835486
G-9	RB956911	RB855206 x RB855035
G-10	RB965902	RB855536 x RB855453
G-11	RB965911	RB855546 x ?
G-12	RB965920	? x ?
G-13	RB966922	? x ?
G-14	RB966925	RB835486 x RB855536
G-15	RB966927	RB835486 x RB855536
G-16	RB966928	RB855156 x RB815690

(*) – Padrões Fonte: Ridesa (2005).

(G) – Genótipo.

A característica utilizada para calcular a performance fenotípica neste estudo foi TPH.

Para a FE RB96 foram utilizados 14 genótipos precoces e dois padrões, os quais são as variedades comerciais mais plantadas no estado do Paraná (Quadro 2). O plantio foi realizado no mês de março de 2004 e colhido com 13 meses para cana-planta e 12 meses para cana-soca.

3.4. Condução dos experimentos

O preparo do solo empregado foi o cultivo mínimo. A adubação de cana-planta foi de 500 kg/ha do adubo formulado 05-25-25, colocado no sulco. As mudas de cana-de-açúcar foram retiradas de cana-planta, com idade entre 8 (oito) e 10 (dez) meses. O plantio foi manual, com a cobertura realizada com cobridor mecânico. O controle de plantas daninhas foi realizado com herbicidas recomendados para a cana-de-açúcar e utilizados nas unidades produtoras.

A adubação de cana-soca foi realizada logo após o corte, com 600 Kg/ha do formulado 20 – 00 – 20. A colheita foi manual em cana crua, sem queima e os dados foram estimados por biometria, observando um período de 13 (treze) meses para o primeiro corte (cana-planta) e 12 (doze) meses para os corte seguintes (cana-soca).

3.5. Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado para a série RB96 precoce foi o de blocos casualizados, com três repetições. Utilizou-se para nível de comparação os padrões G2-RB855156 e G3-RB855453. Após a obtenção dos dados, foram realizadas análises de variância (Anova) para cada ambiente, em cada ciclo. Com esses dados, foi realizada a análise conjunta a fim de verificar a significância dos efeitos da interação entre genótipos por ambiente.

Realizou-se testes de comparações entre médias para a característica de TPH e, em caso de interação genótipo por ambiente significativa $p < 0,05$, estes testes foram desdobrados para cada um dos ambientes em questão. Esta

comparação foi realizada pela metodologia de Scott e Knott (1974), considerando o efeito do genótipo como fixo e do ambiente como aleatório sem nenhuma decomposição do grau de liberdade.

Modelo adotado para análise:

$$Y_{ijk} = m + G_i + B/A_{jk} + A_j + GA_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Em que:

Y_{ijk} : Representa o i – *ésimo* genótipo, no j – *ésimo* ambiente e o k – *ésimo* bloco.

m : Média geral do ensaio.

G_i : Efeito do i – *ésimo* genótipo.

A_j : Efeito do j – *ésimo* ambiente.

B/A_{jk} : Efeito de blocos dentro de ambiente.

GA_{ij} : Efeito da interação do i – *ésimo* genótipo com o j – *ésimo* ambiente.

ε_{ijk} : efeito o erro experimental.

3.6. Calculo dos parâmetros

O procedimento estatístico adotado para a análise da adaptabilidade e estabilidade dos genótipos foi a metodologia proposta por Eberhart e Russel (1966) e Lin e Binns (1988). Essa última foi complementada pelo método proposto por Carneiro (1998).

No método de Eberhart e Russel (1966), o coeficiente de regressão (β) está associado ao componente linear, indicando a adaptabilidade do genótipo, ou seja, sua capacidade de responder à melhoria do ambiente. Os desvios da regressão $\sigma^2 d$ estão associados ao componente não-linear e indicam a estabilidade de comportamento. O genótipo com $\sigma^2 d = 0$ teria comportamento previsível, de acordo com a grandeza do índice ambiental. Os parâmetros de estabilidade no modelo de Eberhart e Russell (1966) são o coeficiente de regressão β , obtido pela regressão linear da média dos genótipos em cada ambiente, e o componente de variância dos desvios da regressão linear $\sigma^2 di$. Assim, tem-se que o genótipo é estável quando $\sigma^2 d = 0$; instável, quando

$\sigma^2 d \neq 0$; de adaptabilidade ampla, se $\beta = 1$; adaptado a ambientes favoráveis, se $\beta > 1$, e adaptada a ambientes desfavoráveis, se $\beta < 1$. A hipótese de que qualquer coeficiente de regressão não difere da unidade foi avaliada pelo teste t , e a hipótese de que os desvios de regressão de cada genótipo não diferem de zero foi mensurada pelo teste F .

O método de Lin e Binns (1988) estima a estatística P_i , que representa o comportamento geral do genótipo. Essa estatística é o quadrado médio da distância entre a média do genótipo e a resposta média máxima entre todos os genótipos para cada ambiente. Carneiro (1998) decompôs a estatística P_i , considerando o comportamento para ambiente favorável (P_{if}), que é o quadrado médio da distância entre a média do genótipo e a resposta média máxima entre todos os genótipos para cada ambiente favorável, e P_{id} para ambiente desfavorável (P_{id}), que é o quadrado médio da distância entre a média do genótipo e a resposta média máxima entre todos os genótipos para cada ambiente desfavorável.

As análises foram realizadas usando o programa estatístico Genes, da Universidade Federal de Viçosa (UFV) na sua versão 2005 (Cruz, 2001), exceto a comparação entre médias, a qual foi realizada pelo programa Sisvar, Universidade federal de Lavras (UFLA) (Ferreira, 1999).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Análise de variância

4.1.1. Análises por ciclo (cana-planta e cana-soca)

Foram realizadas as análises de variância conjunta para a característica tonelada de pol ha TPH em cana-planta (Quadro 3) e cana-soca (Quadro 4), nos seis ambientes. Essas duas análises conjuntas foram possíveis, uma vez que a razão entre o maior e o menor quadrado médio do resíduo (QMR) foi menor que 7:1 (Pimentel-Gomes, 1990). Em ambos os ciclos da cana foi possível detectar efeitos principais significativos, em nível de 5% de probabilidade, de genótipos e ambientes e da interação genótipos por ambientes. Esses fatos significam que as médias gerais dos genótipos (efeito fixo) testados diferiram para a característica avaliada e existe variabilidade dos ambientes (efeito aleatório). Isso reflete, claramente, os efeitos dos fatores edafoclimático dos ambientes ou ciclos da cultura em que os trabalhos foram desenvolvidos.

Quadro 3 - Análise de variância conjunta de genótipo de cana-planta, série RB96, para a característica TPH

FV	GL	QMR	F	Prob
Bloco/ambiente	12	6,00867 ^{ns}	1,371	0,1832
Ambiente	05	798,59361 *	182,266	0,0001
Genótipo	15	38,64467 *	8,820	0,0001
Genótipo*ambiente	75	17,22478 *	3,93128	0,0001
Resíduo	180	4,3814		
Total	287			
Relação maior (QMR) /menor (QMR) = 5, 62933				

*Significativo, em nível de 5% de probabilidade do erro.

^{ns} Não significativo, em nível de 5% de probabilidade do erro.

Observa-se que a interação genótipos por ambientes foi significativa ($p < 0,05$) para as duas análises, o que demonstra que os genótipos apresentam comportamento diferenciado frente os ambientes, justificando a avaliação da adaptabilidade e estabilidade (Cruz e Regazzi, 2001). Existem evidências

probabilísticas da oportunidade de aproveitar a interação genótipos por ambientes para a seleção de genótipos com máxima estabilidade e adaptabilidade (Melo, et al., 2006).

