



UFG

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GENÉTICA E
MELHORAMENTO DE PLANTAS**

**FATORES EDAFOCLIMÁTICOS DETERMINANTES
DA INTERAÇÃO DE GENÓTIPOS COM
AMBIENTES EM CANA-DE-AÇÚCAR**

RENATA SÁ OLIVEIRA

Orientador:
Prof. João Batista Duarte

RENATA SÁ OLIVEIRA

**FATORES EDAFOCLIMÁTICOS DETERMINANTES
DA INTERAÇÃO DE GENÓTIPOS COM AMBIENTES
EM CANA-DE-AÇÚCAR**

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

Orientador:

Prof. Dr. João Batista Duarte

Goiânia, GO – Brasil
2013

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação na (CIP)
GPT/BC/UFG**

O48f Oliveira, Renata Sá.
Fatores edafoclimáticos determinantes da interação de
genótipos com ambientes em cana-de-açúcar [manuscrito] /
Renata Sá Oliveira. - 2013.
75 f. : il., figs, tabs.

Orientador: Prof. Dr. João Batista Duarte;
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Goiás,
Escola de Agronomia, 2013.

Bibliografia.

Inclui figuras e tabelas.

Apêndices.

1. Cana-de-açúcar – Melhoramento genético 2. Genótipo
e ambiente – Interação 3. Cana-de-açúcar – Meio ambiente
4. Cana-de-açúcar – Adaptabilidade fenotípica I. Título.

CDU: 633.61

À razão do muito do que sou e do que ainda posso vir a ser,
Aos meus amados pais, Enok e Ruth; e irmãs, Laura e Leticia,

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, este estudo só foi possível graças a um trabalho em equipe. Além disso, mais importante do que este trabalho e do título conquistado é quem me conduziu. Ao Prof. João Batista Duarte, a minha gratidão por me receber como sua orientada, pela sinceridade e dedicação ímpar na condução deste trabalho. Embora em curto período, a oportunidade de aprendizado com este profissional e esta pessoa me enriqueceu de forma profunda, contribuindo não apenas para meu “polimento” técnico, mas também para meu desenvolvimento pessoal. Com tudo isso, afirmo que houve um crescimento valioso. Certamente não haveria melhor professor, que, com muita seriedade e polidez, é de fato professor e orientador. E ainda, por proporcionar, sem dúvida, um dos melhores momentos do curso durante os debates na disciplina de Metodologia Científica, para a construção do espírito crítico e científico.

Ao Programa de Pós-graduação em Genética e Melhoramento de Plantas/UFG (PGMP) e todo o seu corpo docente, pela oportunidade de aprimoramento técnico, e, em especial, à Comissão Administrativa do PGPM, pela compreensão acerca das muitas dificuldades que tive para a conclusão do curso.

Ao Programa de Melhoramento Genético da Cana de Açúcar/UFG (PMGCA), pelas oportunidades de trabalho e estudo, conhecimento do setor sucroenergético e aprimoramento nas relações profissionais; e, ainda, pela disponibilização dos dados e auxílio da equipe técnica nas amostragens de solo.

À Escola de Agronomia e a Universidade Federal de Goiás, por mais este degrau conquistado.

Ao Dr. Adilson Santos Martins, pela estatística fundamental para que chegássemos ao objetivo principal deste trabalho e, também, pela contundente participação enquanto membro da banca examinadora.

Ao Prof. Edward Madureira Brasil, por compartilhar sua abordagem prática e atual sobre melhoramento genético de cana-de-açúcar, que muito contribuiu para a intenção de aplicabilidade deste estudo.

Ao Dr. Roberto Miranda Pacheco, pelas pertinentes contribuições que enriqueceram este trabalho.

Aos caros Thiago Queiroz Batista e Prof. Gilmarcos Carvalho Corrêa, pela amizade, companheirismo, auxílio e, mais uma vez, por acreditarem na minha capacidade.

Ao amigo Cláudio França Cardoso, por me fazer vencer as autolimitações.

SUMÁRIO

RESUMO	8
ABSTRACT	10
1 INTRODUÇÃO	12
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1 INTERAÇÃO DE GENÓTIPOS COM AMBIENTES	15
2.1.1 Definição e caracterização do fenômeno	15
2.1.2 A importância do genótipo	17
2.1.3 A importância do ambiente	19
2.2 ESTABILIDADE E ADAPTABILIDADE FENOTÍPICA	20
2.2.1 Conceitos fundamentais	20
2.2.2 Determinação da adaptabilidade e estabilidade fenotípica	22
2.3 CARACTERES IMPORTANTES NO MELHORAMENTO GENÉTICO DA CANA-DE-AÇÚCAR	24
3 MATERIAL E MÉTODOS	26
3.1 CARACTERIZAÇÃO DOS ENSAIOS	26
3.2 VARIÁVEIS EDAFOCLIMÁTICAS	27
3.3 ANÁLISES ESTATÍSTICAS PRELIMINARES	29
3.3.1 Análises individuais de variância	29
3.3.2 Análises conjuntas de variância	30
3.4 ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DOS FATORES AMBIENTAIS NA INTERAÇÃO GxA	31
3.5 ANÁLISE DA ADAPTABILIDADE FENOTÍPICA	32
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
4.1 CARACTERIZAÇÃO DOS AMBIENTES	33
4.1.1 Análises individuais	33

4.1.2	Variáveis ambientais	39
4.2	INTERAÇÃO DE GENÓTIPOS COM AMBIENTES (GxA)	40
4.3	FATORES AMBIENTAIS DETERMINANTES DA INTERAÇÃO GxA	40
4.4	ADAPTABILIDADE FENOTÍPICA DOS CLONES EXPERIMENTAIS .	49
4.5	LIMITAÇÕES DO ESTUDO	61
5	CONCLUSÕES	63
6	REFERÊNCIAS	65
	APÊNDICES	71

RESUMO

OLIVEIRA, R. S. **Fatores edafoclimáticos determinantes da interação de genótipos com ambientes em cana-de-açúcar**. 2013. 75 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas)–Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, 2013¹.

A interação de genótipos com ambientes (GxA) é um fenômeno muito estudado e seu entendimento é fundamental para os programas de melhoramento genético. Sua presença manifesta-se quando certo número de genótipos é submetido a diferentes condições de ambiente (locais e/ou anos), com comportamentos genotípicos diferenciados (adaptações específicas) aos ambientes; ou seja, o posicionamento relativo dos genótipos em relação a determinado caráter altera-se de um ambiente para o outro. Os melhoristas de plantas têm-se empenhado em conhecer a reação dos genótipos às variações ambientais, visando, com isso, obter maior segurança na recomendação de cultivares. Na cultura da cana-de-açúcar isso não é diferente, sobretudo quando ela é submetida a condições de cultivo bastante diversificadas, tal como ocorrem na região produtora do Estado de Goiás. Neste sentido, o presente trabalho teve como objetivo identificar fatores ambientais determinantes da interação GxA em cana-de-açúcar, com ênfase em caracteres de importância agrícola e industrial. Com isso, buscou-se também subsidiar o processo de indicação ou recomendação de clones e cultivares para cultivo nessa importante região canavieira. Para tanto, foram utilizados dados de ensaios de valor de cultivo e uso conduzidos em dez locais do Estado de Goiás, em áreas de usinas sucroenergéticas conveniadas ao Programa de Melhoramento Genético da Cana-de-Açúcar vinculado à Universidade Federal de Goiás (PMGCA/UFG). Este integra a Rede Interuniversitária para o Desenvolvimento do Setor Sucroenergético, que é responsável pelo desenvolvimento e liberação das cultivares RB (Ridesa Brasil). Foram avaliados trinta e cinco genótipos em cada local, mediante caracteres relacionados à produção e à qualidade da matéria-prima da cana-de-açúcar: toneladas de colmos por hectare (TCH), teor de fibra (%), açúcar total recuperável (ATR) e toneladas de açúcar total recuperável por hectare (TATR). Os locais foram caracterizados segundo dezenove variáveis ambientais, incluindo caracterizações geográficas, climáticas e edafológicas. Foram realizadas análises de variância para cada local, a fim de se avaliar a diferenciação entre os genótipos para cada caráter, bem como a qualidade experimental. Aplicaram-se, ainda, análises conjuntas de variância para avaliação dos efeitos de genótipos (G), ambientes (A) e da interação GxA na expressão fenotípica dos caracteres. Para a determinação das variáveis ambientais com participação significativa nos efeitos dessa interação, aplicou-se uma técnica de regressão linear *stepwise* (análises sucessivas), em que a variável com maior contribuição em cada ciclo de análises tem seu efeito linear removido da interação. Os ciclos se repetem até que nenhuma variável tenha mais efeito significativo sobre a variação em análise. Identificadas as variáveis determinantes da interação GxA, para cada caráter, estimou-se a adaptabilidade de cada genótipo em cada ambiente, levando-se em conta os efeitos lineares das variáveis selecionadas. Para o caráter TCH, as variáveis ambientais determinantes da interação GxA totalizaram 56,55% de sua soma de quadrados. As variáveis e suas respectivas porcentagens de explicação foram: teor de areia no solo na camada de 20-40 cm (29,04%); precipitação pluviométrica acumulada na fase de maturação da cana-de-açúcar (13,54%); e temperatura acumulada no período da brotação ao perfilhamento (13,97%). A interação GxA para o caráter teor de fibra teve apenas 13,56% de sua variação explicada, no caso

¹ Orientador: Prof. Dr. João Batista Duarte. EA-UFG.

pelo acúmulo de chuva na fase de maturação da cultura. Para ATR a interação mostrou-se relacionada às variáveis pH do solo na camada de 0-20 cm de profundidade (11,95%), temperatura acumulada na fase de maturação (11,07%) e CTC na camada de solo de 20-40 cm (12,56%). E, para TATR, as variáveis de maior contribuição para a respectiva interação foram: teor de areia no solo na camada de 0-20 cm (27,59%); precipitação pluviométrica acumulada na fase de maturação (13,43%); e temperatura acumulada durante o período de crescimento da planta. Dos genótipos avaliados, além das cultivares testemunhas (RB867515, RB92579, RB935744 e SP81-3250), destacaram com ampla adaptabilidade aos ambientes de cultivo na região, os clones experimentais RB034045 e RB034130. O último deles, inclusive, mostrou adaptabilidade específica superior às testemunhas no ensaio realizado em Quirinópolis/Usina São Francisco, cujas condições ambientais se caracterizaram por pouca chuva na maturação e temperaturas mais baixas durante o crescimento da cultura. Do mesmo modo, destacou-se o clone experimental RB034128 no local Rubiataba/Usina CooperRubi, cujo ambiente diferenciou-se pela textura mais argilosa do solo e pelas temperaturas mais altas na fase de crescimento.

Palavras-chave: interação genótipos x ambientes, melhoramento vegetal, cana-de-açúcar, adaptabilidade, estabilidade fenotípica, recomendação de cultivares.

ABSTRACT

OLIVEIRA, R. S. **Edaphoclimatic factors determining genotype by environment interaction in sugarcane**. 2013. 75 f. Dissertation (Master in Genetics and Plant Breeding)—Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, 2013².

The genotype-environment interaction (GE) is a widely studied phenomenon, and its understanding is essential for breeding programs. Its presence is manifested when a set of genotypes is submitted to different environmental conditions (local and/or years), with differentiated genotypic behaviors or specific adaptations to the environments; that is, the ranking of the genotypes for a given trait changes from one environment to another. Plant breeders have endeavored to know the responses of genotypes to environmental variations, aiming to achieve greater safety on the cultivar recommendation process. In sugarcane this intent is not different, especially when this crop is subjected to quite diverse growing conditions, such as occur in sugarcane producing region of Goiás State, Brazil. In this context, the present study aimed to identify environmental factors that determine the GE interaction in sugarcane, with emphasis on important agricultural and industrial traits. From this information the study aimed also to help releasing clones as cultivars to sugarcane crop in this important producing region. For this purpose, we used data from advanced variety trials conducted at ten sites in this region, in experimental areas of the sugarcane enterprises with agreement at sugarcane breeding program of Federal University of Goiás (PMGCA/UFG). This program integrates a network of Brazilian national universities for development of the sugarcane sector in the country, which is responsible by development and release of cultivars RB (Ridesa Brazil). We evaluated thirty-five genotypes at each site by traits related to production and quality of the raw material of sugarcane: tons of cane (stalks) per hectare (TCH), fiber content (%), total recoverable sugar (ATR), and yield of recoverable sugar (TATR). The sites were characterized according nineteen environmental variables, including geographical, climatic and soil characterizations. Analyses of variance were performed for each location, in order to evaluate the differentiation among genotypes according to evaluated traits and experimental quality. Joint analyses of variance were also applied to assess the effects of genotype (G), environments (A), and GE interaction in the phenotypic expression of the traits. To determine the environmental variables with significant effects on this interaction, we applied a procedure of stepwise linear regression (successive analyzes), in which the variable with the greatest contribution in each cycle of the analyses have its linear effect removed from the interaction. The cycles are repeated until no more variable has a significant effect on the analyzed variation. Since the most important variables for GE interaction of each trait were selected, it was estimated the adaptability of each genotype in each environment, taking into account the linear effects of this variables. For TCH the environmental variables that explained the GE interaction totaled 56.55% of its sum of squares. These variables and their respective percentages of explanation were: sand content in the soil layer of 20-40 cm depth (29.04%); cumulative rainfall during ripening of sugarcane (13.54%), and accumulated temperature in the sprouting and tillering phases of the crop (13.97%). The GE interaction for content of fiber in the stalks had only 13.56% of its variation explained, and the variable responsible for this was cumulative rainfall during

² Adviser: Prof. Dr. João Batista Duarte. EA-UFG

the crop maturation. For ATR the interaction was related to the variables soil pH at 0-20 cm depth (11.95%), accumulated temperature during ripening (11.07%), and cationic exchange capacity (CEC) in the soil layer of 20-40 cm depth (12.56%). Finally, the variables with the greatest contribution for the GE interaction in TATR were: sand content in the soil at 0-20 cm depth (27.59%), cumulative rainfall during ripening (13.43%), and temperature accumulated during the growing phase of the plant. In addition to check cultivars (RB867515, RB92579, RB935744 and SP81-3250), two test clones, RB034045 and RB034130, were outstanding because showed wide adaptability to the crop environments in the target region. RB034130 showed also the highest specific adaptability in the trial conducted in Quirinópolis/São Francisco mill, where the environmental conditions were characterized by low rainfall in the maturation and lower temperatures during the growing season. Similarly, the test clone RB034128 was the best adapted to the site Rubiataba/Cooper Rubi mill, whose crop environment differed mainly because the more clayey soil texture, and the highest temperatures during growth season.

Key words: genotype-environment interaction, plant breeding, sugarcane, adaptability, cultivar recommendation.

1 INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) é de expressiva importância mundial, pela produção de açúcar, alimento básico da dieta humana, por ser fonte renovável do combustível etanol e, ainda, constituir-se em alimento para bovinos. Do seu processamento são obtidos o bagaço, utilizado para a geração de energia elétrica, a vinhaça e a torta de filtro, que são fontes de matéria orgânica e nutrientes para os cultivos.

O Brasil, como maior produtor mundial de cana-de-açúcar, tem papel importante no cenário da produção de energia renovável e geração de divisas. Sua produção concentra-se nas regiões centro-sul e nordeste. Segundo o levantamento da safra 2012/13, realizado juntamente com o primeiro levantamento da safra 2013/14, pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA, entre os dias 03 e 16 de março de 2013, a área destinada à atividade sucroenergética no país foi de 8.485 mil hectares, e para a safra 2013/14 serão cultivados 8.893 mil hectares. O Estado de São Paulo é o maior produtor brasileiro, ocupando 51,28% da área nacional cultivada com cana-de-açúcar e produção esperada de 360.765,6 mil toneladas. No mesmo ano, o Estado de Goiás aparece em segundo lugar, produzindo 61.957 mil toneladas numa área de 827,03 mil ha (Conab, 2013a).

Considerando-se a preocupação atual com a expansão dos canaviais sobre outras espécies cultivadas, principalmente aquelas destinadas à produção de grãos, dados do primeiro levantamento da intenção de plantio para a safra 2013/2014, mostram que a área cultivada com grãos no país será de, no mínimo, 53.264 mil ha, 1.876,7 mil ha no estado paulista e 4.566 mil ha no território goiano (Conab, 2013b). Logo, mesmo que essa expansão represente alguma competição local, isto não se materializa em nível regional, sobretudo com a consolidação nacional da segunda safra de grãos (“safrinha”).

A busca pelo aumento da produtividade é constante, desejando-se continuamente o aumento do teor de sacarose em genótipos que se adaptem às diversas condições de produção. Devido à potencialidade dos programas de melhoramento genético da cana-de-açúcar no Brasil, muitas são as cultivares que possibilitam a produção

canavieira nos diferentes tipos de solo, clima e épocas de colheita no país (Landell & Bressiani, 2010).

No melhoramento genético de plantas a interação de genótipos com ambientes (interação GxA) e, especialmente, seus efeitos têm papel fundamental no objetivo de obtenção de cultivares que atendam às diversas finalidades. O conhecimento e a avaliação da interação GxA são indispensáveis, pois desta relação resultam diferentes fenótipos e, por consequência, o melhor genótipo em um ambiente pode não ser em todos. Por isso, são realizadas análises de adaptabilidade e estabilidade, pelas quais se torna possível a identificação de cultivares de comportamento previsível e que respondam favoravelmente às variações ambientais em condições específicas ou amplas, e, assim, possibilitar eficiência na recomendação de materiais genéticos. Bruzi (2006) afirma que para a recomendação de novas cultivares é indispensável que estas sejam avaliadas no maior número possível de ambientes, o que, entretanto, se limita pela viabilidade econômica e logística na implantação de experimentos.

A rentabilidade da cultura favorece sua expansão sobre variadas condições edafoclimáticas. A fim de fazer recomendações precisas, o zoneamento ecológico ou estratificação ambiental é uma alternativa, e que deve considerar fatores previsíveis do ambiente como a região geográfica, sua latitude, altitude e tipo de solo (Chaves, 2001). Assim, quanto mais bem caracterizado o ambiente, maior será a possibilidade de aproveitamento dos efeitos positivos da interação GxA (Chaves, 2001).

Van Eeuwijk et al. (1996) propuseram a utilização de variáveis auxiliares para maior detalhamento da interação de genótipos com ambientes. Nesse sentido, Martins (2004) e Cardoso Júnior (2012), ambos com soja, utilizaram essa proposta e determinaram a adaptabilidade produtiva, fazendo sua representação em mapas de adaptabilidade das cultivares. O presente estudo, embora sem uso da representação cartográfica, também fez uso dessa abordagem, buscando fornecer informações sobre as causas da interação GxA em cana-de-açúcar, via determinação de variáveis ambientais com participação significativa nos efeitos desta interação. Assim, variáveis edafoclimáticas que normalmente não são consideradas na análise de ensaios varietais foram relacionadas com as respostas fenotípicas em caracteres de importância agrícola e industrial. Com isso, teve como objetivo identificar fatores ambientais de grande efeito sobre a interação GxA e, consequentemente, melhorar o processo de recomendação de cultivares em cana-de-açúcar, principalmente considerando-se os fatores que são previsíveis e passíveis de controle nos

ambientes de cultivo. Ademais, buscou-se avaliar o comportamento adaptativo dos clones experimentais em estudo, sobretudo frente aos fatores ambientais determinantes da interação GxA.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 INTERAÇÃO DE GENÓTIPOS COM AMBIENTES

2.1.1 Definição e caracterização do fenômeno

A interação de genótipos com ambientes (GxA) é um fenômeno muito estudado e seu entendimento é fundamental para os programas de melhoramento genético, principalmente no estudo da herança de caracteres métricos, tal como a produtividade. A natureza da interação GxA é evolutiva, ou seja, devido à alta variabilidade do valor adaptativo dos indivíduos, existem indivíduos mais adaptados a cada condição ambiental particular. Esta adaptação específica a determinados ambientes é a causa evolutiva básica da interação GxA (Chaves, 2001).

As possíveis expressões dos diversos caracteres de um indivíduo, o fenótipo, ocorrem em função da interação de sua constituição genética, o genótipo, com o ambiente em que o indivíduo se encontra. A contribuição do ambiente, na expressão fenotípica, se manifesta como desvios em torno do valor genotípico (Chaves, 2001). Sendo assim, genótipos submetidos a diferentes condições de ambiente (locais e, ou, anos), apresentam comportamentos não coincidentes; ou seja, o posicionamento relativo deles para determinado caráter pode se alterar de um ambiente para outro (Eberhart & Russell, 1966). Assim, os melhoristas de plantas têm se empenhado em conhecer a reação dos genótipos às variações ambientais, visando com isso obter maior segurança na recomendação de cultivares (Duarte, 1988).

Para avaliar a presença da interação GxA, como proposto por Allard & Bradshaw (1964), são necessários pelo menos dois genótipos submetidos a dois ambientes diferentes. Três situações básicas no estudo desse tipo de interação são ilustradas na Figura 1. Nas situações “a” e “b” o genótipo A apresenta-se melhor adaptado e, portanto, uma seleção baseada na média dos genótipos ao longo dos ambientes beneficiará este genótipo. Na situação “b”, a manifestação da interação é consequência apenas dos efeitos aditivos do fenômeno, e poderia ser explicada, por exemplo, pela ação multiplicativa dos ambientes

sobre os genótipos (Chaves et al., 1989). No exemplo “c” a interação do tipo qualitativa apresenta um genótipo melhor adaptado para cada ambiente, e, portanto, a seleção baseada na média geral dos genótipos ao longo dos ambientes pode levar à seleção de genótipos mal adaptados a situações particulares.

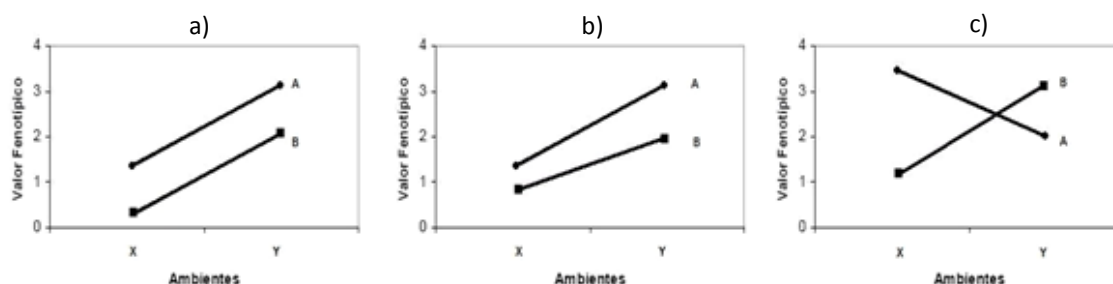


Figura 1. Comportamento de dois genótipos (A e B) em duas condições ambientais (X e Y), sob: a) ausência de interação; b) interação simples ou quantitativa; e c) interação cruzada ou qualitativa

Para a constatação do efeito do ambiente sobre a expressão fenotípica, os dados observados podem ser distribuídos conforme a Tabela 1. Na ausência de interação $G \times A$, ou seja, se não houver efeito ambiental diferenciado sobre os genótipos, $a - c = b - d$; e ainda, os efeitos genotípicos também serão os mesmos nos diferentes ambientes, e, portanto, $a - b = c - d$. Assim, um mesmo genótipo apresenta média superior nos dois ambientes. Quando a interação permite que para cada ambiente haja um genótipo mais adaptado, verifica-se que $a - b \neq c - d$ ou $a - c \neq b - d$. Desse modo, o genótipo de média maior é o mais adaptado.

Tabela 1. Representação do valor fenotípico de dois genótipos (G) em dois ambientes (A), para entendimento do fenômeno da interação entre estes fatores ($G \times A$)

Genótipos	Ambientes		Média	Diferença ambiental
	A1	A2		
G1	a	c	$(a + c) / 2$	$a - c$
G2	b	d	$(b + d) / 2$	$b - d$
Média	$(a + b) / 2$	$(c + d) / 2$	$(a + b + c + d) / 4$	$(a + b - c - d) / 2$
Diferença genotípica	$a - b$	$c - d$	$(a + c - b - d) / 2$	

Fonte: Chaves (2001).

Nos programas de melhoramento os estudos de interação GxA para recomendação de cultivares, por exemplo, são feitos com vários genótipos em vários ambientes, o que demanda modelos estatísticos apropriados. Em geral, o modelo básico para o tratamento desse tipo de dados pode ser expresso em linguagem estatística por:

$$Y_{ij} = m + g_i + a_j + (ga)_{ij} + e_{ij}$$

em que:

Y_{ij} é a média observada do caráter Y para o genótipo i no ambiente j ;

m é a média geral dos ensaios;

g_i é o efeito do genótipo;

a_j é o efeito do ambiente;

$(ga)_{ij}$ é a interação do genótipo i com o ambiente j ;

e_{ij} é o erro experimental associado à média Y_{ij} .

2.1.2 A importância do genótipo

É esperado que a estrutura genética das populações influencie a magnitude da interação genótipos x ambientes. Existe um conceito clássico em genética no qual genótipos heterozigóticos são menos sensíveis às influências ambientais que genótipos homozigóticos (Becker & Léon, 1988). Teoricamente é esperado, por exemplo, que as variedades apresentem menos interação com o ambiente do que os genótipos de maior heterozigosidade como os híbridos simples e linhagens puras (Becker & Léon, 1988).

Em geral, acessos de germoplasma diferem basicamente em dois aspectos: grau de heterozigosidade dos indivíduos e heterogeneidade genética da população de indivíduos. Assim, para a cultura do milho, por exemplo, uma variedade de polinização aberta, por ser constituída de uma mistura de genótipos, apresenta maior heterogeneidade que uma linhagem ou híbrido simples. Contudo, sua heterozigosidade pode ser menor que a de um híbrido simples. Os híbridos duplos são mais heterogêneos que os híbridos simples. Já a heterozigosidade pode ser máxima em híbridos simples (Becker & Léon, 1988). Por outro lado, em plantas autógamas, as cultivares utilizadas pelos agricultores por longo tempo, por serem constituídas de uma mistura de indivíduos, devem apresentar maior heterogeneidade do que as cultivares comerciais, que, normalmente, são constituídas por uma única linhagem pura (Becker & Léon, 1988).

A cana-de-açúcar é uma espécie alógama e as cultivares normalmente são híbridos interespecíficos, podendo ser irmãos completos ou meios-irmãos. Então, esses híbridos são classificados nos programas de melhoramento da cultura como biparentais ou multiparentais, respectivamente. Nesta segunda condição é identificado apenas o genitor feminino, e os genitores masculinos são desconhecidos. E, embora haja locos em heterozigose, as populações são homogêneas, pois, após a hibridação a propagação é realizada vegetativamente.

Alguns genótipos são capazes de manter inalterada a sua expressão fenotípica, mesmo quando colocados em ambientes diferentes, o que, provavelmente, se deve a homeostase (Mather, 1953 e Lerner, 1954, citado por Duarte, 1988). Existem três tipos de homeostase: fisiológica, do desenvolvimento e genética. A homeostase fisiológica permite manter inalteradas certas funções do organismo, mesmo em condições ambientais diferentes.

Na homeostase fisiológica ocorrem alterações no metabolismo da planta para esta manter constante uma ou mais funções do organismo. As alterações relacionadas à homeostase fisiológica são reversíveis. Quando as mudanças não são facilmente reversíveis durante a vida do indivíduo, temos a homeostase do desenvolvimento, também chamada de flexibilidade fenotípica, que pode ser definida como a capacidade de um genótipo produzir um fenótipo apropriado, bem adaptado, em condições ambientais diferentes (Futuyama, 1992). Durante o ciclo vital o desenvolvimento é geneticamente controlado dentro de uma faixa estreita de variação. Geralmente não é possível que um indivíduo em desenvolvimento retorne a um estágio anterior de desenvolvimento; por isso, a homeostase do desenvolvimento é irreversível.

A homeostase genética pode ser definida como a tendência de uma população de resistir a mudanças, e retornar ao seu estado original, quando a seleção sobre os indivíduos dessa população não for controlada. Este tipo de homeostase é uma propriedade da população e não do indivíduo, como no caso das homeostases fisiológica e do desenvolvimento.

Um questionamento frequente é se a estrutura genética das populações pode afetar a sua estabilidade. É esperado que cultivares heterogêneas, constituídas por uma mistura de genótipos, por possuírem homeostase populacional, sejam mais estáveis que uma única linhagem pura (Bruzi, 2006). De modo análogo, espera-se também que cultivares com a maioria dos locos em heterozigose, por sua homeostase individual, sejam

mais estáveis do que linhagens endogâmicas (Becker & Léon, 1988). Existem poucos relatos que comprovam, pelo menos em parte, essa observação em algumas culturas, tais como milho (Geiger et al, 1987; Schnell & Becker, 1986), sorgo (Hausmann et al, 2000), centeio (Becker, 1981) e aveia (Helland & Holland, 2001).

2.1.3 A importância do ambiente

Se o fenótipo é resultante da interação do valor genotípico de um indivíduo com o ambiente específico em que este indivíduo se encontra, pode-se dizer que o ambiente provoca desvios neste genótipo e assim produz vários fenótipos para um mesmo genótipo. Assim, linhagens puras, híbridos simples e clones cultivados em diferentes ambientes apresentarão variações fenotípicas. Portanto, a produção de qualquer planta depende basicamente do seu potencial genotípico e das condições ambientais de cultivo.

As variações ambientais podem ser previsíveis ou imprevisíveis (Allard & Bradshaw, 1964). As primeiras são as características permanentes do ambiente e, também, aquelas que podem ser diretamente influenciadas pelo homem. Neste grupo estão as características gerais do clima, as práticas culturais, os tipos de solo, a nutrição das plantas, a irrigação etc. Já os fatores não previsíveis incluem flutuações erráticas como a quantidade e a distribuição de chuvas, as variações de temperatura de um ano para o outro, entre outras. Adaptar as culturas a estes ambientes é o papel do melhoramento de plantas.

Bórem (1998) subdividiu o ambiente em “macro” e “micro”, sendo que, um macroambiente é composto por uma série de microambientes. Baseado nesta divisão decide-se se uma cultivar será de espectro amplo ou restrito.

Prado (2007) classificou os ambientes de produção para o cultivo da cana-de-açúcar, conforme a produtividade média em toneladas de cana-de-açúcar por hectare (TCH). Para esta classificação foram considerados os fatores: água disponível no solo, composição química do solo abaixo da camada arável e capacidade de troca catiônica (CTC) na camada arável. Pela combinação desses fatores a pior condição para o cultivo da cana-de-açúcar é classificada como ambiente “E”, em que a produtividade em TCH é menor que 68 t/ha. A melhor condição é classificada como ambiente “A”, que resulta em produtividades acima de 100 t/ha.

A quantidade de água disponível no solo depende diretamente da textura do solo, em geral até 1,0 m de profundidade; e para o seu cálculo são considerados, também,

variáveis fisiológicas como capacidade de campo e ponto de murcha permanente. Os solos extremos, muito argilosos ou muito arenosos, interferem na tensão de água retida, enquanto o alto teor de argila eleva esta tensão; o alto teor de areia abaixa a tensão, tanto na capacidade de campo, quanto no ponto de murcha permanente. Desse modo, a cana-de-açúcar se adapta melhor aos solos de textura média (Prado, 2007). Quanto à condição química (fertilidade do solo) abaixo da camada arável, a produtividade em TCH decresce pela seguinte ordem: eutrófico > mesotrófico > distrófico > álico > ácrico (Landell et al., 2003). O ambiente “A” tem por características: água disponível alta; condição química podendo ser eutrófica, eutroférica, mesotrófica ou mesoférica; e CTC entre 2,31-8,00 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ (Alvarez, 1999).

Pelos ciclos de doze (“cana de ano”) ou dezoito meses (“cana de ano-e-meio”), a cultura da cana-de-açúcar está sujeita à influência das mais variadas condições climáticas ao longo de seu desenvolvimento. Brunini (2010) resalta que a temperatura do ar e a distribuição de chuvas são os fatores mais importantes para o sucesso da atividade produtiva comercial. Considerando todo o ciclo, Dias et al. (1999), na investigação da produtividade de cana-de-açúcar em relação ao clima e aos solos, concluíram que graus-dia e deficiência hídrica, não apresentaram correlações significativas com a produtividade de massa verde. Ainda que haja adaptação às diversas condições climáticas, a cana-de-açúcar é mais bem adaptada, em termos de produtividade, às condições para o desenvolvimento vegetativo nos períodos quentes e úmidos; enquanto para a fase de maturação, aos períodos secos e com menores temperaturas.

Quanto às características químicas do solo, Dias et al. (1999) identificaram que o teor de cálcio no horizonte B é o fator de maior correlação positiva com a produtividade agrícola da cana-de-açúcar. De maneira complementar, o teor de alumínio e a saturação por alumínio também apresentam correlações significativas, porém negativas.

2.2 ESTABILIDADE E ADAPTABILIDADE FENOTÍPICA

2.2.1 Conceitos fundamentais

Muitas são as definições para estabilidade fenotípica encontradas na literatura. Correspondente ao termo “homeostase”, proposto por Lerner (1945), ou “canalização” de Waddington (1953), citado por Mettler & Gregg (1973) e por Duarte (1998), a estabilidade fenotípica refere-se ao fenômeno pelo qual um dado genótipo é capaz de manter constante

sua expressão fenotípica diante de influências ambientais variáveis; ou seja, a propriedade de um genótipo com norma de reação estreita.

O conjunto dos possíveis fenótipos produzidos por determinado genótipo, quando colocado em ambientes diferentes, constitui a sua “norma de reação”. Certas normas de reação são relativamente estreitas, significando que o genótipo é constante na sua expressão fenotípica. Outras vezes, o mesmo genótipo colocado em ambientes diferentes dá origem a vários fenótipos, e, neste caso, a norma de reação é ampla.

Segundo Bruzi (2006), o conceito de estabilidade foi subdividido em quatro tipos. O tipo 1 é aquele em que o genótipo será considerado estável se sua variância entre ambientes for mínima sob diferentes condições ambientais. Esta foi denominada por Becker (1981) como “estabilidade biológica”, ou seja, caracteriza um genótipo com desempenho constante frente às variações ambientais e está em concordância com o conceito de homeostase (conceito estático). Esse comportamento geralmente não é desejável, pois o genótipo não acompanha a melhoria nas condições do ambiente com aumento de produção (Lin et al., 1986). Ademais, já é generalizado o conhecimento de que genótipos com esse tipo de estabilidade normalmente possuem baixo desempenho produtivo (Ramalho et al., 1993).

Na estabilidade do tipo 2 a cultivar será considerada estável se sua resposta ao ambiente for paralela ao desempenho médio de todas cultivares avaliadas no experimento. Esta foi denominada por Becker (1981) como “estabilidade agrônômica” (conceito dinâmico). Na estabilidade do tipo 3 as cultivares estáveis são de alta previsibilidade nas respostas fenotípicas, o que estatisticamente está associado a quadrados médios de desvios de regressão de pequena magnitude. Por último, tem-se o tipo 4 de estabilidade, no qual as cultivares mais estáveis são aquelas que apresentam baixa contribuição para a interação GxA, ou seja, indivíduos estáveis frente às variações imprevisíveis (Lin & Binns, 1991). Duarte (1988) cita que a aplicação do conceito de estabilidade do tipo 3 tornou de igual importância o conceito de adaptabilidade. Isso porque, enquanto Finlay & Wilkinson (1963) consideravam a adaptabilidade como uma consequência do grau de estabilidade, Eberhart & Russell (1966) referiam-se à estabilidade apenas como a previsibilidade na resposta do genótipo aos ambientes. Evenson et al. (1978) definiram adaptabilidade como a resposta mostrada por um material genético a diversas condições ambientais. Já para Mariotti et al. (1976), é o equivalente à capacidade de um genótipo aproveitar vantajosamente o estímulo ambiental. Portanto, Duarte (1988) concluiu que, estando o

melhorista interessado em obter cultivares com ampla adaptação ou adaptados a ambientes específicos, ele deverá fazê-lo avaliando a adaptabilidade dos materiais.