Quadro 4 - Análise de variância conjunta de genótipo de cana-soca, série RB96, para a característica TPH

FV	GL	QMR	F	Prob
Bloco/ambiente	12	6,013751 ^{ns}	0,805	0,6452
Ambiente	05	524,843423 *	70,238	0,0001
Genótipo	15	55,245417 *	7,393	0,0001
Genótipo*ambiente	75	13,811737 *	1,848	0,0005
Resíduo	180	7,472393		
Total	287			

Relação maior (QMR) /menor (QMR) = 2,3181

*Significativo, em nível de 5% de probabilidade do erro.

^{ns} Não significativo, em nível de 5% de probabilidade do erro.

A análise de variância conjunta dos dois ciclos (cana-planta e cana-soca) foi realizada para característica TPH nos 12 ambientes (Quadro 5). O efeito significativo para os ambientes demonstra que os testes foram conduzidos sob condições ambientais divergentes, o que é de interesse quando se deseja estudar os efeitos da interação genótipo por ambientes, bem como avaliar a estabilidade fenotípica dos genótipos (Borém, 1997). A significância da interação genótipo por ambientes $p < 0,05$ indica que os efeitos dos fatores genótipos e ambientes separadamente não explicam toda a variação encontrada na produção de TPH e que ocorre um comportamento diferencial dos materiais nos ambientes avaliados.

Quadro 5 - Análise de variância conjunta de ambos os ciclos (cana-planta e cana-soca), série RB96, para característica TPH

FV	GL	QMR	F	Prob
Bloco/local	24	6,01121 ^{ns}	1,01422	0,4465
Ambiente	11	627,68583 *	105,90404	0,0001
Genótipo	15	85,76056 *	14,46965	0,0001
Genótipo*ambiente	165	14,84656 *	2,50493	0,0001
Resíduo	360	5,92693		
Total	575			

*Significativo, em nível de 5% de probabilidade do erro.

^{ns} Não significativo, em nível de 5% de probabilidade do erro.

4.1.2. Parâmetros genéticos

Os parâmetros genéticos obtidos durante os 2 ciclos do experimento de cana-de-açúcar da série RB96 precoce podem ser observados na (Quadro 6). Na média entre cana-planta e cana-soca, a produtividade de TPH foi de 15,90 toneladas. Este valor é considerado acima da média dos encontrados nas unidades produtoras no estado do Paraná, que está em cerca de 12 TPH (Alcopar, 2007).

A precisão de um experimento é avaliada pela magnitude do erro experimental, definido por Steel e Torrie (1980) como a variação devida ao efeito dos fatores não controlados ou que ocorrem ao acaso, de forma aleatória. O coeficiente de variação (CV), definido como a estimativa do erro experimental em porcentagem da estimativa da média, é uma das medidas estatísticas mais utilizadas pelos pesquisadores na avaliação da precisão dos experimentos (Steel e Torre, 1980). O valor do $CV_e(\%)$, obtido na avaliação da característica TPH foi de 15,30% (Quadro 6), valor próximo da média encontrada na literatura para a cultura da cana-de-açúcar que, segundo Couto (2008), é de 13,77% para a característica TPH, podendo então ser considerado de boa precisão experimental.

Quadro 6 - Parâmetros genéticos obtidos pela análise conjunta dos 6 ambientes em cana-planta e soca, e a média para os 12 ambientes de ambos os ciclos da cana, para a característica TPH. Série RB96

Parâmetros genéticos estimados	Cana-planta	Cana-soca	2 Ciclos
$\bar{X}(TPH)$	15,198	16,610	15,904
$CV_e(\%)$	13,772	16,456	15,307
$CV_g(\%)$	7,177	9,133	8,824
$\hat{\sigma}_{ga}^2$	4,013	1,981	2,787
$\hat{\sigma}_e^2$	4,381	7,472	5,926
H^2	55,4278	74,9993	82,6884

$\bar{X}(TPH)$ - média geral, $CV_e(\%)$ - coeficiente de variação experimental, $CV_g(\%)$ - coeficiente de variação genética, ($\hat{\sigma}_{ga}^2$) - variância genótipo por ambiente, ($\hat{\sigma}_e^2$) - variância residual, (H^2) - Coeficiente de determinação genotípico.

A característica TPH apresenta os maiores coeficientes de variação para avaliação de genótipos de cana-de-açúcar, oscilando de 2,89% a 32,48% nos experimentos. (Couto et al., 2008).

O estudo de análise de variância conjunta apresentou efeito significativo ($P < 0,05$) para a interação genótipo por ambientes, indicando que os genótipos não devem apresentar o mesmo comportamento fenotípico sob condições ambientais divergentes. Assim, devem ser feitas as comparações entre médias com base nos genótipos por ambiente, separadamente, e não com base nas médias de genótipos em todos os ambientes experimentais.

4.2. Testes de médias

Os genótipos foram avaliados conforme a característica TPH para ambos os ciclos de cana-planta e cana-soca. As comparações entre médias foram feitas para cada ambiente, como pode ser verificado nos Quadros 7 e 8.

Foi realizada a aplicação do teste aglomerativo de Scott Knott (1974). Este teste visa à separação de médias de tratamentos em grupos distintos, através da minimização da variação dentro e maximização da variação entre grupos. Os resultados são facilmente interpretados, devido à ausência de ambigüidade. Desta forma, este procedimento resulta em maior objetividade e clareza (Borges, 2003).

Observa-se no (Quadro 7) que, para o ciclo cana-planta, o ambiente de Ibaiti foi o único no qual não se verificou diferença significativa ($P < 0,05$), em comparação entre as médias e obteve a menor média geral entre os ambientes e com produção máxima obtida pelo genótipo G4 de 11,67 toneladas por ha.

No ambiente de Rondon as melhores médias de produção de TPH foram agrupadas pelos genótipos G2, G4, G5, G7, G9, G10, G11, G14 e G16. As médias oscilaram de 7,84 a 13,26 toneladas de pol/ha. Em São Pedro do Ivaí o grupo "A" foi formado pelos genótipos G6, G07, G11 e G16, com amplitude das médias entre 16,38 a 24,66 toneladas de Pol por ha. Em Cidade Gaúcha, o agrupamento dos melhores genótipos para TPH foram: G2, G3, G4, G5, G6, G8, G9, G11 e G16 com médias entre 12,76 a 17,86 toneladas de pol por ha.

Nos ambientes de Rondon, São Pedro do Ivaí e Cidade Gaúcha houve a formação de 2 grupos quanto à produção de TPH, nos quais os genótipos G11 e G16 apresentaram as médias mais elevadas, grupo “A”, para os 3 ambientes.

Nos ambientes de Nova Londrina e Goioerê, houve a formação de 4 grupos distintos. Estes ambientes não apresentaram genótipos com produtividade média agrupadas em comum aos 2 ambientes. Em Nova Londrina, o grupo “A” foi formado pelos genótipos G11 e G12 e suas médias variaram entre 07,85 e 23,65 toneladas de pol por há. No ambiente de Goioerê, as médias foram de 12,92 a 27,65 toneladas de pol por ha, sendo que o genótipo G4 se destacou de maneira isolada dos demais para a produtividade de TPH. Assim, para os ambientes com efeito significativo para produção de TPH, o genótipo G11 apresentou a melhor performance e se destacou pelas médias elevadas, com exceção do ambiente de Goioerê.