2.2.2 Determinação da adaptabilidade e estabilidade fenotípica

Duarte (1988) concluiu que os métodos de determinação da adaptabilidade e estabilidade fenotípica baseados num único parâmetro (Wricke, 1965; St-pierre et al, 1967; Langer et al, 1979; Casler & Hovin, 1984) mostram-se pouco informativos, oferecendo menor segurança à recomendação de cultivares do que aqueles baseados em regressão (Finlay & Wilkinson, 1963; Eberhart & Russell, 1966; Silva & Barreto, 1985). Nestes métodos estimam-se para cada genótipo “i” parâmetros como coeficiente(s) de regressão (b_i), variância dos desvios da regressão ($s^2 d_i$) e, ou, coeficiente de determinação (r^2_i). As regressões são estimadas relacionando as respostas de cada genótipo em cada ambiente (Y) com medidas da qualidade ambiental (X), que, na maior parte das aplicações, são representadas pela própria média geral de cada ambiente.

Há consenso de que a estabilidade esteja sob controle genético, porém, pouco se sabe como se processa esse controle (Torres, 1988). Na maioria dos casos, não é possível estimar a herdabilidade dos parâmetros de estabilidade; sendo assim, o uso da repetibilidade é uma alternativa. A correlação entre a classificação dos genótipos em grupos de ambientes tem sido utilizada como medida de repetibilidade (Bruzi, 2006). Esse procedimento tem sido empregado em pesquisas com aveia (Eagles & Frey, 1977; Fantunla & Frey, 1976), trigo e aveia (Leon & Becker, 1988) e trigo (Jalaluddin & Harrison, 1993). As maiores magnitudes de repetibilidade foram obtidas para o coeficiente de regressão linear (b_i) e para a produtividade média dos genótipos (\bar{Y}_i). Nos demais parâmetros, as estimativas de repetibilidade têm sido de pequena magnitude.

A literatura é farta na referência de métodos utilizados para se avaliar adaptabilidade e estabilidade fenotípica (Becker & Leon, 1988; Cruz & Carneiro, 2003; Cruz et al., 2004; Kang & Gauch Jr., 1996). Com relação à estabilidade do tipo 1, Becker & Léon (1988) argumentam que esse componente pode ser mensurado utilizando-se simplesmente a estimativa da variância de cada cultivar nos diferentes ambientes. Na estabilidade agrônômica, podem-se adotar os métodos de Plaisted & Peterson (1959), bem como o de Wricke (1965), que se baseiam na estimação das contribuições de cada genótipo para a interação GxA.

No tocante aos conceitos de estabilidade dos tipos 3 e 4, os métodos mais empregados são aqueles que utilizam regressão (Duarte, 1988; Cruz et al., 1989; Eberhart & Russell, 1966; Silva & Barreto, 1985; Toler, 1990; Verma et al., 1978). Maiores detalhes a respeito do procedimento de análise e interpretação dos resultados podem ser encontrados em Becker & Leon (1988), Cruz & Carneiro (2003), Cruz et al. (2004), Kang & Gauch Jr. (1996).

A resposta do genótipo diante das variações ambientais determina a sua adaptabilidade, ou seja, se a cultivar será de adaptação mais ampla ou específica. Na Figura 2 têm-se algumas das possíveis respostas para as avaliações genotípicas nos programas de melhoramento. Na primeira situação o genótipo não responde às variações ambientais, apresentando resposta homeostática (tamponada) aos ambientes, e, portanto, adaptação preferencial a ambientes piores; haja vista que não responde à melhoria ambiental. No segundo caso, o genótipo também é adaptado a condições ambientais específicas. Apresenta resposta à melhoria ambiental, o que caracteriza um genótipo para cultivos que disponham, por exemplo, de alta tecnologia (ambientes melhores). O terceiro comportamento seria o de um genótipo ideal; ou seja, nos ambientes restritivos ou com baixo nível tecnológico, ele apresenta produtividade constante, mas, quando em condições melhores de ambiente, ou ainda, se houver uso de técnicas específicas de produção, o genótipo retornará com produtividades crescentes. Este seria, portanto, um comportamento ideal para uma cultivar de adaptação ampla.

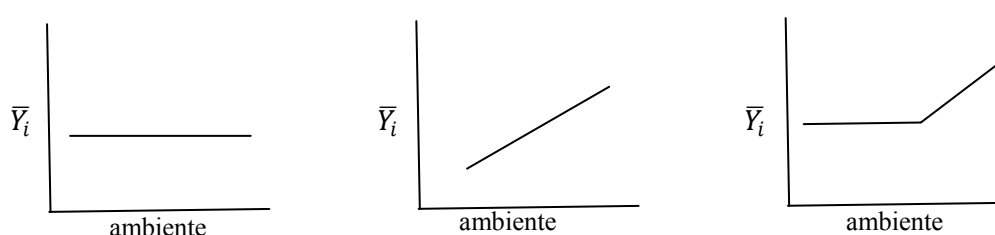


Figura 2. Comportamentos fenotípicos esperados (\bar{Y}_i) em resposta à melhoria ambiental (Fonte: Chaves, 2001).

Van Eeuwijk et al. (1996) propuseram a utilização de variáveis qualitativas ou quantitativas, associadas aos genótipos ou aos ambientes, para a descrição dos efeitos da interação GxA, com posterior aplicação na estimação da adaptabilidade fenotípica. Neste contexto, Martins (2004) utilizou o efeito genotípico acrescido do somatório dos efeitos

lineares de variáveis ambientais associadas à interação GxA, para a determinação da adaptabilidade fenotípica.

2.3 CARACTERES IMPORTANTES NO MELHORAMENTO GENÉTICO DA CANA-DE-AÇÚCAR

No desenvolvimento de cultivares de cana-de-açúcar são requeridas muitas características para que se tenha produtividade com qualidade e lucratividade. Para o sucesso da atividade sucroenergética, as cultivares precisam ser resistentes, principalmente ao carvão (*Ustilago scitaminea*), ferrugem marrom (*Puccinia melanocephala*), escaldadura (*Xanthomonas albilineans*), mosaico (subgrupo *Sugarcane mosaic virus*) e, recentemente, também à ferrugem alaranjada (*Puccinia kuehnii*). As cultivares devem apresentar adequação também ao plantio e à colheita mecanizada.

Há ainda aquelas características relacionadas ao manejo das cultivares, definidas, por exemplo, a partir de resultados dos “ensaios de curva de maturação”, para indicação da época adequada de colheita. É com esse tipo de ensaio que se determina o ponto ideal de maturação de cada cultivar, bem como o seu período de utilização industrial – PUI (Paulino et al., 2002). O período de maturação da cana-de-açúcar é iniciado quando o teor de sacarose aparente (pol da cana) atinge 12,25% (Stupiello, 1987). Assim, de acordo com a época do ano em que as cultivares entram na fase de maturação, elas são classificadas como precoces, quando iniciam sua maturação em maio; médias, quando atingem a maturação em julho; e tardias, quando apresentam o nível ideal de pol em colheitas realizadas a partir de agosto. O caráter PUI pode ser curto (<120 dias), médio (120-150 dias) ou longo (> 150 dias) (Horii, 2004). Tudo isso é muito importante para que se associe elevada produtividade agrícola com alta qualidade da matéria-prima a ser utilizada pela indústria.

A produtividade é avaliada em toneladas de cana-de-açúcar por hectare (TCH), e a qualidade, principalmente, pelos teores de fibra e sacarose. Zeni-Neto et al. (2008) utilizaram toneladas de brix por hectare (TBH), em estudo sobre adaptabilidade e estabilidade de clones no Estado do Paraná. Já Silveira et al. (2012) utilizaram toneladas de pol por hectare (TPH), na avaliação da adaptabilidade de genótipos, em Minas Gerais. Para a determinação do teor de sacarose, o teor de sólidos solúveis no caldo (brix) é o caráter mais utilizado na indústria sucroenergética, variando de 18% a 25% (Fernandes, 2000). E,

como já mencionado, a porcentagem aparente de sacarose no caldo (pol) tem aplicação para determinar a maturação da cana-de-açúcar.

A fibra é um importante componente da cana-de-açúcar, principalmente por tornar o colmo mais resistente a danos físicos, ao ataque de insetos e patógenos, bem como ao acamamento (Lavanholi, 2010). É um material lignocelulósico com enorme potencial energético e já, há algum tempo, ganhou outra importância no cenário canavieiro, pela geração de energia elétrica a partir da queima do bagaço. Recentemente, com o advento do etanol de segunda geração, este componente passou a ter papel fundamental também para o aumento da produção de etanol, sem a necessidade de incorporação de novas áreas agrícolas. Atualmente, oitenta toneladas de cana-de-açúcar rendem aproximadamente 5 mil litros de etanol; mas, com o aproveitamento do bagaço para produção de etanol de segunda geração, é possível obter até 7 mil litros (Jakubaszko, 2013).

Os açúcares totais recuperáveis (ATR) representam a quantidade total de açúcares obtidos da cana-de-açúcar (sacarose, glicose e frutose). Esta quantidade é determinada pela relação $\text{pol}/0,95$, mais o teor de açúcares redutores. A concentração de açúcares (ATR) na cana-de-açúcar varia, em geral, na faixa de 13,0% a 17,5% (Ripoli et al., 2004); e, é a partir dessa quantidade que normalmente se realiza o pagamento da matéria-prima para os fornecedores. Outro caráter importante e diretamente relacionado é a produtividade de ATR, que geralmente é expresso em toneladas de açúcar total recuperável por hectare – TATR (em t/ha). Este é, portanto, uma variável de produtividade, calculada a partir do produto entre TCH (t/ha) e ATR (kg/t cana-de-açúcar).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 CARACTERIZAÇÃO DOS ENSAIOS

O conjunto de dados utilizado neste estudo é resultado dos ensaios da série de cruzamentos realizada em 2003 (Série 03) do Programa de Melhoramento Genético da Cana-De-Açúcar da Universidade Federal de Goiás – PMGCA/UFG, vinculado à Rede Interuniversitária para o Desenvolvimento do Setor Sucroenergético – Ridesa. Os ensaios de série caracterizam-se pela última fase de seleção, quando os clones são avaliados em vários locais (ensaios regionais) para a determinação de adaptabilidade e estabilidade fenotípicas. E, os melhores clones nesta fase da avaliação são, portanto, potenciais cultivares a serem liberados comercialmente.

Os ensaios foram instalados em dez locais do Estado de Goiás, em 2010/2011 (Tabela 2). O delineamento adotado em cada ensaio foi o de blocos completos ao acaso, com quatro repetições. Cada ensaio foi planejado com cerca de trinta tratamentos genéticos; mas, considerando todos os ensaios, um total de quarenta e cinco genótipos foi avaliado (Tabela 3). A unidade experimental (parcela) foi formada por duas linhas de 20 m, espaçadas de 1,5 m. Apenas na usina Centroálcool (Inhumas – GO), as parcelas foram de cinco linhas de 8,0 m, com o mesmo espaçamento entre linhas. Cada ensaio local foi delimitado por bordadura de duas fileiras de plantas, compostas por material comercial.

Tabela 2. Relação dos locais de condução dos ensaios finais da Série 2003 (ano de realização dos cruzamentos) do PMGCA/UFG¹, no Estado de Goiás, em 2010/2011 e 2011/2012

Local (Usina)	Código	Latitude(S)	Longitude (W)	Altitude (m)	Plantio	Colheita
Aporé (Nardini)	UNA	18°56'01,9"	51°58'37,1"	562	10/03/11	10/09/12
Caçú (ETH Rio Claro)	ERC	18°48'23,0"	51°00'16,0"	476	10/03/11	11/07/12
Goianésia (Jalles Machado)	UJM	15°17'00,6"	48°56'0,08"	606	13/05/11	05/07/12
Goianésia (Usina Goianésia)	UGA	15°08'43,9"	49°04'28,7"	734	15/07/11	22/08/12
Inhumas (Centroálcool)	UCA	16°15'26,8"	49°33'11,1"	860	31/03/10	13/05/11
Mineiros (ETH Morro Vermelho)	EMV	17° 44' 00,2"	53°00'12,2"	810	23/02/11	16/09/12
Porteirão (Tropical Bioenergia)	UTB	17° 28' 52,3"	50° 00' 51,6"	492	30/06/11	04/09/12
Quirinópolis (Boa Vista)	UBV	18°41'06,3"	50°29'11,1"	518	11/02/11	09/08/12
Quirinópolis (São Francisco)	USF	18°35'49,7"	50°08'36,5"	444	15/04/11	18/06/12
Rubiataba (Cooper Rubi)	UCR	15°06'30,8"	49°37'23,4"	610	17/03/11	30/05/12

¹ PMGCA/UFG: Programa de Melhoramento Genético da Cana-de-Açúcar da Universidade Federal de Goiás.

Os clones, em condição de primeiro corte (cana-planta), foram avaliados quanto à produtividade de colmo e qualidade de matéria-prima, segundo os caracteres: toneladas de cana por hectare – TCH; teor de fibra – %fibra; açúcar total retornável – ATR; e produtividade de açúcar total retornável – TATR. As parcelas foram pesadas em campo, o que resultou nos dados de TCH. Já para a avaliação da qualidade da matéria prima, cada parcela foi amostrada por um feixe de dez colmos, cujas amostras foram analisadas nos laboratórios das usinas onde os ensaios foram instalados e conduzidos.

3.2 VARIÁVEIS EDAFOCLIMÁTICAS

A fim de caracterizar os ambientes de cada experimento, os solos correspondentes foram amostrados nas camadas de 0-20 cm e de 20-40 cm. Por se tratar de cana-planta, seu sistema radicular ainda apresenta maior concentração nestas duas camadas (Vasconcelos & Dinardo-Miranda, 2006). As amostragens foram realizadas após o estabelecimento da cultura, nos meses de janeiro a março de 2013. Fez-se uma amostra composta por quatro amostras simples, uma por bloco, sendo as coletas realizadas a 25 cm da linha de plantio (Vitti & Mazza, 2002). As características edafológicas consideradas foram: pH, capacidade de troca catiônica (CTC), saturação por bases (V%) e teores de areia e argila.

Os ambientes também foram caracterizados quanto a variáveis climatológicas. Assim, a partir das datas de plantio e colheita de cada ensaio, dividiu-se o ciclo da cultura em quatro fases: brotação (trinta dias após o plantio – DAP), perfilhamento (sessenta DAP), crescimento (até o mês de fevereiro) e maturação (de abril até a colheita). Para cada um destes períodos foram acumulados os registros de temperatura (graus-dia, °C) e de precipitação pluviométrica (mm). Estes registros foram levantados, tendo como referência as coordenadas geográficas de cada ensaio, no Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP) do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2013). Este Banco disponibiliza dados meteorológicos diários de estações convencionais, e, para este estudo, adotaram-se os registros das estações mais próximas aos locais dos experimentos (Tabela 4). Com isso, alguns locais tiveram a mesma caracterização para a temperatura e precipitação acumuladas nos períodos fenológicos da cana-de-açúcar. As coordenadas

geográficas (latitude e longitude, em graus decimais) e a altitude (m) também foram utilizadas como variáveis ambientais.

Tabela 3. Relação dos genótipos avaliados nos ensaios da Série 2003 do PMGCA/UFG¹, por localidade², nos anos agrícolas 2010/2011 e 2011/2012

Genótipos	EMV	ERC	UCA	UCR	UGA	UJM	UNA	UBV	USF	UTB
RB034004	x	x	x	x	x	x	x	x		x
RB034009				x	x		x		x	x
RB034019							x	x	x	x
RB034021	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
RB034025										x
RB034038	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
RB034041	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
RB034044	x	x	x	x	x	x		x	x	x
RB034045	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
RB034067			x	x	x	x	x	x	x	x
RB034068	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
RB034070	x	x	x	x	x	x		x	x	
RB034082	x	x		x	x		x			x
RB034109	x	x	x			x	x	x	x	x
RB034110	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
RB034111	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
RB034112	x	x		x	x					x
RB034113	x	x	x	x	x	x		x	x	x
RB034114	x	x	x		x	x	x	x	x	x
RB034116	x	x	x			x	x	x	x	x
RB034117	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
RB034119	x	x		x	x		x	x		x
RB034120	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
RB034121										x
RB034122	x	x	x	x	x	x		x	x	
RB034123			x			x				
RB034125	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
RB034126			x		x	x	x			x
RB034127	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
RB034128			x	x	x	x	x	x	x	x
RB034129	x	x		x	x		x		x	x
RB034130	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
RB034131	x	x	x	x		x	x	x	x	x
RB034132	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
RB966928							x			
RB92579			x	x	x	x	x		x	
RB937570				x						
RB935744	x	x		x					x	
RB928064								x		
RB867515	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
RB855453									x	
SP835073										x
SP813250	x	x	x		x	x	x	x		X
CTC17	x	x								
CTC15								x		

¹ PMGCA/UFG: Programa de Melhoramento Genético da Cana-de-Açúcar da Universidade Federal de Goiás

² EMV: ETH Bioenergia, unidade Morro Vermelho (Mineiros – GO); ERC: ETH Bioenergia, unidade Rio Claro (Caçu – GO); UBV: Usina Boa Vista (Quirinópolis – GO); UCA: Usina Centroalccol (Inhumas – GO); UCR: Usina Cooper Rubi (Rubiataba – GO); UGA: Usina Goianésia (Goianésia – GO); UJM: Usina Jalles Machado (Goianésia – GO); UNA: Usina Nardini (Aporé – GO); USF: Usina São Francisco (Quirinópolis – GO); e UTB: Tropical Bioenergia (Porteirão – GO).

Tabela 4. Lista das estações meteorológicas utilizadas para levantamento dos dados de temperatura e precipitação pluvial associados aos ensaios da Série 2003 do PMGCA/UFG¹

Estação	Local/ensaio ²	Latitude (S)	Longitude (W)	Altitude
Paranaíba	UNA	19°45'0,0"	51°10'48,0"	331
Paranaíba	ERC	19°45'0,0"	51°10'48,0"	331
Pirenópolis	UJM	15°51'0,0"	48°57'36,0"	740
Pirenópolis	UGA	15°51'0,0"	48°57'36,0"	740
Goiânia	UCA	16°39'36,0"	49°15'0,0"	741
Jataí	EMV	17°54'36"	51°42'36,0"	662
Rio Verde	UTB	17°48'0,0"	50°54'36,0"	774
Itumbiara	UBV	18°24'36,0"	49°12'36,0"	449
Itumbiara	USF	18°24'36,0"	49°12'36,0"	449
Goiás	UCR	15°54'36,0"	50°7'48,0"	512

¹ PMGCA/UFG: Programa de Melhoramento Genético da Cana-de-Açúcar da Universidade Federal de Goiás.

² EMV: ETH Bioenergia, unidade Morro Vermelho (Mineiros – GO); ERC: ETH Bioenergia, unidade Rio Claro (Caçu – GO); UBV: Usina Boa Vista (Quirinópolis – GO); UCA: Usina Centroalccol (Inhumas – GO); UCR: Usina Cooper Rubi (Rubiataba – GO); UGA: Usina Goianésia (Goianésia – GO); UJM: Usina Jalles Machado (Goianésia – GO); UNA: Usina Nardini (Aporé – GO); USF: Usina São Francisco (Quirinópolis – GO); e UTB: Tropical Bioenergia (Porteirão – GO)

3.3 ANÁLISES ESTATÍSTICAS PRELIMINARES

3.3.1 Análises individuais de variância

Foram realizadas análises de variância de cada ensaio, a fim de avaliar a diferenciação entre os genótipos e a qualidade dos experimentos em cada local, para os caracteres (Y): TCH, teor de fibra, ATR e TATR. Estas análises seguiram o modelo matemático do delineamento adotado:

$$Y_{ij} = \mu + g_i + b_j + e_{ij}$$

em que: Y_{ij} é o valor observado do caráter Y, na parcela que recebeu o genótipo i no bloco j ; μ é a média geral do caráter; g_i é o efeito do genótipo i ; b_j é o efeito do bloco j ; e e_{ij} é o erro experimental associado à observação Y_{ij} , assumido independente, homocedástico e normalmente distribuído – i.i.d. $\sim N(0, \sigma^2)$.

Para avaliação da precisão experimental adotou-se a estimativa da acurácia seletiva, conforme preconizam Resende & Duarte (2007): $r_{g\hat{g}} = (1 - \frac{1}{F_g})^{0,5}$; em que F_g é o valor do teste F-Snedecor para tratamentos (genótipos); e, caso $F_g < 1$, assume-se $r_{g\hat{g}} = 0$. Segundo estes autores, valores $r_{g\hat{g}} \geq 0,70$ indicam boa qualidade experimental da avaliação genotípica.

3.3.2 Análise conjunta de variância

Com os resultados das análises individuais, procedeu-se ao teste de homogeneidade das variâncias residuais pela estatística $F_{\text{máx}}$, resultante da razão entre o maior e o menor quadrado médio de resíduo naquelas análises. Para realizar a análise conjunta sem a necessidade de ajustamento de graus de liberdade, admitiram-se como homogêneas variâncias residuais cuja razão $F_{\text{máx}}$ não superou o valor 7,0 (Pimentel-Gomes, 2009). Nos casos em que este valor ultrapassou esse limite, conforme preconiza este mesmo autor, adotou-se o método de Cochran (1954), para ajuste nos números de graus de liberdade do erro médio e da interação de tratamentos com locais.

O modelo matemático da análise de variância conjunta, para cada caráter (Y) avaliado, foi:

$$\bar{Y}_{ijk} = \mu + b_{k(j)} + g_i + a_j + (ga)_{ij} + \bar{e}_{ijk}$$

em que:

\bar{Y}_{ijk} : média do caráter em análise para o genótipo i no ambiente j ;

μ : média geral dos experimentos;

$b_{k(j)}$: efeito aleatório do bloco k dentro do ambiente j ;

g_i : efeito aleatório do genótipo i ;

a_j : efeito aleatório do ambiente (local) j ;

$(ga)_{ij}$: efeito aleatório da interação do genótipo i com o ambiente j ;

\bar{e}_{ijk} : erro aleatório médio, assumido i.i.d. $\sim N(0, \sigma^2)$.

O correspondente quadro da análise conjunta de variância, assumindo como aleatórios os efeitos de genótipos (G), ambientes (A) e da interação de genótipos com ambientes (GxA), é apresentado na Tabela 5. Neste estudo, a adoção rigorosa do modelo aleatório restringiu-se à análise de variância, haja vista que isto não foi considerado na estimação das médias dos tratamentos, as quais foram ajustadas apenas para os efeitos de blocos e de possíveis desbalanceamentos (tratamentos fixos).

Com os resultados da análise conjunta foi possível estimar os desvios específicos da interação de cada genótipo com cada ambiente. Seus efeitos $(\hat{ga})_{ij}$, para cada caráter, foram estimados por quadrados mínimos a partir das estimativas dos efeitos de genótipos (\hat{g}_i) e de ambientes (\hat{a}_j) , por:

$$(\widehat{ga})_{ij} = Y_{ij} - \bar{Y}_{..} - \hat{g}_i - \hat{a}_j = Y_{ij} - \bar{Y}_{i.} - \bar{Y}_{.j} + \bar{Y}_{..}$$

em que: $\hat{g}_i = \bar{Y}_{i.} - \bar{Y}_{..}$; $\hat{a}_j = \bar{Y}_{.j} - \bar{Y}_{..}$; e $\bar{Y}_{i.}$, $\bar{Y}_{.j}$ e $\bar{Y}_{..}$ são, respectivamente, as médias do genótipo i , do ambiente j e geral dos experimentos.

Tabela 5. Esquema da análise conjunta de variância para grupo de experimentos em delineamento de blocos completos casualizados, sob modelo aleatório.

Fonte de Variação	GL ¹	QM ²	F ³
Blocos/Ambientes	a(r-1)	QM _{B/L}	QM _{B/L} / QM _E
Genótipos (G)	(g-1)	QM _G	QM _G / QM _{GxA}
Ambientes (L)	(a-1)	QM _A	QM _A / QM _{GxA}
Interação (GxA)	(g-1)(a-1)	QM _{GxA}	QM _{GxA} / QM _E
Erro médio	a(r-1)(g-1)	QM _E	

¹ GL: números de graus de liberdade previstos na ausência de desbalanceamento; ² QM: quadrado médio; ³ F: teste F-Snedecor.

3.4 ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DOS FATORES AMBIENTAIS NA INTERAÇÃO GxA

A fim de determinar as variáveis ambientais com maior contribuição nos efeitos da interação de genótipos com ambientes, para cada um dos caracteres, foi aplicada a técnica de regressão linear *stepwise* preconizada por (Van Eeuwijk et al., 1996). Nesta análise, dos quarenta e cinco genótipos em avaliação na série de ensaios, apenas trinta e cinco foram considerados, tendo como critério o fato de terem sido avaliados em, no mínimo, quatro locais. Então, trinta e um genótipos, incluindo quatro cultivares testemunhas, foram analisados.

A regressão linear *stepwise* foi, então, realizada entre a matriz das variáveis ambientais centradas nas respectivas médias (Z_j) e a matriz das interações GxA dos trinta e cinco genótipos nos dez locais; sendo esta a matriz das variáveis respostas (Y_j) e Z_j as correspondentes variáveis explicativas. De cada ciclo de análises identifica-se a variável ambiental que explica significativamente ($p < 0,05$) a maior proporção na soma de quadrados da interação GxA (SQ_{GxA}). Assim, no próximo ciclo de análises esta variável tem seu efeito linear ($\hat{\beta}_i Z_j$, em que $\hat{\beta}_i$ é a estimativa do coeficiente de regressão de Z sobre Y) removido da matriz de interações, e uma nova matriz de interações GxA residual é obtida. Os ciclos são assim repetidos até que nenhuma variável ambiental tenha mais participação significativa ($p > 0,05$) nos resíduos das sucessivas matrizes de interação. São

selecionadas como fatores ambientais determinantes da interação GxA as variáveis que tiveram maior contribuição significativa nos sucessivos ciclos de análises.

3.5 ANÁLISE DA ADAPTABILIDADE FENOTÍPICA

Identificadas as variáveis ambientais com contribuição significativa para os efeitos da interação GxA, em cada caráter, foram tomadas as estimativas de seus coeficientes de regressão linear ($\hat{\beta}_i$) e os valores destas variáveis Z_j nos dez locais ou ambientes. Com estes resultados estimou-se uma medida da adaptabilidade fenotípica dos genótipos em cada local (ad_{ij}), conforme propôs Martins (2004):

$$ad_{ij} = \hat{g}_i + \sum_{l=1}^v \hat{\beta}_{il} Z_{lj}$$

em que: \hat{g}_i é a estimativa do efeito do genótipo i ; $\hat{\beta}_{il}$ é o efeito linear (coeficiente de regressão) do genótipo i sobre a variável ambiental l ($l = 1, 2, \dots, v$ variáveis selecionadas para descrever a interação GxA); e Z_{lj} é o valor observado da variável l (centrada na respectiva média) no local ou ambiente j .

Observando-se as médias genotípicas da estatística ad_{ij} e a variação destas estimativas ao longo dos locais, foi possível, ainda, avaliar a estabilidade dos genótipos na série de ambientes. Assim, genótipos com média elevada e com valores sempre positivos de ad_{ij} foram considerados amplamente adaptados; enquanto genótipos com médias negativas ou próximas de zero, ou, ainda, com grande variação nas estimativas de ad_{ij} , foram considerados mal adaptados à população de ambientes em estudo. A partir disso, foi possível, então, fazer a recomendação técnica dos genótipos como potenciais cultivares, tendo em vista as suas potencialidades para aproveitarem favoravelmente (capitalizar) os efeitos da interação GxA.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 CARACTERIZAÇÃO DOS AMBIENTES

4.1.1 Análises individuais

A região canavieira em Goiás se estende do centro-norte ao sudoeste do Estado, onde a atividade é mais intensa, com a presença de maior número de indústrias (usinas e, ou, destilarias). Os ensaios finais da Série 2003, objeto de estudo nesta pesquisa, estão distribuídos por toda a região, cobrindo uma amostra de dez locais distribuídos em oito municípios (Figura 3). As médias originais de todos os genótipos avaliados em cada um destes locais, para os caracteres avaliados (TCH, % de fibra, ATR e TATR), são apresentadas em Apêndices (A, B, C e D).

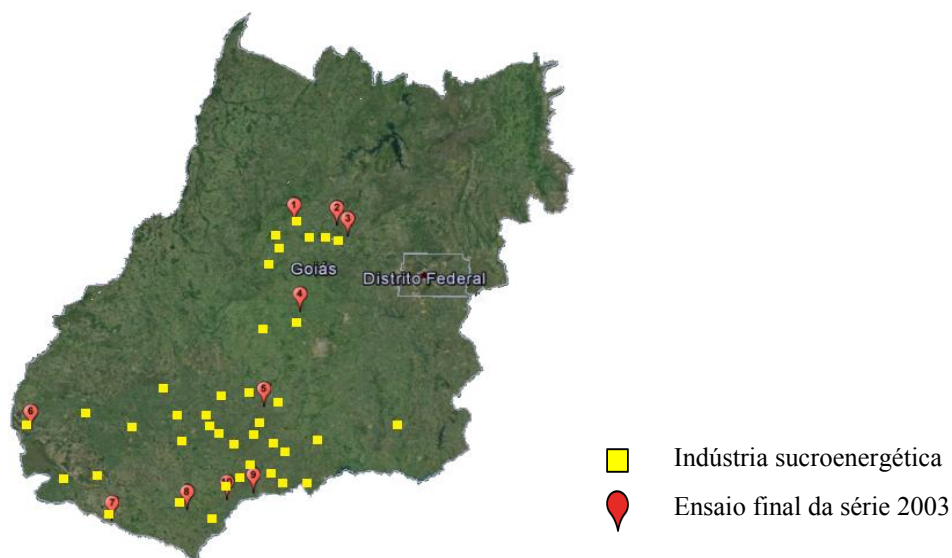


Figura 3. Mapa da localização das indústrias sucroalcooleiras no Estado de Goiás e distribuição dos ensaios finais da Série 2003/ Programa de Melhoramento Genético da Cana-de-Açúcar da Universidade Federal de Goiás (adaptado de: Sindicato da Indústria de Fabricação de Etanol do Estado de Goiás – Sifaeg, e gerado em Google Earth, 2013).

As análises de variância sobre a variável TCH (t/ha) são apresentadas na Tabela 6. Apenas nos locais Rubiataba (UCR) e Porteirão (UTB) o efeito de genótipos não foi significativo ($p > 0,05$). A acurácia seletiva foi baixa para estes ensaios (entre 0,00 e

0,10), indicando que não foram adequados para a avaliação (discriminação) genotípica, se considerados individualmente. Os outros ensaios, entretanto, mostraram-se adequados para este tipo de avaliação, apresentando acurácias entre 0,86 e 0,95. Valores, estes, classificados como alto e muito alto por Resende & Duarte (2007). Isto pode também ser atestado pelos valores observados do coeficiente de variação experimental (CV%), na maior parte dos ensaios, inferiores a 20%. Para ensaios individuais, entretanto, deve-se reportar exigências mais rigorosas tal como a recomendação de Perecin et al. (2004), que indicam valores de CV na faixa de 5% (tolerância de mais 2%) para atributos que não são influenciados pelo estande de campo (ex. pol e fibra), e CV na faixa de 10% para aqueles que dependem do estande (ex. TCH e TPH – toneladas de pol por hectare).

Tabela 6. Análises individuais de variância para o caráter produtividade de massa verde de cana-de-açúcar em TCH (t/ha), em dez locais do Estado de Goiás, incluindo média, acurácia seletiva ($r_{g\hat{g}}$) e coeficiente de variação experimental (CV)

Locais ¹	FV	GL	QM	F	P>F	Média	$r_{g\hat{g}}$	CV(%)
EMV	Genótipo	29	2359,73	3,84	< ,0001	145,24	0,86	17,06
	Bloco	3	1914,89	3,12	0,0302	-	-	-
	Erro	87	614,08	-	-	-	-	-
ERC	Genótipo	29	1180,27	6,22	< ,0001	81,89	0,92	16,81
	Bloco	3	276,29	1,46	0,2319	-	-	-
	Erro	87	189,62	-	-	-	-	-
UBV	Genótipo	29	2119,93	8,81	< ,0001	87,05	0,94	17,82
	Bloco	3	919,95	3,82	0,0127	-	-	-
	Erro	87	240,75	-	-	-	-	-
UCA	Genótipo	28	496,10	4,58	< ,0001	98,02	0,88	10,61
	Bloco	2	356,50	3,29	0,0440	-	-	-
	Erro	59	108,23	-	-	-	-	-
UCR	Genótipo	29	268,55	0,94	0,5603	116,97	0,00	14,45
	Bloco	3	342,00	1,20	0,3158	-	-	-
	Erro	87	285,74	-	-	-	-	-
UGA	Genótipo	29	831,42	5,56	< ,0001	111,85	0,91	10,92
	Bloco	3	8,86	0,06	0,9809	-	-	-
	Erro	87	149,42	-	-	-	-	-
UJM	Genótipo	28	1990,03	9,84	< ,0001	112,27	0,95	12,66
	Bloco	3	736,72	3,64	0,0158	-	-	-
	Erro	88	202,39	-	-	-	-	-
UNA	Genótipo	29	1774,05	8,73	< ,0001	66,16	0,94	21,53
	Bloco	3	197,97	0,97	0,4085	-	-	-
	Erro	87	203,10	-	-	-	-	-
USF	Genótipo	29	622,34	3,83	< ,0001	88,77	0,86	14,36
	Bloco	3	1601,34	9,85	< ,0001	-	-	-
	Erro	67	162,59	-	-	-	-	-
UTB	Genótipo	29	395,43	1,01	0,4634	74,63	0,10	26,46
	Bloco	3	1141,14	2,93	0,0389	-	-	-
	Erro	79	390,05	-	-	-	-	-

¹EMV: ETH Bioenergia, unidade Morro Vermelho (Mineiros – GO); ERC: ETH Bioenergia, unidade Rio Claro (Caçu – GO); UBV: Usina Boa Vista (Quirinópolis – GO); UCA: Usina Centroatcol (Inhumas – GO); UCR: Usina Cooper Rubi (Rubiataba – GO); UGA: Usina Goianésia (Goianésia – GO); UJM: Usina Jalles Machado (Goianésia – GO); UNA: Usina Nardini (Aporé – GO); USF: Usina São Francisco (Quirinópolis – GO); e UTB: Tropical Bioenergia (Porteirão – GO).

A menor média ambiental, de 66,16 t/ha, foi observada em Aporé (UNA) e a maior, de 145,24 t/ha, em Mineiros (EMV). Assim, pelas médias de produtividade UNA é classificado como o pior ambiente e EMV como o melhor. A produtividade média dos dez ensaios foi de 98,28 t/ha, estando acima da produtividade média de fechamento da respectiva safra no Estado de Goiás, que, em 2011/2012, foi de 70,80 t/ha (Conab, 2013).