Quadro 7 - Médias referentes à característica TPH para genótipos de cana-planta, série RB96, avaliados nos anos de 2004/2005, em seis ambientes distintos

Genótipos \ Ambientes	Rondon	Nova Londrina	Ibaiti	Goioerê	São Pedro do Ivaí	Cidade Gaúcha
G1- RB855046	09,92 b	11,47 d	10,80 a	21,37 b	18,33 b	12,98 b
G2- RB855156	11,24 a	14,73 c	10,60 a	22,83 b	19,28 b	15,96 a
G3- RB855453	07,84 b	16,67 c	10,02 a	20,53 b	18,48 b	15,75 a
G4- RB925211	13,13 a	17,70 c	11,65 a	27,65 a	20,16 b	17,33 a
G5- RB925345	11,38 a	18,46 c	10,06 a	17,79 b	19,37 b	17,03 a
G6- RB945961	09,22 b	16,10 c	10,37 a	15,31 d	24,66 a	16,78 a
G7- RB946903	11,38 a	19,95 b	11,34 a	18,57 b	21,33 a	13,62 b
G8- RB955970	09,91 b	16,55 c	10,59 a	12,92 d	19,50 b	16,70 a
G9- RB956911	11,44 a	15,97 c	09,22 a	17,32 b	20,26 b	15,25 a
G10- RB965902	12,69 a	16,48 c	10,23 a	16,05 d	16,41 b	14,27 b
G11- RB965911	12,38 a	23,65 a	11,03 a	20,30 b	21,85 a	15,70 a
G12- RB965920	09,30 b	23,65 a	07,85 a	18,42 c	20,14 b	14,47 b
G13- RB966922	09,45 b	07,85 d	08,07 a	17,60 c	19,29 b	12,76 b

Quadro 7, Cont...

G14- RB966925	11,79 a	09,82 d	09,52 a	14,45 d	20,20 b	14,73 b
G15- RB966927	08,35 b	15,40 c	08,28 a	20,42 b	16,38 b	13,80 b
G16- RB966928	13,26 a	18,63 c	09,75 a	20,16 b	21,60 a	17,86 a
F	1,949 *	12,485 *	0,880 ^{ns}	8,618 *	2,827 *	1,716 *
Médias	10,79	16,44	9,96	18,85	19,82	15,31
CV	11,033	12,14	12,50	14,48	14,25	12,88

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Scott e Knott (1974).

* Significativo em nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

^{ns} Não significativo.

Observa-se no Quadro 8 que, para o ciclo de cana-soca, todos os ambientes apresentaram diferença significativa ($P < 0,05$), em comparação às médias para a característica de TPH. Em todos os ambientes, o teste de comparação entre médias resultou na formação de 2 grupos de genótipos “A” e “B”, para a característica TPH.

No ambiente Rondon, o grupo A foi composto pelos genótipos G2, G3, G4, G5, G7, G9, G10, G11, G12 e G16 com amplitude de média entre 12,31 a 20,93 toneladas de pol por ha.

No ambiente de Nova Londrina, as médias elevadas formaram o grupo “A”, composto pelos genótipos G2, G3, G5, G6, G8, G9, G10, G11, G12 e G16 com amplitude variando de 7,18 a 16,63 toneladas de pol por ha.

Em Ibaiti, as maiores médias para a característica de TPH foram representadas pelos genótipos G2, G4, G5, G7, G11 e G14, com variação de 11,46 a 18,96 toneladas de pol por ha.

No ambiente de Goioerê, o agrupamento “A” foi formado pelos genótipos G3, G4, G7, G9, e G16 referentes às maiores médias para a produção de TPH, com amplitude de 15,37 a 22,86 toneladas de pol por ha.

Em São Pedro do Ivaí, as maiores médias foram dos genótipos G4, G7, G9, G10, G11, G12, G15 e G16 para a característica TPH, oscilando de 17,43 a 28,60 toneladas de pol por ha.

Em Cidade Gaúcha, o grupo “A”, com as maiores médias para a produção de TPH, foi formado pelos genótipos G3, G4, G5, G7, G8, G9, G10, G11, G12,

G14 e G16, onde houve uma amplitude entre as médias de 11,22 a 17,82 toneladas de pol por ha.

A comparação entre médias destacou por meio do método de agrupamento dos genótipos com as melhores médias de produção de TPH em cana-soca, dos quais resultaram os genótipos G04, G07, G09, G11 e G16. Os genótipos G04 e G07 diferiram do agrupamento “A” apenas no ambiente de Nova Londrina; os genótipos G09 e G16 apresentaram queda na média da característica TPH diferindo do grupo “A” apenas no ambiente de Ibaiti; e o genótipo G11 apresentou-se fora do grupo “A” pela queda na média de produção de TPH somente no ambiente de Goioerê.

Quadro 8 - Médias referentes à característica TPH de genótipos de cana-soca, série RB96, avaliados os anos de 2005/2006, em seis ambientes distintos

Ambientes Genótipos	Rondon	Nova londrina	Ibaiti	Goioere	São Pedro do Ivaí	Cidade Gaúcha
G1- RB855046	13,45 b	08,05 b	14,47 b	17,63 b	20,22 b	12,13 b
G2- RB855156	16,51 a	14,29 a	18,96 a	17,92 b	21,05 b	11,69 b
G3- RB855453	15,56 a	13,29 a	13,61 b	19,58 a	18,79 b	15,21 a
G4- RB925211	16,14 a	10,20 b	17,97 a	20,85 a	25,41 a	16,30 a
G5- RB925345	18,19 a	14,83 a	16,52 a	18,54 a	21,04 b	16,38 a
G6- RB945961	13,99 b	14,36 a	13,65 b	19,01 b	21,27 b	11,24b
G7- RB946903	18,46 a	11,02 b	18,33 a	22,64 a	22,66 a	17,97 a
G8- RB955970	12,99 b	16,63 a	13,62 b	14,80 b	18,71 b	15,43 a
G9- RB956911	18,21 a	15,11 a	12,63 b	22,19 a	24,62 a	15,91 a
G10- RB965902	15,92 a	13,23 a	13,90 b	18,29 b	23,64 a	17,02 a
G11- RB965911	20,93 a	14,69 a	16,79 a	17,67 b	28,60 a	17,82 a
G12- RB965920	16,84 a	16,56 a	12,84 b	17,55 b	25,18 a	17,53 a
G13- RB966922	11,45 b	07,18 b	11,46 b	15,37 b	21,46 b	11,22 b
G14- RB966925	12,31 b	11,57 b	16,09 a	16,85 b	17,43 b	16,09 a
G15- RB966927	14,10 b	11,30 b	14,84 b	14,86 b	23,66 a	12,29 b
G16- RB966928	17,70 a	15,79 a	12,77 b	22,86 a	22,84 a	17,94 a
F	2,703 *	3,294 *	2,063 *	2,647 *	3,350 *	2,578 *
Média	15,79	13,00	14,90	18,53	22,28	15,13
CV	15,16	16,42	15,57	16,60	14,59	19,93

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Scott e Knott (1974).

* Significativo em nível de 5% de probabilidade pelo teste F. ^{ns} Não significativo.

A presença da interação genótipo por ambientes assume papel fundamental no processo de indicação de genótipos superiores. Para que se proceda a uma recomendação mais eficiente, torna-se necessário minimizar o efeito dessa interação, por meio da seleção de genótipos com melhor estabilidade fenotípica (Ramalho et al., 1993).

Observa-se, no Quadro 9, que o maior desempenho para produção de TPH é referente aos genótipos G11, G4, G16 e G07, que apresentaram respectivamente as maiores médias em ambos os ciclos da cana-de-açúcar. A fim de promover uma recomendação segura de genótipos, é importante a realização de um estudo de adaptabilidade e estabilidade para os genótipos de cana-de-açúcar na média de ambos os ciclos avaliados.

Quadro 9 – Média geral referente à característica TPH dos genótipos de cana-de-açúcar da Série RB96

Genótipos	Média geral cana-planta	Média geral cana-soca	Média geral para os dois ciclos
G1- RB855046	14,14	14,32	14,23
G2- RB855156	15,77	16,73	16,25
G3- RB855453	14,88	16,00	15,44
G4- RB925211	17,93	17,81	17,87 *
G5- RB925345	15,68	17,58	16,63
G6- RB945961	15,40	15,58	15,49
G7- RB946903	16,03	18,51	17,27*
G8- RB955970	14,36	15,33	14,84
G9- RB956911	14,91	18,11	16,51
G10- RB965902	14,35	17,00	15,67
G11- RB965911	17,48	19,41	18,44*
G12- RB965920	15,63	17,75	16,69
G13- RB966922	12,50	13,02	12,76
G14- RB966925	13,41	15,05	14,23
G15- RB966927	13,77	15,17	14,47
G16- RB966928	16,87	18,31	17,59 *

*Genótipos com destaque na produção de TPH.