Para o caráter teor de fibra, o efeito de genótipos não foi significativo ($p>0,05$) em Mineiros (EMV), Caçú (ERC) e Goianésia (UGA) (Tabela 7). Logo, estes locais não foram adequados para a seleção genotípica com base neste caráter. Para os demais, foi constatada significância ($p<0,05$) nesse efeito, o que se manifestou também nos valores de acurácia seletiva superiores a 0,70; valor este tido por Resende & Duarte (2007) como o

Tabela 7. Análises individuais de variância para o caráter teor de fibra dos genótipos avaliados em dez ambientes do Estado de Goiás, incluindo média, acurácia seletiva ($r_{g\hat{g}}$) e coeficiente de variação experimental (CV)

Locais ¹	FV	GL	QM	F	P>F	Média	$r_{g\hat{g}}$	CV(%)
EMV	Genótipo	29	0,38	0,46	0,9906	11,28	0,00	8,11
	Bloco	3	0,40	0,48	0,9656	-	-	-
	Erro	87	0,83	-	-	-	-	-
ERC	Genótipo	29	1,21	1,08	0,3803	12,76	0,27	8,29
	Bloco	3	2,23	1,99	0,1208	-	-	-
	Erro	87	1,12	-	-	-	-	-
UBV	Genótipo	29	2,36	2,32	0,0017	13,67	0,75	7,38
	Bloco	3	2,50	2,45	0,0693	-	-	-
	Erro	79	1,01	-	-	-	-	-
UCA	Genótipo	28	0,99	2,00	0,0078	11,17	0,71	6,33
	Bloco	3	0,75	1,50	0,2193	-	-	-
	Erro	88	0,50	-	-	-	-	-
UCR	Genótipo	29	3,29	4,10	< ,0001	12,54	0,87	7,14
	Bloco	3	0,52	0,65	0,5847	-	-	-
	Erro	87	0,80	-	-	-	-	-
UGA	Genótipo	29	1,91	0,79	0,7587	12,81	0,00	12,15
	Bloco	3	16,24	6,70	0,0004	-	-	-
	Erro	86	2,42	-	-	-	-	-
UJM	Genótipo	28	1,40	1,68	0,0360	10,71	0,64	8,54
	Bloco	3	13,87	16,54	< ,0001	-	-	-
	Erro	88	0,83	-	-	-	-	-
UNA	Genótipo	29	2,19	1,72	0,0298	14,54	0,65	7,77
	Bloco	3	0,97	0,76	0,5194	-	-	-
	Erro	84	1,27	-	-	-	-	-
USF	Genótipo	29	1,81	5,97	< ,0001	11,83	0,91	4,66
	Bloco	3	2,05	6,77	0,0004	-	-	-
	Erro	87	0,30	-	-	-	-	-
UTB	Genótipo	29	1,74	2,45	0,0009	12,30	0,77	6,86
	Bloco	3	2,06	2,89	0,0406	-	-	-
	Erro	79	0,71	-	-	-	-	-

¹EMV: ETH Bioenergia, unidade Morro Vermelho (Mineiros – GO); ERC: ETH Bioenergia, unidade Rio Claro (Caçú – GO); UBV: Usina Boa Vista (Quirinópolis – GO); UCA: Usina Centroalccol (Inhumas – GO); UCR: Usina Cooper Rubi (Rubiataba – GO); UGA: Usina Goianésia (Goianésia – GO); UJM: Usina Jalles Machado (Goianésia – GO); UNA: Usina Nardini (Aporé – GO); USF: Usina São Francisco (Quirinópolis – GO) e UTB: Tropical Bioenergia (Porteirão – GO).

mínimo para se alcançar alta precisão experimental na avaliação genotípica. Os coeficientes de variação obtidos estiveram entre 4,66% (USF) e 12,15% (UGA), confirmando a boa qualidade da maioria dos ensaios na avaliação desse caráter.

Os locais com maior e menor média em porcentagem de fibra foram Aporé (UNA), com 14,54%, e Goianésia (UJM), com 10,71% (Tabela 7). O valor médio do caráter em todos os ensaios foi de 12,36%. Este caráter varia de 8-14% na composição da cana-de-açúcar, e quanto maior o teor de fibra, maior é a sua resistência ao tombamento, mesmo quando ocorrem incêndios ou a cultura sofre ataques de pragas do colmo, como é o caso da *Diatraea saccharalis* (Lavanholi, 2010).

Para o caráter ATR (kg de açúcares/t de cana), o efeito de genótipos foi significativo ($p < 0,05$) em cinco locais: Rubiataba (UCR), Aporé (UNA), Goianésia (UJM), Quirinópolis (USF) e Porteirão (UTB) (Tabela 8). A acurácia do caráter para estes ensaios foi maior que 0,70, confirmando serem adequados para a seleção genotípica. Isto foi ratificado também pelos baixos ou medianos coeficientes de variação experimental, entre 4,61%, em Porteirão (UTB), e 13,71%, em Inhumas (UCA). Vale reforçar aqui a mudança de enfoque que já se observa na avaliação da qualidade de experimentos varietais no Brasil, ao se valorizar muito mais a informação da acurácia seletiva do que a tradicional e simples interpretação do coeficiente de variação experimental (Congresso Brasileiro de Melhoramento de Plantas, 2013).

A quantidade de açúcares totais na cana-de-açúcar varia na faixa de 13-17,5% (Ripoli & Ripoli, 2004). O maior valor obtido ocorreu em UTB (157,21 kg de açúcares/t de cana-de-açúcar) e o menor em UJM (127,82 kg/t), que correspondem, respectivamente, a 15,71% e 12,77% de açúcares na composição da cana-de-açúcar. Assim, já se tem um indicativo do manejo inadequado da maturação de alguns materiais, pois em UJM o teor de ATR ficou abaixo do mínimo esperado para um bom rendimento industrial. Neste local (UJM) o plantio ocorreu em maio, e em UTB, em junho, com as respectivas colheitas em julho e setembro. Isso sugere que a colheita no primeiro local, provavelmente, tenha sido realizada antes da maturação mínima da maior parte dos clones, pois a porcentagem média em UJM ficou abaixo do referencial mínimo que caracteriza a cana-de-açúcar madura (12,257%). Ademais, pode induzir a erros de interpretação, sugerindo que o local não apresente as condições mínimas para a produção de matéria-prima, com rendimento industrial adequado.

Para o caráter TATR (t/ha), o valor médio observado nos experimentos foi 13,28 (t/ha). Em UNA houve a menor produtividade média de ATR 10,24 t/ha e em UGA a maior, 18,90 t/ha (Tabela 9). Observa-se, ainda, que nos locais Rubiataba (UCR) e Porteirão (UTB) o efeito de genótipos não foi significativo ($p>0,05$), resultando em acurácias seletivas nulas. Assim, individualmente estes dois ambientes mostraram-se impróprios para a seleção de genótipos nesse caráter. Todos os outros locais apresentaram significância ($p<0,05$) para o efeito genotípico, com acurácias indicando boa qualidade experimental da avaliação genotípica em TATR (acima de 0,80). Os coeficientes de variação (CV), por outro lado, estiveram entre 13,81% (UGA) e 27,02% (UTB).

Tabela 8. Análises individuais de variância para o caráter ATR (kg/t cana) dos genótipos avaliados em dez ambientes do Estado de Goiás, incluindo média, acurácia seletiva ($r_{g\hat{g}}$) e coeficiente de variação experimental (CV)

Locais ¹	FV	GL	QM	F	P>F	Média	$r_{g\hat{g}}$	CV(%)
EMV	Genótipo	29	119,12	1,05	0,4128	122,15	0,22	8,70
	Bloco	3	70,55	0,62	0,6017	-	-	-
	Erro	87	113,14	-	-	-	-	-
ERC	Genótipo	29	83,07	0,94	0,5639	129,46	0,00	7,27
	Bloco	3	174,35	1,97	0,1249	-	-	-
	Erro	87	88,63	-	-	-	-	-
UBV	Genótipo	29	136,38	1,18	0,2740	129,32	0,39	8,30
	Bloco	3	196,38	1,70	0,2740	-	-	-
	Erro	79	115,47	-	-	-	-	-
UCA	Genótipo	28	145,41	0,77	0,7763	114,24	0,00	13,71
	Bloco	3	25,69	0,14	0,9379	-	-	-
	Erro	87	187,96	-	-	-	-	-
UCR	Genótipo	29	253,39	3,87	<,0001	130,21	0,86	6,21
	Bloco	3	10,67	0,16	0,9209	-	-	-
	Erro	87	65,47	-	-	-	-	-
UGA	Genótipo	29	130,18	0,88	0,6433	168,93	0,00	7,20
	Bloco	3	281,60	1,90	0,1355	-	-	-
	Erro	85	148,09	-	-	-	-	-
UJM	Genótipo	28	669,94	5,92	<,0001	127,82	0,91	8,32
	Bloco	3	133,58	1,18	0,3218	-	-	-
	Erro	88	113,15	-	-	-	-	-
UNA	Genótipo	29	285,70	3,09	<,0001	154,35	0,82	6,22
	Bloco	3	114,41	1,24	0,3007	-	-	-
	Erro	84	92,33	-	-	-	-	-
USF	Genótipo	29	298,35	2,36	0,0012	131,35	0,76	8,56
	Bloco	3	1369,71	10,82	<,0001	-	-	-
	Erro	87	126,64	-	-	-	-	-
UTB	Genótipo	29	140,24	2,66	0,0003	157,21	0,79	4,61
	Bloco	3	213,59	4,06	0,0098	-	-	-
	Erro	79	52,66	-	-	-	-	-

¹EMV: ETH Bioenergia, unidade Morro Vermelho (Mineiros – GO); ERC: ETH Bioenergia, unidade Rio Claro (Caçu – GO); UBV: Usina Boa Vista (Quirinópolis – GO); UCA: Usina Centroalcoel (Inhumas – GO); UCR: Usina Cooper Rubi (Rubiataba – GO); UGA: Usina Goianésia (Goianésia – GO); UJM: Usina Jalles Machado (Goianésia – GO); UMA: Usina Nardini (Aporé – GO); USF: Usina São Francisco (Quirinópolis – GO) e UTB: Tropical Bioenergia (Porteirão – GO).

Deve-se destacar que, enquanto o CV mede a qualidade experimental baseada apenas nos erros em relação à média, a acurácia leva em conta também a variação média entre os genótipos. Por isso, esta medida ($r_{g\hat{g}}$) mostra-se superior ao CV na avaliação da eficiência do experimento em avaliar as diferenças genotípicas (Resende & Duarte, 2007). E, quanto maior o valor de $r_{g\hat{g}}$ (estimativa da correlação entre os valores genéticos verdadeiros e estimados), melhor discriminados serão os genótipos para aquele caráter e, conseqüentemente, melhor detectados serão os genótipos de interesse.

Tabela 9. Análises individuais de variância para o caráter TATR (t/ha) dos genótipos avaliados em dez ambientes do Estado de Goiás, incluindo média, acurácia seletiva ($r_{g\hat{g}}$) e coeficiente de variação experimental (CV)

Locais ¹	FV	GL	QM	F	P>F	Média	$r_{g\hat{g}}$	CV(%)
EMV	Genótipo	29	39,11	3,48	< ,0001	17,73	0,84	18,91
	Bloco	3	28,19	2,51	0,0643	-	-	-
	Erro	87	11,25	-	-	-	-	-
ERC	Genótipo	29	22,01	6,25	< ,0001	10,60	0,92	17,69
	Bloco	3	9,88	2,81	0,0444	-	-	-
	Erro	87	3,52	-	-	-	-	-
UBV	Genótipo	29	36,19	8,49	< ,0001	11,38	0,94	18,13
	Bloco	3	22,74	5,33	0,0021	-	-	-
	Erro	79	4,26	-	-	-	-	-
UCA	Genótipo	28	9,04	2,32	0,0035	11,22	0,75	17,59
	Bloco	2	7,72	1,98	0,1472	-	-	-
	Erro	58	3,89	-	-	-	-	-
UCR	Genótipo	29	5,36	0,99	0,4889	15,20	0,00	15,28
	Bloco	3	7,07	1,31	0,2764	-	-	-
	Erro	87	5,40	-	-	-	-	-
UGA	Genótipo	29	20,33	2,98	< ,0001	18,90	0,82	13,81
	Bloco	3	4,16	0,61	0,6101	-	-	-
	Erro	84	6,82	-	-	-	-	-
UJM	Genótipo	28	43,98	7,72	< ,0001	14,42	0,93	16,54
	Bloco	3	9,00	1,58	0,1996	-	-	-
	Erro	88	5,96	-	-	-	-	-
UNA	Genótipo	29	47,74	10,20	< ,0001	10,24	0,95	21,12
	Bloco	3	4,15	0,89	0,4516	-	-	-
	Erro	84	4,68	-	-	-	-	-
USF	Genótipo	29	11,56	3,55	< ,0001	11,49	0,85	15,71
	Bloco	3	50,94	15,61	< ,0001	-	-	-
	Erro	67	3,26	-	-	-	-	-
UTB	Genótipo	29	9,90	0,99	0,4963	11,71	0,00	27,02
	Bloco	3	23,90	2,38	0,0755	-	-	-
	Erro	79	10,02	-	-	-	-	-

¹EMV: ETH Bioenergia, unidade Morro Vermelho (Mineiros – GO); ERC: ETH Bioenergia, unidade Rio Claro (Caçu – GO); UBV: Usina Boa Vista (Quirinópolis – GO); UCA: Usina Centroalcoel (Inhumas – GO); UCR: Usina Cooper Rubi (Rubiataba – GO); UGA: Usina Goianésia (Goianésia – GO); UJM: Usina Jalles Machado (Goianésia – GO); UMA: Usina Nardini (Aporé – GO); USF: Usina São Francisco (Quirinópolis – GO) e UTB: Tropical Bioenergia (Porteirão – GO).

De maneira geral o grupo de experimentos considerados apresentou boa precisão para a avaliação dos caracteres em estudo, pois nos locais onde houve significância dos efeitos genotípicos ($p < 0,05$), as acurácias seletivas atingiram valores acima de 0,70 (Resende & Duarte, 2007). Além disso, para os caracteres geralmente eleitos como principais na seleção de clones de cana-de-açúcar, TCH e TATR, apenas dois locais não discriminaram satisfatoriamente os genótipos. Contudo, ao se considerar todos os experimentos em conjunto, o que se constitui no interesse principal deste estudo, as estimativas globais de acurácia foram: 0,92 (TCH), 0,84 (fibra), 0,81 (ATR) e 0,91 (TATR); ou seja, em todos os caracteres essa medida da qualidade da avaliação genotípica foi bastante satisfatória.

4.1.2 Variáveis ambientais

Os dados das variáveis edafoclimáticas consideradas na caracterização dos ambientes em que foram avaliados os genótipos são apresentados na Tabela 10. Os locais apresentaram maiores variações nas condições previsíveis do ambiente, principalmente, quanto à textura do solo e sua CTC, a qual é também dependente do teor de argila. Quanto às condições climáticas, precipitação pluviométrica e graus-dias acumulados tiveram grande diferenciação de um ambiente para o outro, em decorrência das diferentes datas de plantio e de colheita em cada local (Tabela 2).

A partir dos dados de caracterização ambiental foram estimados os coeficientes de correlação linear (de Pearson) entre as variáveis, o que demonstra que algumas delas apresentam alta correlação entre si (Tabela 11). As maiores correlações observadas ocorreram entre os teores de areia nas camadas de solo de 0-20 cm e de 20-40 cm de profundidades ($r = 0,99$); entre os respectivos teores de argila ($r = 0,99$); e, naturalmente e de modo inverso, entre os teores de areia e de argila considerando estas mesmas camadas ($r = -0,99$), as quais se aproximaram da unidade.

A alta correlação entre algumas das variáveis era mesmo esperada por suas dependências lineares diretas. No caso das porcentagens de areia e argila no solo, embora tenham sido analisadas como duas variáveis, da forma como estas foram determinadas, uma é o complemento da outra; ou seja, a rigor bastaria incluir no estudo uma destas variáveis. E, por isso, houve correlação perfeita entre os teores de argila e de areia na camada de 0-20 cm, bem como na camada de 20-40 cm. Os teores de argila são também

altamente correlacionados com CTC do solo, por serem os coloides de argila os responsáveis pela retenção dos nutrientes. E, ainda, observou-se alta correlação entre precipitação pluviométrica na fase de brotação/perfilhamento com os teores de argila e areia, por estes serem os condicionantes da textura do solo e, assim, determinarem a capacidade de armazenamento de água no solo.

4.2 INTERAÇÃO DE GENÓTIPOS COM AMBIENTES (GxA)

Em todas as fontes de variação estudadas, os efeitos avaliados na análise conjunta, para todos os caracteres (TCH, fibra, ATR e TATR), foram altamente significativos ($p < 0,01$), incluindo o efeito de maior interesse neste estudo, a interação de genótipos com ambientes (Tabela 12). Assim, em todos os caracteres avaliados os genótipos apresentaram respostas diferenciadas frente às variações das condições ambientais, justificando-se este estudo de detalhamento das causas da interação GxA.

A maior contribuição para a soma de quadrados dos tratamentos (genótipos, locais e interação), em todos os caracteres, esteve associada às variações entre os locais (Tabela 12). Isto, de certa forma, é esperado nesse tipo de experimentação, inclusive com resultados chegando até cerca de 80% da variação fenotípica (Landell & Bressiani, 2010). Dessa forma, considerando os locais em que os genótipos foram avaliados, observaram-se genótipos de adaptação ampla, que poderiam ser recomendados para quaisquer das condições amostradas pelos ensaios, como também genótipos de boa produtividade em condição ambiental específica.

4.3 FATORES AMBIENTAIS DETERMINANTES DA INTERAÇÃO GxA

Na abordagem adotada neste estudo, a interação dos genótipos com os ambientes (GxA), para cada caráter avaliado, teve sua expressão determinada por diferentes fatores ambientais e em proporções variadas. A quantificação estatística disso se deu por um processo de ajuste de regressões sucessivas (*stepwise*), conforme preconizaram Van Eeuwijk et al. (1996) e Chaves (2001). O detalhamento deste processo sucessivo de ajuste, a partir da análise conjunta de variância, é ilustrado para o caráter TCH na Tabela 13 (para os demais caracteres tais resultados não estão assim detalhados).