Para o estudo da adaptabilidade e estabilidade, foram utilizadas as metodologias propostas por Lin e Binns (1988) e por Eberhart e Russel (1966).

4.3. Análise de estabilidade e adaptabilidade

4.3.1. Metodologia original proposta por Lin e Binns (1988)

Os parâmetros de acordo com a metodologia de Lin e Binns (1988) avaliam o desempenho de cada genótipo em relação à produtividade máxima em cada ambiente. Uma grande vantagem deste método é que a medida geral de superioridade consiste de um único parâmetro, simplificando sobremaneira o processo de classificação. Os outros parâmetros estimados por este método são as decomposições das estimativas de P_i e são utilizados para indicar a adaptabilidade geral dos genótipos (Lin e Binns, 1988).

Um genótipo para ser considerado como estável deve apresentar baixo P_i . Entretanto, este P_i precisaria ser, em sua maior parte, constituído de desvios genéticos e não de desvios da interação entre genótipo por ambientes.

Os resultados das análises de estabilidade e adaptabilidade, segundo a metodologia proposta por Lin e Binns (1988) referente à característica tonelada de pol ha TPH, estão apresentados no (Quadro 10).

Quadro 10 - Estimativas do parâmetro P_i , para os 12 ambientes experimentais (cana-planta e cana-soca), colocação dos genótipos em relação a suas produtividades médias de TPH e índice de superioridade em relação ao padrão RB855156. Série RB96

Colocação	Genótipo	Média TPH	P_i geral	Índice **
01	G11 - RB965911	18,4504	4,2967	13,54
02	G04 - RB925211	17,8734	5,7576	09,97
03	G16 - RB966928	17,5973	7,3669	08,25
04	G07 - RB946903	17,2728	8,4168	06,28
05	G12 - RB965920	16,694	10,0616	02,70
06	G05 - RB925345	16,6326	10,5764	02,34

Quadro 10, Cont...

07	G09 - RB956911	16,5091	11,3072	01,54
08	G02 – RB855156 *	16,2556	11,9281	00,00
09	G03 - RB855453	15,4436	14,8884	- 4,98
10	G10 - RB965902	15,6763	15,7523	- 3,57
11	G06 - RB945961	15,4959	17,6551	- 4,68
12	G14 - RB966927	14,4735	18,8942	- 10,95
13	G01 - RB855046	14,2356	22,6987	- 12,43
14	G08 - RB955970	14,8629	23,6743	- 8,55
15	G15 - RB966925	14,2383	28,0951	- 12,43
16	G13 - RB966922	12,7629	34,1988	- 21,48

** Índice (%) de superioridade para TPH, em relação ao padrão sem consistência estatística.

* Padrão.

O genótipo G11 - RB965911 obteve a maior média para a característica TPH, 18,45 toneladas por ha, e será o menor valor de P_i tendo, assim, o melhor desempenho para os 12 ambientes avaliados (Figura 1). Em relação ao genótipo hipotético ideal para característica TPH, alcançou valor máximo em 4 ambientes: São Pedro do Ivaí, Rondon, Nova Londrina e Cidade Gaúcha. Seu desenvolvimento foi acima da média geral, apontando comportamento previsível e responsivo às variações ambientais, sendo observado um leve decréscimo à média geral somente no ambiente de Ibaiti, onde foram verificadas as menores médias experimentais. Seu índice de superioridade para TPH em relação ao padrão foi o mais elevado (13,54%).

Seguindo a colocação dos genótipos pela estimativa do parâmetro P_i , os sete primeiros genótipos ficaram acima do padrão G02 - RB855156, enquanto genótipos como o G13 e o G15 apresentaram baixa estabilidade com as mais elevadas estimativas do parâmetro P_i e as piores médias para característica TPH.

Assim, os genótipos que mostraram maior estabilidade foram respectivamente: G11, G04, G16 e G07, representados nas Figuras 1, 2, 3 e 4.

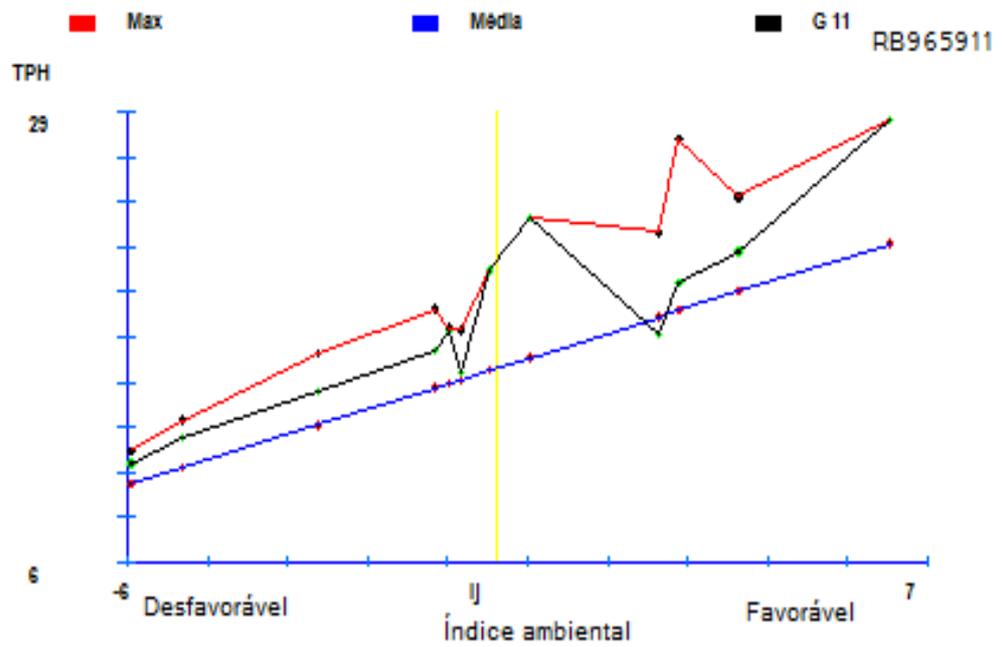


Figura 1 – Performance fenotípica do genótipo G11 - **RB965911** em 12 ambientes, para característica TPH, Série RB96.

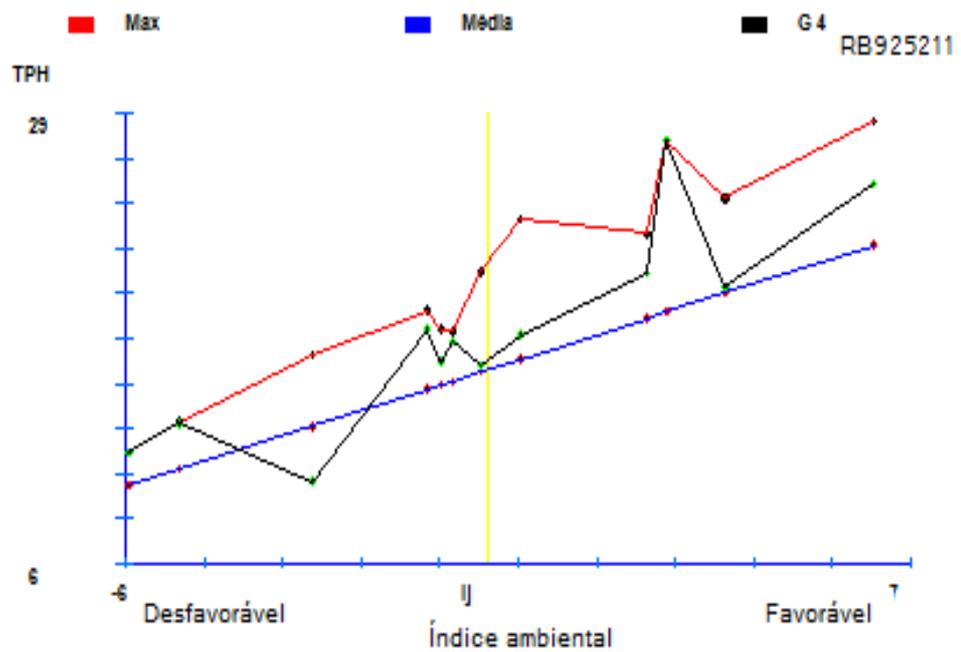


Figura 2 – Performance fenotípica do genótipo G4 - **RB925211** em 12 ambientes, para característica TPH, série RB96.

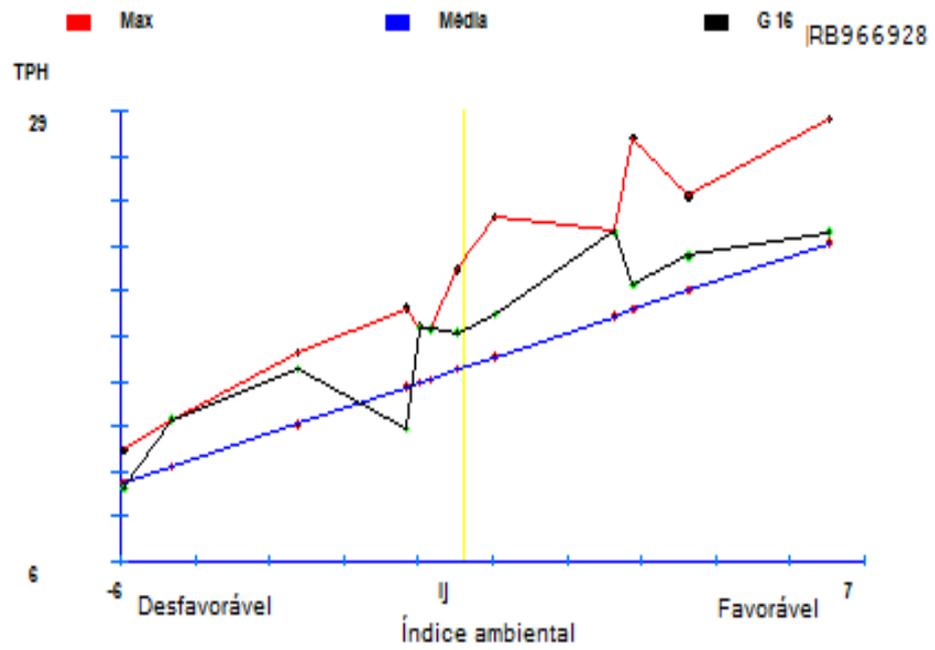


Figura 3 – Performance fenotípica do genótipo G16 - RB966928 em 12 ambientes, para característica TPH, série RB96.

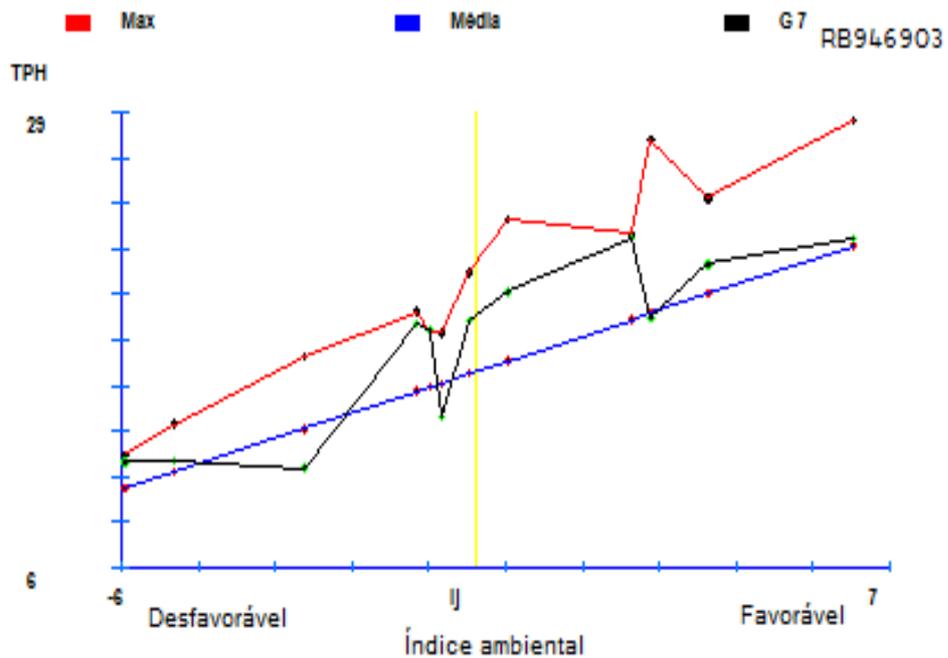


Figura 4 – Performance fenotípica do genótipo G07 - RB946903 em 12 ambientes, para característica TPH, Série RB96.

As estimativas do parâmetro P_i geral de todos os genótipos avaliados para a característica TPH nos 12 ambientes experimentais estão representadas na figura 5. Os resultados indicam que, quanto menor for o valor do parâmetro P_i maior a capacidade do genótipo de produzir variação mínima fenotípica em diferentes ambientes, ou seja, maior desempenho do genótipo e, ainda, maior a capacidade do genótipo de aproveitar os estímulos do ambiente, pelos quais se torna possível a recomendação de cultivares com comportamento previsível e responsivo às variações do ambiente.

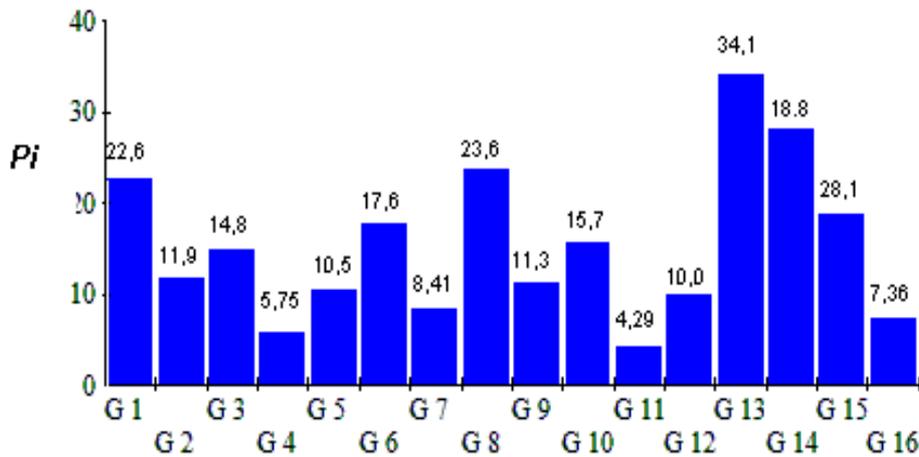


Figura 5 – Estimativas do parâmetro P_i geral para característica TPH. (G) – Genótipos Avaliados em 12 ambientes e respectivos valores de P_i .

Segundo Carneiro (1998), apesar de a metodologia proposta por Lin e Binns (1988) se mostrar bastante promissora aos melhoristas na recomendação de genótipos, deve-se levar em conta alguns aspectos com o intuito de aprimorar o procedimento. Um desses aspectos é a apresentação de estimativas de parâmetro, particularizando grupos de ambientes favoráveis e desfavoráveis que reflitam, de certa forma, ambientes nos quais haja emprego de alta e baixa tecnologia.

No Quadro 11, verificam-se os resultados com as modificações sugeridas por Carneiro (1998) na metodologia proposta de Lin e Binns (1988). Foram classificados os genótipos para ambientes favoráveis e desfavoráveis quanto à característica TPH.