Tabela 10. Variáveis edafoclimáticas utilizadas na caracterização dos locais¹ de experimentação, onde foram conduzidos os ensaios finais da Série 2003 do PMGCA/UFG², para clones de cana-de-açúcar (ano agrícola 2011/2012)

Variáveis ambientais	EMV	ERC	UBV	UCA	UCR ³	UGA	UJM	UNA	USF	UTB	Média
Latitude (S) (graus decimais)	-17,73	-18,81	-18,69	-16,26	-15,11	-15,15	-15,28	-18,93	-18,60	-17,48	-17,20
Longitude (W) (graus decimais)	-53,00	-51,00	-50,49	-49,55	-49,62	-49,01	-48,93	-51,98	-50,14	-50,01	-50,38
Altitude (m)	810,00	476,00	518,00	860,00	610,00	734,00	606,00	562,00	444,00	492,00	611,20
Chuva brotação/perfilhamento (mm)	439,40	299,20	832,70	192,00	267,30	0,00	8,40	299,20	26,20	4,50	236,89
Chuva no crescimento (mm)	1262,80	636,20	200,5	1399,00	1670,50	1222,10	1222,10	636,20	137,30	1181,60	956,83
Chuva na maturação (mm)	517,30	320,80	83,5	429,40	228,30	421,00	412,40	322,20	83,50	399,10	321,75
Temperatura (GD ⁴) brotação/perfilhamento	296,05	309,45	249,45	302,80	432,10	281,25	154,00	309,45	129,75	175,35	263,97
Temperatura (GD) no crescimento	1161,95	1458,00	1170,45	1525,95	2033,00	937,25	1067,70	1458,00	1026,25	844,55	1268,31
Temperatura (GD) na maturação	395,25	502,10	460,40	398,95	692,35	514,20	547,65	688,95	372,75	552,70	512,53
pH (0-20 cm)	5,80	5,30	4,20	4,80	4,80	5,00	4,40	5,20	4,40	5,40	4,93
pH (20-40 cm)	5,20	4,30	4,00	4,90	4,90	5,30	4,40	4,70	4,50	5,40	4,76
CTC (0-20 cm) (cmol _c /dm ³)	4,00	3,90	3,16	5,14	5,38	13,59	6,27	2,90	4,69	7,45	5,65
CTC (20-40) (cmol _c /dm ³)	2,68	3,15	2,67	4,73	3,47	11,26	4,80	2,76	3,78	5,74	4,50
Saturação de bases 0 a 20 cm (%)	62,50	48,72	33,54	39,69	36,80	73,51	34,61	51,72	42,43	69,13	49,27
Saturação de bases de 20 a 40 cm (%)	44,03	20,63	21,35	36,58	51,01	74,25	31,25	45,65	49,74	66,10	44,06
Teor de areia 0 a 20 (g/kg)	70,00	79,00	84,00	30,00	45,00	27,00	57,00	87,00	54,00	24,00	55,70
Teor de areia 20 a 40 (g/kg)	70,00	82,00	82,00	30,00	42,00	21,00	54,00	84,00	47,00	20,00	53,20
Teor de argila 0 a 20 (g/kg)	23,00	16,00	11,00	60,00	44,00	61,00	34,00	9,00	37,00	63,00	35,80
Teor de argila 20 a 40 (g/kg)	23,00	13,00	13,00	57,00	47,00	65,00	37,00	11,00	42,00	67,00	37,50

¹EMV: ETH Bioenergia, unidade Morro Vermelho (Mineiros – GO); ERC: ETH Bioenergia, unidade Rio Claro (Caçu – GO); UBV: Usina Boa Vista (Quirinópolis – GO); UCA: Usina Centroalcol (Inhumas – GO); UCR: Usina Cooper Rubi (Rubiataba – GO); UGA: Usina Goianésia (Goianésia – GO); UJM: Usina Jalles Machado (Goianésia – GO); UNA: Usina Nardini (Aporé – GO); USF: Usina São Francisco (Quirinópolis – GO) e UTB: Tropical Bioenergia (Porteirão – GO).

²Programa de Melhoramento Genético da Cana-de-Açúcar, da Universidade Federal de Goiás, vinculado à Ridesa Brasil.

³Os valores para este local, excetuando-se latitude, longitude e altitude, referem-se ao ano agrícola 2010/2011.

⁴GD: graus-dias (temperatura, em °C, acumulada na fase fenológica da cultura).

Tabela 11. Correlação entre as variáveis ambientais edafoclimáticas utilizadas na caracterização dos ambientes associados a cada local de condução dos ensaios da Série 2003 do PMGCA/UFG¹ para clones de cana-de-açúcar e suas significâncias estatísticas

Cód. Variáveis ambientais	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1 Latitude (S) (graus decimais)	1,00																		
2 Longitude (W) (graus decimais)	*0,68	1,00																	
3 Altitude (m)	^{ns} 0,51	^{ns} -0,04	1,00																
4 Chuva brotação/perfilhamento (mm)	^{ns} -0,46	^{ns} -0,50	^{ns} -0,01	1,00															
5 Chuva no crescimento (mm)	**0,81	^{ns} 0,25	*0,65	^{ns} -0,35	1,00														
6 Chuva na maturação (mm)	^{ns} 0,40	^{ns} -0,13	*0,68	^{ns} -0,35	*0,70	1,00													
7 Temperatura (GD ²) brotação/perfilhamento	^{ns} 0,21	^{ns} -0,21	^{ns} 0,38	^{ns} 0,36	^{ns} 0,46	^{ns} 0,13	1,00												
8 Temperatura (GD) no crescimento	^{ns} 0,16	^{ns} -0,07	^{ns} 0,15	^{ns} 0,28	^{ns} 0,33	^{ns} -0,14	*0,83	1,00											
9 Temperatura (GD) na maturação	^{ns} 0,23	^{ns} 0,09	^{ns} -0,24	^{ns} -0,08	^{ns} 0,31	^{ns} 0,00	^{ns} 0,45	^{ns} 0,46	1,00										
10 pH (0-20 cm)	^{ns} -0,15	^{ns} -0,62	^{ns} 0,29	^{ns} -0,09	^{ns} 0,37	^{ns} 0,69	^{ns} 0,31	^{ns} -0,01	^{ns} 0,09	1,00									
11 pH (20-40 cm)	^{ns} 0,41	^{ns} -0,01	^{ns} 0,49	^{ns} -0,49	*0,67	^{ns} 0,65	^{ns} 0,15	^{ns} -0,16	^{ns} 0,09	*0,65	1,00								
12 CTC (0-20 cm) (cmol _c /dm ³)	^{ns} 0,65	^{ns} 0,59	^{ns} 0,26	^{ns} -0,59	^{ns} 0,40	^{ns} 0,35	^{ns} -0,10	^{ns} -0,41	^{ns} 0,03	^{ns} 0,05	^{ns} 0,58	1,00							
13 CTC (20-40 cm) (cmol _c /dm ³)	^{ns} 0,59	^{ns} 0,59	^{ns} 0,28	^{ns} -0,57	^{ns} 0,32	^{ns} 0,34	^{ns} -0,13	^{ns} -0,43	^{ns} -0,01	^{ns} 0,01	^{ns} 0,53	*0,99	1,00						
14 Saturação de Bases 0-20 cm (%)	^{ns} 0,02	^{ns} -0,21	^{ns} 0,18	^{ns} -0,35	^{ns} 0,22	^{ns} 0,55	^{ns} -0,05	^{ns} -0,50	^{ns} -0,01	^{ns} 0,73	**0,78	*0,60	^{ns} 0,59	1,00					
15 Saturação de Bases 20 a 40 cm (%)	^{ns} 0,39	^{ns} 0,22	^{ns} 0,15	^{ns} -0,60	^{ns} 0,37	^{ns} 0,26	^{ns} -0,04	^{ns} -0,30	^{ns} 0,20	^{ns} 0,31	**0,84	*0,73	*0,70	*0,73	1,00				
16 Teor de areia 0 a 20 (g/kg)	*-0,67	*-0,66	^{ns} -0,33	*0,68	^{ns} -0,59	^{ns} -0,33	^{ns} 0,11	^{ns} 0,19	^{ns} 0,09	^{ns} -0,03	*-0,69	*-0,73	*-0,70	^{ns} -0,36	*-0,69	1,00			
17 Teor de areia 20 a 40 (g/kg)	*-0,67	*-0,67	^{ns} -0,29	*0,70	^{ns} -0,55	^{ns} 0,28	^{ns} 0,15	^{ns} 0,23	^{ns} 0,07	^{ns} 0,02	*-0,68	*-0,75	*-0,72	^{ns} -0,37	*-0,74	*0,99	1,00		
18 Teor de argila 0 a 20 (g/kg)	*0,67	*0,65	^{ns} 0,35	*-0,68	^{ns} 0,59	^{ns} 0,34	^{ns} -0,11	^{ns} -0,19	^{ns} -0,10	^{ns} 0,03	*0,69	*0,72	*0,70	^{ns} 0,36	*0,68	*-1,00	**0,99	1,00	
19 Teor de argila 20 a 40 (g/kg)	*0,67	*0,67	^{ns} 0,28	*-0,70	^{ns} 0,55	^{ns} 0,28	^{ns} -0,16	^{ns} -0,23	^{ns} -0,06	^{ns} -0,01	*0,69	*0,75	*0,72	^{ns} 0,37	*0,74	*-0,99	**0,99	*0,99	1,00

¹Programa de Melhoramento Genético da Cana-de-Açúcar, da Universidade Federal de Goiás, vinculado à Ridesa Brasil.

²GD: graus-dias (temperatura, em °C, acumulada na fase fenológica da cultura).

**, * e ns: níveis de significância pelo teste t de Student, a 1% de probabilidade, a 5% de probabilidade e valores não significativos.

Tabela 12. Análises conjuntas de variância para os caracteres toneladas de cana por hectare – TCH (t/ha), porcentagem de fibra (%), açúcar total recuperável – ATR (kg/t) e toneladas de açúcar total retornável – TATR (t/ha), em nível de médias, dos resultados de primeiro corte em ensaios finais de avaliação de clones de cana-de-açúcar no PMGCA/UFG¹

Caráter	FV	GL	QM	SQ _{Tr} ² (%)	F	P>F
TCH	Blocos/Locais	29	199,83	-	2,91	<0,0001
	Genótipos	34	1179,01	18	6,56	<0,0001
	Locais	9	15690,22	63	87,30	<0,0007
	Genótipos x Locais	242	179,72	19	2,62	<0,0006
	Erro médio/r ¹	815	68,68	-	-	-
Fibra	Blocos/Locais	30	1,0121	-	4,07	<0,0009
	Genótipos	34	1,1667	9	3,31	<0,0003
	Locais	9	37,9471	73	107,55	<0,0004
	Genótipos x Locais	240	0,3528	18	1,42	<0,0003
	Erro médio/r	649	0,2488	-	-	-
ATR	Blocos/Locais	30	64,10	-	2,28	0,0001
	Genótipos	34	128,88	5	2,91	0,0000
	Locais	9	8172,34	83	184,70	0,0000
	Genótipos x Locais	242	44,25	12	1,57	0,0000
	Erro médio/r	850	28,10	-	-	-
TATR	Blocos/Locais	29	4,43	-	2,77	<0,0002
	Genótipos	34	22,31	18	5,72	<0,0008
	Locais	9	279,67	60	71,74	<0,0003
	Genótipos x Locais	242	3,90	22	2,43	<0,0001
	Erro médio/r	800	1,60	-	-	-

¹Programa de Melhoramento Genético da Cana-de-Açúcar da Universidade Federal de Goiás.

²SQ_{Tr}: soma de quadrados dos tratamentos (genótipos, locais e interação entre estes fatores).

Tabela 13. Análise de variância conjunta dos clones experimentais de cana-de-açúcar da Série 2003 do PMGCA/UFG¹, com desdobramento sequencial da interação de genótipos com ambientes (GxA) nos efeitos lineares de teor de areia de 20-40 cm, chuva acumulada na maturação e temperatura acumulada na brotação/ perfilhamento

FV	GL	SQ	QM	F	Pr > F	%SQ ³
Interação GxA	242	43492	179,72	2,62	<0,0006	100,00
Teor de areia 20-40 cm (linear)	34	13528	397,87	5,79	<0,0000	29,04
Resíduo1 GxA	208	33059	158,94	2,31	<0,0000	70,96
Chuva maturação (linear)	34	4357	128,15	1,87	<0,0022	13,54
Resíduo2 GxA	174	27822	159,90	2,33	<0,0000	57,42
Temperatura brot./perfilh. (linear)	34	3776	111,04	1,62	<0,0152	13,97
Resíduo3 GxA	140	23252	166,09	2,42	<0,0000	43,45
Erro médio/r ²	815	55978	68,68	-	-	-

¹Programa de Melhoramento Genético da Cana-de-Açúcar da Universidade Federal de Goiás.

²Erro em nível de médias de tratamentos (número médio de repetições igual a 3,79).

³Referem-se às porcentagens das somas de quadrados sob decomposição nos respectivos ciclos.

Das regressões realizadas sobre a matriz de interação GxA original, para o caráter TCH, constatou-se que, entre as variáveis ambientais estudadas, apenas pH do solo na camada de 0-20 cm de profundidade não mostrou efeito significativo ($p>0,05$) sobre a

interação GxA (Tabela 14). Todas as demais, exceto saturação de bases na mesma profundidade, que apresentou significância apenas a 5% de probabilidade, apresentaram participação altamente significativa ($p < 0,01$) na soma de quadrados da interação. E, neste primeiro ciclo de análises, a variável ambiental com a maior participação foi teor de areia do solo na profundidade de 20-40 cm, que explicou 29,04%. Por isso, esta foi a variável escolhida para descrever a variação associada à interação GxA para o caráter TCH.

Tabela 14. Porcentagem da soma de quadrados da interação de genótipos com ambientes (SQ_{GXA}) e significância do respectivo teste F para os efeitos lineares de variáveis ambientais com possível influência sobre esta interação, relativamente ao caráter TCH¹ (t/ha)

Variáveis ambientais	Ciclos de análise			
	1°	2°	3°	4°
Teor de areia de 20 a 40 cm	**29,04	-	-	-
Chuva na maturação	**10,26	*13,54	-	-
Temperatura brotação/perfilhamento	**8,97	*12,08	*13,97	-
Teor de argila de 0 a 20 cm	**28,96	ns0,91	ns1,99	ns2,53
Teor de argila de 20 a 40 cm	**28,94	ns0,87	ns1,96	ns2,65
Teor de areia de 0 a 20 cm	**28,86	ns0,90	ns1,92	ns2,42
Longitude (W)	**22,18	ns6,86	ns6,59	ns8,64
CTC de 20 a 40 cm	**20,06	ns5,81	ns7,93	ns9,78
Chuva brotação/perfilhamento	**19,18	ns3,47	ns4,81	ns6,26
CTC de 0 a 20 cm	**19,04	ns4,09	ns5,38	ns6,72
Latitude (S)	**18,40	ns8,58	ns7,23	ns7,05
Sat. Bases de 20 a 40 cm	**17,38	ns4,68	ns7,10	ns7,96
Chuva no crescimento	**15,14	*11,77	ns7,06	ns4,34
pH de 20 a 40 cm	**13,30	ns5,64	ns5,12	ns4,46
Temperatura no crescimento	**8,91	*12,26	*13,07	ns3,87
Altitude	**8,70	*10,93	ns6,07	ns5,94
Temperatura na maturação	**8,20	*12,08	*12,70	ns9,22
Sat. Bases de 0 a 20 cm	*7,48	ns7,01	ns7,77	ns9,14
pH de 0 a 20 cm	ns6,71	ns9,33	ns6,25	ns6,75

¹TCH: toneladas de cana-de-açúcar por hectare.

** valores significativos em nível de 1% de probabilidade; * valores significativos em nível de 5% de probabilidade; ns valores não significativos em nível de 5% de probabilidade

No segundo ciclo de análises, a variável precipitação pluviométrica acumulada na fase de maturação foi a que explicou a maior proporção significativa (13,54%) da variação residual associada à interação GxA (Tabela 14). O termo “residual” justifica-se, pois o ajuste aplica-se à matriz de interações após a remoção do efeito linear da variável com maior participação no primeiro ciclo (teor de areia de 20-40 cm). Logo, a variável chuva na maturação também foi selecionada para descrever as adaptabilidades diferenciais dos clones avaliados. Por último, no terceiro ciclo de análises, apenas três variáveis ainda mostraram efeitos significativos ($p < 0,05$) sobre os resíduos da matriz de interações (após remoção adicional do efeito da chuva na maturação), com destaque para temperatura ou graus-dia acumulados nas fases de brotação e perfilhamento, que explicou 13,97%.

Na etapa seguinte das análises (quarto ciclo) nenhuma variável mais mostrou efeitos significativos sobre os resíduos da interação (Tabela 14). Por isso, três variáveis ambientais foram selecionadas para descrever a interação GxA em TCH para esse grupo de experimentos: teor de areia de 20-40 cm, chuva na maturação e temperatura acumulada nas fases de brotação e perfilhamento. Todas estas variáveis têm relação, sobretudo, com o fator disponibilidade de água para a planta, que é fundamental na definição de ambientes de produção para a cultura da cana-de-açúcar (Prado, 2007).

Somadas as proporções de explicação das variáveis selecionadas, elas totalizaram 56,55% da soma de quadrados da interação GxA; ou seja, quase 60% desta soma de quadrados foram explicados neste estudo. Isto representa porção muito relevante na explicação dessa interação, que, se acrescida de outros fatores importantes (ex. nível de fósforo, potássio ou de matéria orgânica no solo), poderia praticamente completar a predição do fenômeno. Esta hipótese, contudo, requer também criteriosa avaliação experimental e estatística. Ainda assim, restaram mais de 40% (Resíduo3 GxA, na Tabela 13) sem explicação na base de dados do conjunto das variáveis ambientais avaliadas, e, ainda, com efeitos altamente significativos ($p < 0,001$). Logo, nesse tipo de estudo é importante incluir um número grande dessas variáveis, pois é possível que boa parte delas não demonstre influência sobre o fenômeno de interesse.

Para o caráter teor de fibra, a variável chuva acumulada na fase de maturação explicou 13,56% (a maior proporção) da soma de quadrados da interação GxA, em nível de 5% de probabilidade (Tabela 15). E esta foi a única variável ambiental com efeito significativo ($p < 0,05$) sobre a interação GxA em teor de fibra no colmo. Daí, como era de se esperar, no segundo ciclo de análises nenhuma variável mais apresentou explicação significativa sobre a interação residual.

Apesar de apenas uma variável ter mostrado participação significativa, houve outras variáveis com porcentagens de explicação aparentemente relevantes (acima de 10%). Isto até poderia sugerir falta de poder do teste estatístico (alta taxa de erro tipo II), haja vista que para esse caráter 50% dos ensaios apresentaram acurácias seletivas abaixo do desejável (Tabela 7). Neste caso, entretanto, tal fato parece não se sustentar, pois a variável com maior participação no segundo ciclo de análises, temperatura acumulada na fase de maturação (12,55%), não esteve sequer próxima de qualquer significância estatística ($p > 0,22$). Assim, mesmo que se trate de falta de poder do teste, neste caso isto só poderá ser resolvido com experimentações futuras de melhor qualidade.

Tabela 15. Porcentagem da soma de quadrados da interação de genótipos com ambientes ($SQ_{G \times A}$) e significância do respectivo teste F para os efeitos lineares de variáveis ambientais com possível influência sobre esta interação, relativamente ao caráter teor de fibra (%)

Variáveis ambientais	Ciclos de análise	
	1º	2º
Chuva na maturação	*13,56	-
Temperatura na maturação	ns10,59	ns12,55
Latitude (S)	ns13,08	ns12,03
CTC de 0 a 20 cm	ns12,18	ns11,32
CTC de 20 a 40 cm	ns11,86	ns10,93
Chuva no crescimento	ns10,20	ns6,88
Chuva brotação e perfilhamento	ns10,14	ns8,45
Altitude	ns10,05	ns6,03
Longitude (W)	ns9,83	ns10,87
Sat. Bases de 0 a 20 cm	ns9,45	ns6,97
pH de 0 a 20 cm	ns9,41	ns4,65
Sat. Bases de 20 a 40 cm	ns8,94	ns11,12
Teor de areia de 20 a 40 cm	ns8,56	ns9,77
Teor de argila de 20 a 40 cm	ns8,55	ns9,78
Teor de areia de 0 a 20 cm	ns8,29	ns9,05
Teor de argila de 0 a 20 cm	ns8,04	ns8,64
Temperatura no crescimento	ns7,46	ns8,26
Temperatura brotação e perfilhamento	ns7,03	ns8,02
pH de 20 a 40 cm	ns5,85	ns5,13

* valores significativos em nível de 5% de probabilidade; e ns valores não significativos.

Em razão disso, as adaptabilidades diferenciais dos clones em porcentagem de fibra no colmo foram descritas somente com base na variável precipitação pluviométrica na maturação. Logo, menos de 15% da variabilidade associada à interação $G \times E$ neste caráter puderam ser explicados pelas variáveis avaliadas. Isso mostra o quão relevante é fazer uma caracterização mais exaustiva dos ambientes em que os ensaios varietais são conduzidos; pois, neste caso, 85% dessa variabilidade ainda ficaram sem explicação, embora com desvios altamente significativos ($p < 0,01$).

Nas regressões aplicadas à matriz de interações do caráter quantidade de ATR (kg/t), a variável ambiental com maior participação significativa ($p < 0,01$) no primeiro ciclo de análises foi pH na camada de solo de 0-20cm, com 11,95% da variação associada à $SQ_{G \times A}$ (Tabela 16). As demais variáveis com participação significativa em nível de 5% de probabilidade, neste ciclo, foram longitude (11,14%) e saturação por bases de 0-20 cm (10,80%). Estas, porém, perderam suas significâncias no segundo ciclo de análises, revelando-se matematicamente correlacionadas com pH do solo na superfície. Por outro lado, restaram ainda variáveis com contribuições relevantes (acima de 10%), embora significativas somente no nível de 10% probabilidade.

Para se aproveitar melhor o elenco das variáveis avaliadas, evitando-se também possíveis erros do tipo II, sobretudo diante de acurácias reduzidas em boa parte dos ensaios (Tabela 8), optou-se, neste caso, pelo uso de 10% de significância para a seleção de variáveis ambientais. Assim, no segundo ciclo de análises selecionou-se a variável temperatura acumulada (graus-dias) na fase de maturação, que teve a maior contribuição significativa (11,07%) para a interação GxA residual; isto é, após a remoção do efeito linear de pH do solo na superfície (Tabela 16). A única variável adicional com contribuição significativa ($p < 0,10$), neste ciclo, foi CTC na camada de solo de 20-40 cm de profundidade, com 11,06%. Este comportamento se repetiu no terceiro ciclo de análises, em que CTC (20-40 cm) apresentou a maior (12,56%) e única contribuição significativa ($p < 0,10$) para a interação GxA residual; agora removidos agora os efeitos de pH (0-20 cm) e temperatura acumulada na maturação. Isso mostra que a influência da variável CTC sobre a interação GxA é independente dos efeitos das outras variáveis (pH e temperatura), que também se mostraram independentes entre si. No quarto ciclo de análises, naturalmente, nenhuma variável apresentou mais contribuições significativas.

Tabela 16. Porcentagem da soma de quadrados da interação de genótipos com ambientes (SQ_{GXA}) e significância do respectivo teste F para os efeitos lineares de variáveis ambientais com possível influência sobre esta interação, relativamente ao caráter ATR¹ (kg/t cana-de-açúcar)

Variáveis ambientais	Ciclos de análise			
	1°	2°	3°	4°
pH de 0 a 20 cm	***11,95	-	-	-
Temperatura na maturação	*9,10	*11,07	-	-
CTC de 20 a 40 cm	*9,57	*11,06	*12,56	-
Temperatura brotação e perfilhamento	ns7,74	ns6,24	ns9,26	ns11,49
Longitude (W)	**11,14	ns5,26	ns5,46	ns2,84
Sat. Bases de 0 a 20 cm	**10,80	ns4,53	ns5,53	ns2,00
CTC de 0 a 20 cm	ns8,27	ns9,69	ns11,01	ns0,66
Altitude	ns8,24	ns8,14	ns8,81	ns8,28
Latitude (S)	ns7,23	ns7,52	ns7,92	ns6,04
pH de 20 a 40 cm	ns7,15	ns3,96	ns4,22	ns4,00
Sat. Bases de 20 a 40 cm	ns6,30	ns6,17	ns6,37	ns6,11
Chuva na maturação	ns6,06	ns6,17	ns7,03	ns6,18
Chuva brotação/perfilhamento	ns6,02	ns7,30	ns8,23	ns10,41
Teor de argila de 0 a 20 cm	ns5,09	ns6,18	ns6,12	ns4,80
Teor de areia de 0 a 20 cm	ns4,97	ns6,04	ns5,97	ns4,91
Teor de argila de 20 a 40 cm	ns4,91	ns5,82	ns5,85	ns5,11
Teor de areia de 20 a 40 cm	ns4,87	ns5,77	ns5,79	ns5,08
Chuva no crescimento	ns4,57	ns6,34	ns6,70	ns6,90
Temperatura no crescimento	ns4,29	ns5,07	ns6,01	ns6,38

¹ Açúcar total recuperável.

Em síntese, para o caráter ATR (kg/t) as variáveis ambientais mais importantes na descrição das interações GxA, e que foram utilizadas na predição das respectivas adaptabilidades dos clones, foram pH na camada de solo de 0-20 cm, temperatura na fase de maturação da cana-de-açúcar e CTC na camada de solo de 20-40 cm de profundidade. Somadas as suas contribuições, estes fatores determinaram cerca de 35% da soma de quadrados da interação GxA em quantidade de ATR por tonelada de cana-de-açúcar. Restaram, portanto, 65% desta variação, que ainda se mostrou altamente significativa ($p < 0,01$), por serem explicados em função de outras variáveis não incluídas neste estudo.

O caráter TATR (t/ha) mostrou-se bastante influenciado pelas variáveis ambientais consideradas no estudo (Tabela 17). No primeiro ciclo de análises, apenas pH do solo na camada de 0-20 cm de profundidade não revelou contribuição significativa ($p > 0,05$). Quatorze das dezenove variáveis apresentaram significância a 1% de probabilidade, com destaque para o teor de areia na camada de solo de 0-20 cm de profundidade, que explicou 27,59% da soma de quadrados da interação GxA original.

Tabela 17. Porcentagem da soma de quadrados da interação de genótipos com ambientes (SQ_{GXA}) e significância do respectivo teste F para os efeitos lineares de variáveis ambientais com possível influência sobre esta interação, relativamente ao caráter TATR¹ (t/ha)

Variáveis ambientais	Ciclos de análise			
	1°	2°	3°	4°
Teor de areia de 0 a 20 cm	**27,59	-	-	-
Chuva na maturação	**9,87	**13,43	-	-
Temperatura no crescimento	**9,65	*12,66	*13,64	-
Teor de argila de 0 a 20 cm	**27,49	ns0,79	ns2,26	ns3,16
Teor de areia de 20 a 40 cm	**27,43	ns0,98	ns2,37	ns3,31
Teor de argila de 20 a 40 cm	**27,34	ns0,95	ns2,35	ns3,30
Longitude (W)	**20,66	ns7,61	ns7,35	ns8,73
CTC de 20 a 40 cm	**18,17	ns8,19	ns9,95	ns9,43
CTC de 0 a 20 cm	**18,05	ns6,45	ns7,71	ns7,57
Latitude (S)	**17,84	ns7,92	ns7,32	ns7,00
Chuva brotação e perfilhamento	**16,36	ns3,52	ns4,92	ns6,07
Chuva no crescimento	**14,63	ns9,89	ns6,72	ns3,48
Sat. Bases de 20 a 40 cm	**14,59	ns4,64	ns7,02	ns8,80
pH de 20 a 40 cm	**12,10	ns4,85	ns5,07	ns6,80
Altitude	*8,72	ns10,88	ns5,84	ns5,99
Temperatura brotação e perfilhamento	*8,45	ns10,92	ns12,73	ns4,90
Sat. Bases de 0 a 20 cm	*8,23	ns9,01	ns9,50	ns9,28
Temperatura na maturação	*8,07	ns11,14	ns11,69	ns9,07
pH de 0 a 20 cm	ns7,03	ns10,01	ns7,33	ns8,91

¹ Toneladas de açúcar totais retornáveis (t/ha)

**· valores significativos em nível de 1% de probabilidade; * valores significativos em nível de 5% de probabilidade; ns: valores não significativos em nível de 5% de probabilidade.

No segundo ciclo de análises apenas duas variáveis ambientais mantiveram contribuições significativas ($p < 0,05$) para a interação GxA residual: precipitação

pluviométrica na maturação e temperatura acumulada (graus-dia) na fase de crescimento da cana-de-açúcar (Tabela 17). A de maior porcentagem, 13,42% ($p < 0,01$), foi explicada pela primeira delas; o que resultou na seleção desta variável (chuva acumulada no período de maturação). No ciclo seguinte, com 13,64%, a temperatura durante a fase de crescimento foi a única variável com contribuição significativa ($p < 0,05$). Logo, no quarto ciclo de análises, nenhuma variável contribuiu mais de maneira significativa ($p > 0,05$).

O somatório das porcentagens de contribuição das três variáveis selecionadas para explicar a interação GxA em TATR totalizou 55% de sua soma de quadrados (Tabela 17). Embora esta seja uma porcentagem relativamente alta, ainda restaram 45% de resíduos altamente significativos ($p < 0,01$) sem explicação na base das variáveis explanatórias examinadas. Assim, como sustenta Chaves (2001), reitera-se a necessidade de exaustiva caracterização ambiental dos ensaios de avaliação genotípica, para se melhorar o grau de previsibilidade das inferências acerca da interação GxA em melhoramento de plantas.

Conforme já comentado, é importante enfatizar que, para todos os caracteres, após a remoção dos efeitos lineares das variáveis com maior contribuição significativa, envolvendo todos os ciclos de análises, os resíduos continuaram altamente significativos ($p < 0,0001$). Isto é indicativo de que as variáveis ambientais contempladas neste estudo não foram suficientes para descrever totalmente o efeito das interações GxA nesses caracteres. Observou-se também que, ao se remover o efeito linear de uma variável, a porcentagem de explicação de outra(s) pode ser bastante reduzida no ciclo seguinte, ou não. Isto decorre do quão correlacionadas estas variáveis são entre si e com aquela cujos efeitos foram removidos no ciclo anterior de análises. Assim, a matriz das correlações entre as variáveis edafoclimáticas avaliadas (Tabela 11) é muito útil nesta interpretação. Por exemplo, no estudo do caráter ATR (Tabela 16), observa-se que após a remoção da variável pH do solo na camada de 0-20 cm, no primeiro ciclo de análises (11,95%, $p < 0,01$), a variável saturação de bases na mesma camada de solo, que também era significativa ($p < 0,05$) e com contribuição similar (10,80%), deixou de ser significativa no segundo ciclo (4,53%, $p > 0,10$). Isto é corroborado pela elevada correlação positiva (0,76) entre estas variáveis (Tabela 10). Outros casos similares podem ser identificados inspecionando-se estas tabelas.

4.4 ADAPTABILIDADE FENOTÍPICA DOS CLONES EXPERIMENTAIS

Determinadas as variáveis edafoclimáticas de maior contribuição para os efeitos de interação GxA, utilizaram-se os seus coeficientes de regressão linear e os efeitos genotípicos para estimar a adaptabilidade fenotípica dos clones, conforme preconizou Martins (2004). Assim, foi possível avaliar o comportamento dos clones diante das variações ambientais, podendo-se determinar quais deles são de adaptabilidade ampla ou de adaptabilidade específica a certos ambientes, para os diferentes caracteres avaliados.

Para o caráter TCH (t/ha), excetuando-se três cultivares testemunhas (RB935744, RB867515 e RB92579), destacaram-se, com comportamento adaptativo semelhante, os clones experimentais RB034045 e RB034130. Estes apresentaram elevadas adaptabilidades médias (ad_i) e estimativas de adaptabilidade específica (ad_{ij}) sempre positivas, nos dez locais (Tabela 18). Assim, podem ser classificados como de ampla adaptabilidade à região alvo deste estudo.

Vale comentar também o comportamento do clone RB034131, sobretudo nos ensaios de Quirinópolis (UBV e USF); o primeiro, com solo de textura arenosa, e o segundo, de textura média (Tabela 17). A mesma característica ambiental foi observada nos locais Mineiros (EMV) e Goianésia (UJM), nos quais o solo é de textura média e as adaptabilidades do clone também foram altas. Mas o grande volume de chuva na maturação reduziu a adaptabilidade do clone em Mineiros e Goianésia; enquanto nos outros dois locais (UBV e USF), os dois fatores (% de areia e chuva na maturação) atuaram favoravelmente sobre sua adaptabilidade. Já em ambientes com solos de textura argilosa (ex. Inhumas/UCA, Goianésia/UGA e Porteirão/UTB) pode-se observar baixas adaptabilidades deste clone. Logo, é possível inferir que o clone RB034131 é melhor adaptado a ambientes com solos de textura arenosa a média e com baixa precipitação pluvial na fase de maturação. Sendo assim, é um clone com potencial para manejo de ciclo médio a tardio, o que deverá ser confirmado nos ensaios de maturação.

A maior adaptabilidade média em TCH foi a da cultivar RB935744, mas com valor adaptativo muito próximo ao da cultivar RB867515 (Tabela 18). A primeira apresentou valores de adaptabilidade relativamente altos e positivos em todos os locais, destacando-se como um clone de adaptabilidade ampla, e, por conseguinte, de comportamento agrônomo desejável, pois responde positivamente aos estímulos ambientais. Ainda assim esta cultivar (RB935744) apresentou a maior adaptabilidade específica em apenas dois locais, Quirinópolis (USF) e Rubiataba (UCR); nos demais, foi superada por RB867515 ou por RB92579.