Quadro 11 – Resposta geral a ambientes favoráveis e desfavoráveis pela decomposição de Carneiro (1998), para a característica TPH nos 12 ambientes avaliados da Série RB96 precoce

Colocação	Genótipo	P_i geral	Genótipo	P_i Fav.	Genótipo	P_i Desfav.	
01	G11	RB965911	4,2967	RB965911	6,9843	RB965911	1,0208
02	G04	RB925211	5,7576	RB925211	8,8829	RB925211	1,852
03	G16	RB966928	7,3669	RB966928	12,3815	RB966928	3,7851
04	G07	RB946903	8,4168	RB946903	14,2441	RB946903	4,2545
05	G12	RB965920	10,0616	RB965920	14,5593	RB965920	4,8814
06	G05	RB925345	10,5764	RB925345	20,1298	RB925345	5,0053
07	G09	RB956911	11,3072	RB956911	21,312	RB956911	5,2253
08	G02	RB855156*	11,9281	RB855156*	22,7906	RB855156*	5,5979
09	G03	RB855453*	14,8884	RB855453*	24,4688	RB855453*	6,849
10	G10	RB965902	15,7523	RB965902	27,7324	RB965902	7,9736
11	G06	RB945961	17,6551	RB945961	27,7802	RB945961	8,0452
12	G14	RB966927	18,8942	RB966927	29,9684	RB966927	9,1452
13	G01	RB855046	22,6987	RB855046	32,5481	RB855046	10,4229
14	G08	RB955970	23,6743	RB955970	45,6554	RB955970	12,5811
15	G15	RB966925	28,0951	RB966925	48,656	RB966925	15,6633
16	G13	RB966922	34,1988	RB966922	54,6251	RB966922	23,8723

*Padrões

Foi realizada, segundo a metodologia de Carneiro (1998), a decomposição do estimador P_i nas partes devidas a ambientes favoráveis e desfavoráveis. O parâmetro P_i foi denominado MAEC (Medida de Adaptabilidade e Estabilidade de Comportamento), no que se refere ao desempenho e comportamento diante das variações ambientais. A classificação desses ambientes foi feita com base nos índices ambientais, definidos como a diferença entre a média dos genótipos avaliados em cada ambiente e a média geral (Cruz e Carneiro, 2003).

Considerando as estimativas de P_i relativas às duas classes de ambiente, ou seja, os valores de P_i para todos os ambientes testados e seus

desdobramentos em ambientes favoráveis e desfavoráveis para a análise da característica TPH, os quatro genótipos mais responsivos à melhora do ambiente e com alta estabilidade, em ordem crescente de P_{if} , são: G11, G04, G16 e G07. Os quatro genótipos com ótimo desempenho em ambientes desfavoráveis e mais estáveis, em ordem crescente de P_{id} são: G11, G04, G16 e G07. Respectivamente, os genótipos G13 e G15 são os menos estáveis.

Quanto à classificação dos ambientes é possível notar no Quadro 12 quais são os ambientes que foram classificados em favoráveis e desfavoráveis, segundo a metodologia de Carneiro (1998) adotada no programa Genes.

Quadro 12 - Colocação baseada pelo índice ambiental em 12 ambientes, para característica de TPH por ano de colheita. Série RB96 precoce

Ambientes	Ano	Classificação
01- Rondon (COCL)	2005	D
02- Nova Iondrina (COPG)	2005	F
03- Ibaití (DAIL)	2005	D
04- Goioere (GOIO)	2005	F
05- São Pedro do Ivaí (IVAI)	2005	F
06- Cidade Gaúcha (USCG)	2005	D
07- Rondon (COCL)	2006	D
08- Nova Iondrina (COPG)	2006	D
09- Ibaití (DAIL)	2006	D
10- Goioere (GOIO)	2006	F
11- São Pedro do Ivaí (IVAI)	2006	F
12-Cidade Gaúcha (USCG)	2006	D

F = favorável; D = desfavorável.

4.3.2. Metodologia proposta por Eberhart e Russel (1966)

Esta metodologia, baseada na análise de regressão linear, é capaz de fornecer informações tanto sobre a estabilidade quanto sobre a adaptabilidade dos genótipos. O parâmetro β_1 (coeficiente angular) é responsável pela

estimativa da adaptabilidade, enquanto o parâmetro S_{di}^2 é responsável pela estimativa das estabilidades ou previsibilidade do comportamento fenotípico.

Genótipos podem apresentar adaptabilidade ampla, ou seja, o genótipo consegue aproveitar tanto as condições boas quanto as menos satisfatórias do ambiente para expressar seu fenótipo. Este tipo de genótipo deve apresentar, teoricamente, $\beta_1 = 1$. Além disso, existem também genótipos de adaptabilidade específicas a condições ambientais favoráveis e desfavoráveis, que devem apresentar $\beta_1 > 1$ e $\beta_1 < 1$, respectivamente.

Quanto à estabilidade, estimada pelo parâmetro S^2_{di} , sabe-se que há genótipos que possuem maior ou menor capacidade tamponante às variações das condições ambientais. Genótipos mais estáveis, teoricamente, apresentam S^2_{di} não significativos, enquanto os genótipos instáveis apresentam estes desvios da regressão significativos.

Assim, o ideal seria o melhorista conseguir selecionar genótipos com médias de produção elevada, com adaptabilidade ampla, e que apresente boa previsibilidade de comportamento.

Os parâmetros gerados pela metodologia proposta por Eberhart e Russel (1966) para característica TPH, nos dois ciclos da cana-de-açúcar são apresentados no Quadro 13, com destaque para a produção de TPH dos genótipos G11, G4, G16 e G7 respectivamente.

Para os 12 ambientes, os genótipos G4, G11 e G12 apresentaram-se com caráter responsivo à melhoria do ambiente. Os genótipos G8 e G14 são os únicos que demonstram serem adaptados a ambientes desfavoráveis e ambos possuem baixa estabilidade. Além disso, os genótipos G8 e G14 apresentaram médias e coeficiente de determinação baixos, permanecendo na pior classificação segundo parâmetros de Eberhart e Russel (1966). Os demais genótipos, G1, G2, G3, G5, G6, G7, G9, G10, G13, G15 e G16, apresentaram adaptabilidade ampla.

Quanto à estabilidade, 6 genótipos (G3, G5, G9, G10, G15 e G16) apresentaram estabilidade alta. Enquanto 10 genótipos (G1, G2, G4, G6, G7, G8, G11, G12, G13 e G14) apresentaram estabilidade baixa.

Os genótipos G5, G9, G3 e G15 não devem ser descartados, pois sua produtividade para o caráter TPH mantém-se em nível intermediário. Destacam-se pela alta estabilidade e adaptabilidade ampla, com um coeficiente de

determinação ($R^2\%$) de 88,43; 85,07; 83,77 e 86,86 respectivamente. Os genótipos G4, G11 e G7, apesar da alta produtividade e adaptabilidade ampla, possuem estabilidade baixa.

Considerando todos os parâmetros estimados em relação à característica TPH, nos dois ciclos, o genótipo que se destaca como o melhor a ser recomendado como variedade é o genótipo G16 devido à alta produtividade, adaptabilidade ampla e alta estabilidade fenotípica. Apresenta, ainda, um coeficiente de determinação de 83,61% e, portanto, um material muito promissor para cultivo na região noroeste do estado do Paraná.

Quadro 13 - Parâmetros de adaptabilidade e estabilidade estimados pelo método de Eberhart e Russel (1966) para 16 genótipos, avaliados em 12 ambientes. Característica TPH. Série RB96 precoce

Genótipos	β_{0i}	β_{1i}	$S^2 di$	R^2
G1- RB855046	14,2356	1,0108 ^{ns}	3,1323 *	74,2077
G2- RB855156	16,2556	0,9128 ^{ns}	3,0066 *	70,6351
G3- RB855453	15,4436	0,9661 ^{ns}	0,6237 ^{ns}	83,7792
G4- RB925211	17,8734	1,2432 ⁺	5,044 *	76,0031
G5- RB925345	16,6326	0,8293 ^{ns}	-0,6822 ^{ns}	88,4386
G6- RB945961	15,4959	1,0581 ^{ns}	4,1695 *	72,3796
G7- RB946903	17,2728	1,068 ^{ns}	2,47 *	78,6812
G8- RB955970	14,8629	0,5788 ⁺	2,9532 *	49,439
G9- RB956911	16,5091	1,1246 ^{ns}	1,2163 ^{ns}	85,0734
G10- RB965902	15,6763	0,8226 ^{ns}	0,596 ^{ns}	79,0999
G11- RB965911	18,4504	1,2086 ⁺	3,8715 *	78,2288
G12- RB965920	16,694	1,2092 ⁺	5,919 *	72,7098
G13- RB966922	12,7629	1,1347 ^{ns}	3,7488 *	76,3909
G14- RB966925	14,2383	0,6518 ⁺	3,7361 *	51,6903
G15- RB966927	14,4735	1,1416 ^{ns}	0,8583 ^{ns}	86,8673
G16- RB966928	17,5973	1,0398 ^{ns}	1,071 ^{ns}	83,6196

+Significativo em nível de 5% de probabilidade pelo teste “t”

*Significativo em nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

^{ns} Não significativo em nível de 5% de probabilidade pelo erro.

Assim, o genótipo G16 – RB966928 destacou-se como melhor recomendação nos dois ciclos para produtividade de TPH. Tanto com o método proposto por LIN e BINNS (1988) e pela decomposição de Carneiro (1998), como também pela metodologia proposta por Eberhart e Russel (1966). Os destaques foram os genótipos G11, G04, G16 e G07.

5. CONCLUSÕES

Na metodologia proposta por Lin e Binns (1988), os genótipos com maior estabilidade fenotípica foram RB965911, RB925211, RB966928 e RB946903. Esses genótipos apresentaram as maiores médias para a característica TPH, com comportamento previsível e responsivo às variações ambientais na região nordeste do estado do Paraná.

Na metodologia proposta por Eberhart e Russell (1966), o genótipo RB966928 apresentou performance com adaptabilidade ampla, alta estabilidade fenotípica e elevada produção para a característica TPH, podendo ser indicado como o genótipo mais promissor para o cultivo na região nordeste do estado do Paraná.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALCOPAR - Associação dos Produtores de Álcool e Açúcar do estado do Paraná. **Estatísticas**: histórico de produção da cana-de-açúcar no Brasil e no Paraná. Disponível em < <http://www.alcopar.org.br/>>. Acessado em: 15, outubro, 2007.

ALLARD, R.W.; BRADSHAW, A.D. Implications of genotype-environmental interactions in: applied plant breeding. **Crop Science**, 4:503-508,1964.

ANNICCHIARICO, P. Cultivar adaptation and recommendation from alfalfa trials in Northern Italy. **Journal of Genetics and Plant Breeding**, 46: 269-278,1992.

ARIZONO, H. **Métodos e critérios de seleção adotados na obtenção das variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) RB835089 e RB835486**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz - Universidade de São Paulo, 1994. 106p. (Dissertação Mestrado em Agronomia).

BARBOSA, G.V.S.; BARRETO, E.J.; SILVA, W.C.M.; SILVA, G.E.G.; SOUSA, A.J.R. Adaptabilidade e estabilidade de produção de clones RB de cana-de-açúcar da série 92 e 93 em Alagoas. In: 8º CONGRESSO NACIONAL DA STAB. Pernambuco, 2002. Anais. Pernambuco: STAB, 2002. p. 387-392.

BARBOSA, G.V.S.; SOUZA, A.J.R.; ROCHA, A.M.C.; SANTOS, V.P.S.; RIBEIRO, C. A.G.; BARRETO, E.J.S.; MOURA-FILHO, G.; SOUZA, J.L.; FERREIRA, J.L.C.; SOARES, L.; CRUZ, M.M.; FERREIRA, P.V.; SILVA, W.C.M.; **Três novas variedades RB de cana-de-açúcar**. Rio Largo: UFAL, 2003, 18p. (Boletim Técnico).

BORÉM, A. **Melhoramento de Plantas**. Viçosa: UFV, 1997. 547p.

BORGES, L.C.; FERREIRA, D.F. Poder e taxas de erro tipo I dos testes Scott-Knott, Tukey e Student-Newman-Keuls sob distribuições normais e não normais dos resíduos. **Revista de Matemática e Estatística**, 21:67-83, 2003.

BRESSIANI, J.A. **Seleção seqüencial em cana-de-açúcar**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz - Universidade de São Paulo, 2001. 159p. Tese (Doutorado em Agronomia).

BRESSIANI, J.A. Interação entre famílias de cana-de-açúcar e locais: efeito na resposta esperada com a seleção. **Bragantia**, 61:01-10, 2002.

CANAVALIS - **Melhoramento genético**. Disponível em: <http://www.canavialis.com.br/melhoramento.html>. Acesso em 27, outubro, 2007.

CESNIK, R.; **Melhoramento da cana-de-açúcar**: marco sucro-alcooleiro no Brasil. Disponível em: http://www.cnpma.embrapa.br/down_hp/344.pdf/ Embrapa - Meio ambiente > Acesso em 03, maio, 2008.

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

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Indicadores da agropecuária**. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/> > Acesso em: 14, novembro, /2007.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Indicadores da agropecuária**. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/> > Acesso em: 12, janeiro, 2009.

CÔRREA, L.V.T.; MENDES, A.N.G.; BARTHOLO, G.F. Comportamento de progênies de cafeeiro Icatu. **Ciência e Agrotecnologia**, 30:618-622, 2006.

COUTO, M.F.; PETERNELLI, L.A.; BARBOSA, M.H.P. Proposta de classificação dos coeficientes de variação para a cultura de cana-de-açúcar. Estatística experimental. In: 53^o REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA. Lavras, 2008. Resumos Expandidos... Lavras, 2008, 154 -158p.

CRUZ, C.D. **Programa GENES** – versão Windows 2005.0.0. Viçosa: UFV, 2001. 642p.

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

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, 2001. 390p.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, 2004. 480p.

CRUZ, C.D.; TORRES, R.A.A.; VENCOVSKY, R. An alternative to the stability analysis proposed by Silva Barreto. **Revista Brasileira de Genética**, 12:567-580, 1989.

DANIELS, J.; ROACH, B.T. Taxonomy and Evolution. In: HEINZ, D. J., **Sugarcane improvement through breeding**. Amsterdam: Elsevier, p. 7-84. 1987.

DIAS, E.G. O Melhoramento Genético da Cana-de-açúcar da Ridesa. In: **Agrodon**-Programa de melhoramento genético da cana-de-açúcar. UFSCar, Disponível em: <http://www.agrodon.com.br> > acessado em: 25, outubro, 2007.

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

ESKRIDGE, K.M. Seleccion f stable cultivars using a safety-first rule. **Crop Science**, 30:369-374, 1990.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations – **Production arbook**, Disponível em :<http://apps.fao.org/page/form?collection =Production.Crops.Primary&Do main=Production&servlet=1&language=EN & hostname= apps.Fao.org&version = default> acessado em 12, novembro, 2007.

FAUCONNIER, R.; BASSEREAU, D. **La cana de azúcar**. técnicas agrícolas y producciones tropicales. Barcelona: Blume, 1975. 433p.

FERREIRA, D.F. **Sisvar**: sistema de análise de variância para dados balanceados, versão 4.0. Software estatístico. Lavras: DEX/ UFLA, 1999.

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

HELGADÓTTIR, A.; KRISTJÁNSDÓTTIR, T. Sample approach to the analysis of G x E interaction in a multilocation spaced plant trial with timothy. **Euphytica**, 54:65-73, 1991.

HERNANDES, C.M.; CROSSA, J.; CASTILLO, A. The area under the function: na index for selection desirable genotypes. **Theor. Appl. Genet.**, 87:409-415, 1993.

HUEHN, M. Nonparametric measures of phenotypic stability. Part. 1: theory. **Euphytica**, 47:189-194, 1990.

IAA/PLANALSUCAR. **Programa nacional de melhoramento de cana-de-açúcar**. Rio de Janeiro: IAA/Planalsucar, 1983. 160p. (Relatório Anual – 1982).

IAPAR – Instituto Agrônomo do Paraná. **Mapa de classificação climática de Köppen**. Disponível em: <www.iapar.br>. Acessado em 16, agosto, 2006.

ISEJIMA, E.M.; COSTA, J.A.B.; SOUZA JUNIOR, D.I. Método de determinação de açúcares redutores aplicável no sistema de pagamento de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 37:729-734, 2002.

LANGER, I.; FREY, K.J.; BAILEY, T. Associations among productivity, production response and stability indexes in oat varieties. **Euphytica**, 28:17-24, 1979.

LIN, C.S.; BINNS, M.R. A superiority measure of cultivar performance for cultivar x location data. **Canadian Journal of Plant Science**. Ottaqa, 68:193–198, 1988.

LIN, C.S.; BINNS, M.R.; LEFKOVITCH, L.P. Stability analysis. Where do we stand? **Crop Science**, 26:894-899. 1986.

LOPES, M.T.G.; VIANA, J.M.S.; LOPES, R.; Adaptabilidade e estabilidade de híbridos de famílias endogâmicas de milho, obtidas pelo método dos híbridos crípticos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**, 36:47-51, 2001.

MATSUOKA, S. Botânica e ecofisiologia da cana-de-açúcar. Apostila: **Curso De Qualificação Em Plantas Industriais – Cana-de-açúcar**. Maringá: UFPR/Senar, 1996. 34p.

MATSUOKA, S.; GARCIA, A.A.F.; ARIZONO, H. Melhoramento da Cana-de-Açúcar. In: BORÉM, A. **Melhoramento de espécies cultivadas**. Viçosa: UFV, 2005. p. 225-274.

MATSUOKA, S.; GARCIA, A.A.F.; CALHEIROS, G.G. Híbridação em Cana-de-A ugar. In: BOR EM, A. **Híbridação Artificial de Plantas**. Viçosa: UFV, 1999. p. 221-254.

MELO, L.J.O.T.; OLIVEIRA, F.J.; BASTOS, G.Q., ANUNCIACÃO FILHO, C.J.; REIS, O.V. Interação genótipos x ciclos de colheita de cana-de-a ugar da zona da mata norte de Pernambuco. **Bragantia**, 65:197-205, 2006.

MINEROPAR- Minerais do Paraná SA. **Atlas geomorfológico do estado do Paraná**. Curitiba: MINEROPAR, 2006. 64p.

NUNES, H.V.; MIRANDA, G.V.; GALVÃO, J.C.C.; SOUZA, L.V.; GUIMARÃES, L.J.M.; Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho-pipoca por meio de dois métodos de classificação. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, 1:78-88, 2002.

PEIXOTO, T.C. **Estudo complementar ao melhoramento genético de cana-de-a ugar**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz - Universidade de São Paulo, 1986. 119p. Tese (Doutorado em Melhoramento Genético)

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. Piracicaba: Livraria Nobel S.A., 1990. p 316-333.

PLAISTED, R.L.; PETERSON, L.C. - A technique for evaluating the ability of selection to yield consistently in different locations or seasons. **American Potato J.**, 36:381-385, 1959.

QUIJADA, R.M. - Interacción genotipo x ambiente. In: FAO/DANIDA. **Mejora genética de arboles forestales**. Merida: FAO/Danida, 1980. p. 231-5.

RAMALHO, M.A.P.; SANTOS, J.B.; ZIMMERMAN, M.J.O. Interação dos genótipos X ambientes. In: RAMALHO, M.A.P.; SANTOS; J.B. ZIMERMANN, M.J.O. **Genética quantitativa em plantas autógamas**: aplicação no melhoramento do feijoeiro. Goiânia: UFG, 1993. p.131-169.

RIDESA - Rede Interuniversitária para o Desenvolvimento do Setor Sucro-Alcooleiro. Melhoramento Genético de plantas. In: **Manual de orientação para condução de experimentos**. Curitiba: PMGCA – UFPR, 2005. 49p

RIDESA - Rede Interuniversitária para o Desenvolvimento do Setor Sucro-Alcooleiro. Documento de circulação interna, UFPR. Censo 2005. (Não publicado).

ROACH, B.T.; DANIELS, J. A review of the origin e improvement of sugarcane. In: **Copersucar Int. Sugarcane Breeding Workshop**. São Paulo: Copersucar, 1987. p. 1-31.

ROSSE, L.N.; VENCOVSKY, R.; FERREIRA, D.F.; Comparação de métodos de regressão para avaliar a estabilidade fenotípica em cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 37:25-32, 2002.

SCAPIM, C.A.; OLIVEIRA, V.R.; BRACCINI, A.L.; CRUZ, C.D.; ANDRADE, C.A.B.; GONÇALVES-VIDIGAL, M. C. Yeild stability in maize *Zea mays* L).and correlations among the paramentros of the eberhart e Russel, Lin e Binns e Huen modelos. **Genetics and molecular Biology**, 23:387-393, 2000.

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

SILVA, G.M.; VIDIGAL-GONÇALVES, M.C.; VIDIGAL FILHO, P.S.; SCAPIM, C.A.; DAROS, E.; SILVÉRIO, L. Genetic diversity among sugarcane clones *Saccharum* spp.). **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá: UEM, 27:315-319, 2005.

SILVA, M.A.; CAMPANA, M.P.; LANDELL, M.G.A.; ZIMBACK, L.; FIGUEIREDO, P. Avaliação de clones de híbridos iac de cana-de-açúcar, série 1985, na região de Jaú SP). **Bragantia**, Campinas, 58:335-340, 1999.

SOUZA, A.A.; FREIRE, E.C.; BRUNO, R.L.A.; CARVALHO, L.P.; PEREIRA, W.E. Estabilidade e Adaptabilidade do algodoeiro herbáceo produzido no cerrado do Mato Grosso e do Mato Grosso do Sul. In: V CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO. Salvador, 2005. **Resumos**. Salvador: Embrapa, 2005, 6p.

STEEL, R.G.D.; TORRIE, J.H. **Principles and procedures of statistics: a biometrical approach**. New York: McGraw-Hill Book Company, 1980. 633 p.

STEVENSON, G.C. **Genetics and breeding of sugarcane**. London: Longman, 1965. 284p.

UNICA - **União da Agroindústria Canavieira de São Paulo**. Disponível em: <http://www.unica.com.br/>. Acessado em: 26, outubro, 07.

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

VENDRUSCOLO, E.C.G.; **Comparação de métodos de adaptabilidade e estabilidade de genótipos de milho pipoca *Zea mays*, L) na região Centro-Sul do Brasil**. Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 1997. 84p. Dissertação (Mestrado em Agronomia).

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

WRICKE, O. Uber eine methode zur erfassung der okologischen Streubreite in feldversuchen. **Plant Breeding**, 47:92-6, 1962.

ZAMBON, J.L.C. **Validação do método de seleção de genótipos de cana-de-açúcar para o estado do Paraná**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2000.119p. Tese (Doutorado em Agronomia).

ZAMPIERI, D. **Análise da conjuntura e tendência da cana-de-açúcar e do setor sucroalcooleiro para 2008**. Curitiba: Seab, 2008.

ZENI NETO, H.; BESPALHOK FILHO, J.C.; DAROS, E.; ZAMBON, J.L.C.; IDO, O.T.; OLIVEIRA, R.A. Adaptabilidade e estabilidade em diferentes clones de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) no estado do Paraná. In: 13º EVINCI - EVENTO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNISERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ. Curitiba, 2005. **Anais do 13º EVINCI**. Curitiba: UFPR, 2005, p. 53-53.

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)