Tabela 18. Adaptabilidades fenotípicas (ad_{ij}) estimadas para o caráter TCH¹ (t/ha) de clones experimentais da série de cruzamentos 2003 do PMGCA/UFG², em dez locais no Estado de Goiás³, com respectivas médias das adaptabilidades (ad_i), seus ordenamentos (ord.) e médias genotípicas para o caráter (i)

Genótipo	EMV	ERC	UBV	UCA	UCR	UGA	UJM	UNA	USF	UTB	ad_i	ord.	média(i)
RB034004	-7,5	-10,5	-12,6	-8,6	-13,8	-8,2	-6,2	-10,5	-10,2	-6,5	-9,5	27	88,73
RB034009	-28,1	-16,5	-2,6	-19,3	-5,5	-18,4	-22,5	-16,7	-1,7	-18,6	-15,0	32	83,22
RB034019	-49,5	-45,0	-32,0	-42,2	-46,3	-39,2	-33,0	-45,2	-18,8	-30,2	-38,1	35	60,08
RB034021	-3,4	-16,3	-28,8	7,4	-2,3	9,6	-6,5	-16,9	-19,6	5,9	-7,1	23	91,11
RB034038	-8,0	-9,7	-11,3	-2,7	-2,2	-1,9	-8,7	-10,0	-8,8	-3,8	-6,7	22	91,49
RB034041	-0,8	7,0	12,7	-5,9	3,6	-7,7	-2,9	7,4	4,4	-8,8	0,9	16	99,09
RB034044	-1,9	-9,0	-16,2	7,4	4,2	9,0	-4,6	-9,5	-10,7	5,1	-2,6	19	95,59
RB034045	23,8	26,6	30,7	12,9	8,7	11,8	28,3	27,1	28,6	18,0	21,7	4	119,86
RB034067	-20,5	-21,8	-23,6	-15,0	-13,1	-14,4	-22,4	-22,1	-22,3	-17,3	-19,2	33	78,96
RB034068	-14,5	-22,1	-24,3	1,5	-7,5	5,5	-7,4	-23,0	-8,0	6,8	-9,3	26	88,91
RB034070	0,1	4,6	7,9	1,2	8,7	0,7	-1,6	4,7	4,3	-1,5	2,9	14	101,12
RB034082	-3,6	-6,8	-7,8	-1,1	-6,9	0,1	0,0	-7,0	-2,1	2,4	-3,3	21	94,92
RB034109	-11,7	-5,1	-0,6	-18,2	-10,8	-20,0	-13,7	-4,7	-8,6	-20,4	-11,4	29	86,84
RB034110	-20,4	-18,1	-8,5	-4,5	-5,2	-0,7	-7,7	-18,8	6,3	3,3	-7,4	24	90,79
RB034111	-8,1	-5,1	1,6	-2,9	-2,6	-1,4	-1,0	-5,3	7,4	1,7	-1,6	18	96,61
RB034112	12,4	5,8	-0,6	14,1	7,1	14,8	11,4	5,6	3,2	14,5	8,8	9	107,04
RB034113	-2,1	-2,6	1,8	6,3	2,5	8,8	6,2	-3,0	11,9	12,2	4,2	11	102,42
RB034114	6,8	9,7	10,5	-8,4	-9,2	-11,0	5,0	10,5	1,6	-8,1	0,7	17	98,95
RB034116	15,6	13,2	10,4	9,2	3,9	8,5	15,2	13,4	9,1	10,5	10,9	8	109,09
RB034117	-0,8	5,5	10,0	-2,6	6,3	-3,7	-2,9	5,6	3,9	-5,6	1,6	15	99,78
RB034119	-14,0	-16,4	-17,7	-7,7	-8,9	-6,4	-13,1	-16,7	-13,2	-7,4	-12,2	30	86,05
RB034120	-7,5	-17,5	-20,5	9,0	-4,8	13,6	2,2	-18,4	-0,6	17,0	-2,8	20	95,44
RB034122	-9,7	-14,7	-21,2	-1,8	-1,5	-0,9	-14,3	-15,2	-19,0	-5,9	-10,4	28	87,80
RB034125	0,2	-2,2	-0,2	4,3	-3,1	6,2	7,8	-2,5	8,9	10,8	3,0	13	101,23
RB034126	-33,7	-31,3	-26,7	-24,0	-19,7	-22,4	-30,4	-31,7	-21,8	-23,2	-26,5	34	71,72
RB034127	-6,0	-11,0	-21,3	-8,4	-7,4	-9,8	-16,7	-11,0	-27,8	-16,1	-13,5	31	84,66
RB034128	1,7	-1,8	-4,0	9,2	7,0	10,6	2,5	-2,2	1,6	9,5	3,4	12	101,60
RB034129	5,8	8,0	7,0	6,8	14,5	5,9	0,0	8,0	1,4	1,1	5,8	10	104,04
RB034130	22,3	25,9	31,7	12,3	8,3	11,5	28,4	26,4	30,6	18,4	21,6	5	119,78
RB034131	3,2	14,0	29,3	1,5	6,2	1,8	14,0	14,2	30,9	8,6	12,4	7	110,58
RB034132	2,7	-3,0	-16,1	-1,8	0,8	-4,0	-12,2	-2,9	-26,3	-12,6	-7,5	25	90,67
RB867515	45,1	50,7	46,6	6,2	8,0	-1,6	32,3	52,6	18,5	0,3	25,9	2	124,08
RB92579	30,2	23,2	19,4	25,6	10,9	26,4	35,5	23,3	26,1	32,6	25,3	3	123,53
RB935744	20,8	28,4	40,0	16,7	17,2	16,9	30,6	28,7	41,8	24,1	26,5	1	124,74
SP81-3250	20,4	24,5	24,0	7,3	12,4	4,1	13,9	25,2	11,3	2,8	14,6	6	112,80

¹Toneladas de cana-de-açúcar por hectare; ²Programa de Melhoramento Genético da Cana-de-Açúcar da Universidade Federal de Goiás; e ³EMV: ETH Bioenergia, unidade Morro Vermelho (Mineiros – GO); ERC: ETH Bioenergia, unidade Rio Claro (Caçu – GO); UBV: Usina Boa Vista (Quirinópolis – GO); UCA: Usina Centroalccol (Inhumas – GO); UCR: Usina Cooper Rubi (Rubiataba – GO); UGA: Usina Goianésia (Goianésia – GO); UJM: Usina Jalles Machado (Goianésia – GO); UNA: Usina Nardini (Aporé – GO); USF: Usina São Francisco (Quirinópolis – GO) e UTB: Tropical Bioenergia (Porteirão – GO).

A cultivar RB867515, atualmente a mais plantada no Brasil, embora tenha apresentado as maiores estimativas de adaptabilidade específica (entre 45 t/ha e 53 t/ha), sobretudo em quatro dos dez locais – Aporé (UNA), Caçu (ERC), Quirinópolis (UBV) e Mineiros (EMV), não mostrou o mesmo nível de adaptação produtiva em outros, por exemplo, em Goianésia (UGA) e Porteirão (UTB) (Tabela 18). Nestes e em mais três ambientes (Quirinópolis/USF, Inhumas/UCA e Rubiataba/UCR), a cultivar foi superada inclusive pelos clones experimentais de maior destaque (RB034045 e RB034130). A

menor adaptabilidade dessa cultivar nesses ambientes, provavelmente, se deva ao alto teor de argila dos solos nestes locais (acima de 60%), haja vista que é recomendada para ambientes de média fertilidade natural, destacando-se nacionalmente pela boa produtividade em solos arenosos (Ridesa, 2010).

A cultivar RB935744, liberada mais recentemente (UFSCar, 2006), apresentou a maior adaptabilidade média (Tabela 18) e, também, a maior produtividade (124,74 t/ha), seguida imediatamente por RB867515 (124,08 t/ha). A primeira mostrou adaptabilidade relativa bastante favorável no ambiente representado pelo local USF, com 42 t/ha a mais decorrente de sua especificidade adaptativa; e, também, em UCR (17,2 t/ha). Entre as testemunhas ainda destacou-se RB92579, que teve as maiores adaptabilidades específicas em quatro locais (Goianésia/UJM, Porteirão/UTB, Goianésia/UGA e Inhumas/UCA). A cultivar SP81-3250, material liberado pela Coopersucar (atual Centro de Tecnologia Canavieira – CTC) em 1995, ficou com a sexta posição em adaptabilidade média, tendo sido superada pelas demais testemunhas e, também, pelos dois clones experimentais anteriormente referidos (RB034045 e RB04130). Isto corrobora o potencial produtivo e adaptativo destes clones com vista à recomendação para as condições de cultivo no Estado de Goiás.

Alguns outros clones experimentais ficaram muito mal classificados em produtividade e adaptabilidade média para o caráter TCH. Entre estes estão RB034019, RB034126 e RB034067, que ocuparam as três piores posições em ambos os atributos. Tais clones, entre outros, apresentaram adaptabilidades específicas negativas para todos os ambientes de teste. Isto evidencia certa ineficiência do processo seletivo, quando da escolha de clones para inclusão nos ensaios finais da Série 03.

Outra constatação relevante foi a correlação perfeita ($r = 1,0$) entre as classificações das médias de produtividade e de adaptabilidade em TCH. Esta correlação é esperada, uma vez que a média do caráter é sabidamente uma medida de adaptabilidade (Eberhart & Russell, 1966), e, neste caso, entra diretamente na determinação da estatística ad_{ij} , via efeito genotípico (\hat{g}_i). Isto, porém, representa uma desvantagem desta estatística, pois indica que sua informação sobre adaptabilidade fenotípica já é contemplada pela produtividade média do genótipo, parâmetro já tradicionalmente adotado. Apesar disso, a média não tem o caráter de especificidade ambiental que ad_{ij} possui, haja vista que a primeira é uma medida única para toda a região, enquanto a última é flexível conforme a localização espacial. Logo, a utilização simultânea das duas estatísticas de adaptabilidade

justifica-se, sobretudo se incorporadas numa apresentação cartográfica, tal como fizeram Martins (2004) e Cardoso Júnior (2012).

Para o caráter porcentagem de fibra, as adaptabilidades médias dos genótipos também se mostraram perfeitamente correlacionadas às médias de produtividade. Os clones experimentais com maiores adaptabilidades médias foram RB034119, RB034041 e RB034045 (Tabela 19). Todos tiveram adaptabilidades específicas sempre positivas, mostrando-se estáveis, e somente estes atingiram 13% de fibra no colmo.

Das cultivares comerciais, apenas SP81-3250 apresentou adaptabilidades sempre positivas (incluindo a sua média), porém, ainda assim ficou na décima posição, com 12,6% de fibra (Tabela 19). Considerando-se que chuva acumulada na fase de maturação foi o único fator ambiental com contribuição significativa sobre a interação GxA nesse caráter, os referidos clones experimentais também apresentaram as maiores adaptabilidades específicas aos locais UBV e USF, ambos em Quirinópolis, onde foram observados a menor quantidade de chuva no período de maturação da cana-de-açúcar. Já a cultivar SP81-3250 teve as suas piores adaptabilidades específicas nestes mesmos ambientes.

Em geral houve tendência de redução da porcentagem de fibra no colmo à medida que ocorreu maior quantidade de chuva na maturação (Figura 4a). Contudo, o comportamento da adaptabilidade genotípica aos locais (Figura 4a), em função desse fator ambiental (chuva), é indicativo de presença de interação GxA, mostrando-se diferenciado entre os genótipos. Por exemplo, a cultivar SP81-3250 teve adaptabilidades crescentes frente ao acúmulo de chuva na maturação; RB034045, tal como a cultivar RB867515 (apenas na 21ª posição), mostraram constância nesse tipo de resposta; enquanto os outros dois clones de maior destaque (RB034119 e RB034041) reduziram as suas adaptabilidades com o acúmulo de chuva nessa fase da cultura. Tais comportamentos diferenciados talvez se relacionem ao germoplasma distinto que tem dado origem às variedades RB (Ridesa Brasil) e às variedades SP (Coopersucar/CTC).

O fato de apenas uma variável ambiental (chuva na maturação) ter se relacionado significativamente com a interação GxA nesse caráter fez com que certas estimativas de adaptabilidade coincidissem em alguns locais (Tabela 19). Isto ocorreu devido ao levantamento de dados para estes locais ter sido feito nas mesmas estações meteorológicas, aliado à proximidade dos locais e ausência de estações nos próprios locais. Assim, isto pode ser observado em UBV e USF, ambos os locais em Quirinópolis, embora

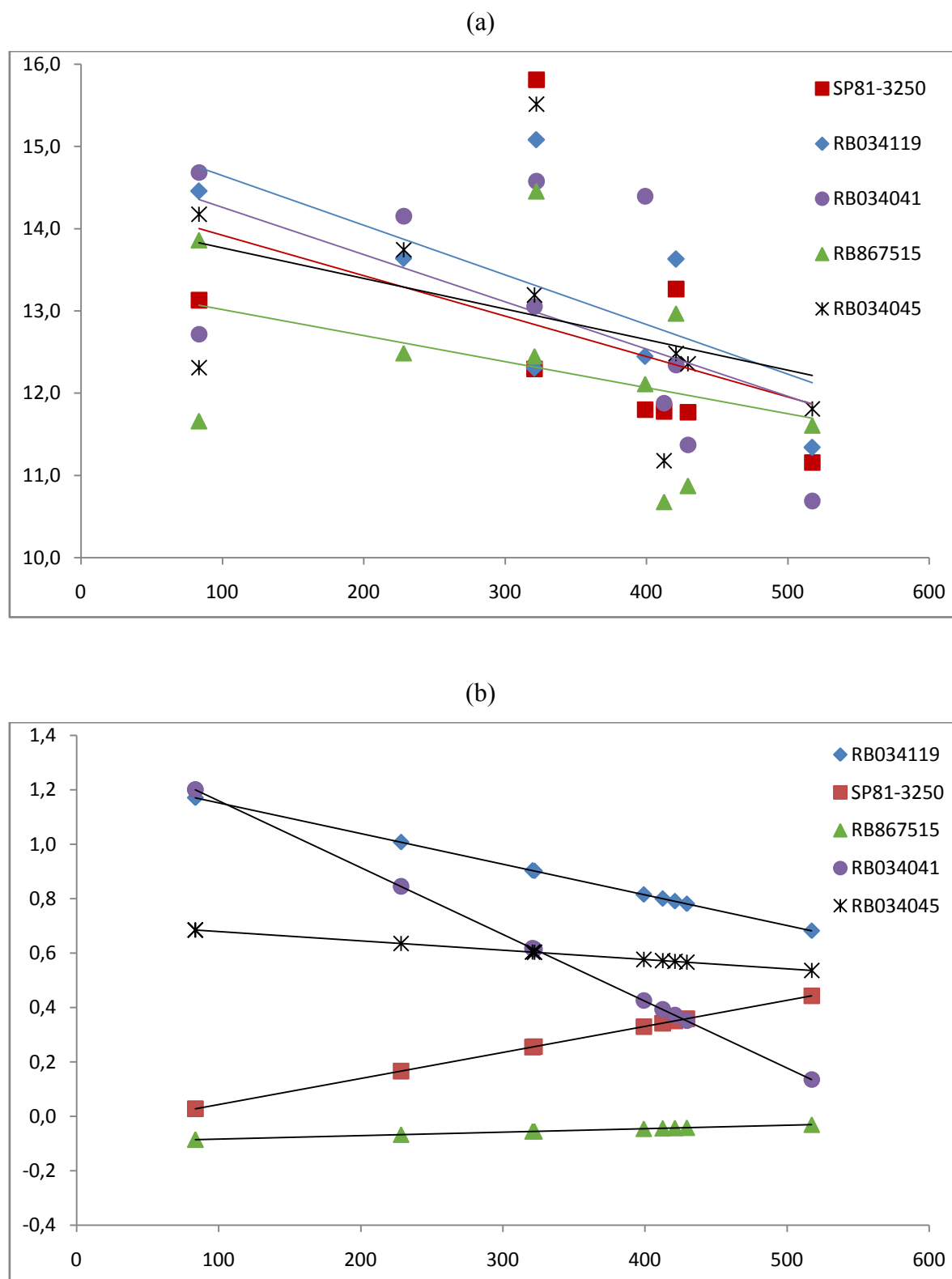
com dados provenientes de estação meteorológica em Itumbiara; e, também, nos locais ERC (Caçu) e UNA (Aporé), cujos dados vieram da estação de Paranaíba. Neste caso, os ensaios ainda foram instalados no mesmo dia (Tabela 2), de modo que os valores de precipitação pluvial acumulada na fase de maturação também coincidiram. Este fato compromete, em algum nível, a confiabilidade nas estimativas de adaptabilidade dos genótipos a estes locais.

Tabela 19. Adaptabilidades fenotípicas (ad_{ij}) estimadas para o caráter teor de fibra (%) de clones experimentais da série de cruzamentos 2003 do PMGCA/UFG¹, em dez locais no Estado de Goiás², com respectivas médias das adaptabilidades (ad_i), seus ordenamentos e médias genotípicas para o caráter (i)

Genótipos	EMV	ERC	UBV	UCA	UCR	UGA	UJM	UNA	USF	UTB	ad_i	ord.	média(i)
RB034004	0,11	-0,13	-0,43	0,00	-0,25	-0,01	-0,02	-0,13	-0,43	-0,04	-0,13	24	12,2
RB034009	0,55	0,43	0,29	0,49	0,38	0,49	0,48	0,43	0,29	0,48	0,43	6	12,8
RB034019	0,64	0,45	0,22	0,56	0,36	0,55	0,54	0,45	0,22	0,53	0,45	5	12,8
RB034021	-0,34	-0,09	0,20	-0,23	0,02	-0,22	-0,21	-0,10	0,20	-0,19	-0,09	23	12,3
RB034038	-0,54	-0,24	0,13	-0,40	-0,09	-0,39	-0,38	-0,24	0,13	-0,36	-0,24	26	12,1
RB034041	0,14	0,62	1,20	0,35	0,84	0,37	0,39	0,61	1,20	0,43	0,62	2	13,0
RB034044	-0,44	-0,27	-0,05	-0,36	-0,18	-0,36	-0,35	-0,27	-0,05	-0,34	-0,27	27	12,1
RB034045	0,54	0,60	0,68	0,57	0,64	0,57	0,57	0,60	0,68	0,58	0,60	3	13,0
RB034067	0,03	-0,09	-0,23	-0,02	-0,14	-0,03	-0,03	-0,09	-0,23	-0,04	-0,09	22	12,3
RB034068	-0,18	0,24	0,75	0,01	0,44	0,03	0,04	0,24	0,75	0,07	0,24	12	12,6
RB034070	-0,20	0,38	1,08	0,06	0,66	0,09	0,11	0,38	1,08	0,15	0,38	7	12,8
RB034082	0,29	0,46	0,67	0,37	0,55	0,38	0,38	0,46	0,67	0,40	0,46	4	12,8
RB034109	-0,17	0,29	0,83	0,04	0,50	0,06	0,08	0,28	0,83	0,11	0,28	9	12,7
RB034110	0,14	0,09	0,03	0,12	0,07	0,12	0,11	0,09	0,03	0,11	0,09	14	12,5
RB034111	0,33	0,25	0,15	0,30	0,21	0,29	0,29	0,25	0,15	0,28	0,25	11	12,6
RB034112	0,05	0,07	0,08	0,06	0,07	0,06	0,06	0,07	0,08	0,06	0,07	17	12,4
RB034113	-0,37	-0,49	-0,62	-0,42	-0,54	-0,43	-0,43	-0,48	-0,62	-0,44	-0,49	30	11,9
RB034114	-0,04	0,08	0,23	0,01	0,14	0,02	0,02	0,08	0,23	0,03	0,08	15	12,5
RB034116	-0,15	-0,17	-0,19	-0,16	-0,18	-0,16	-0,16	-0,17	-0,19	-0,16	-0,17	25	12,2
RB034117	-0,20	0,07	0,40	-0,08	0,20	-0,07	-0,06	0,07	0,40	-0,04	0,07	16	12,4
RB034119	0,68	0,90	1,17	0,78	1,01	0,79	0,80	0,90	1,17	0,81	0,90	1	13,3
RB034120	0,06	0,01	-0,05	0,04	-0,01	0,04	0,04	0,01	-0,05	0,03	0,01	19	12,4
RB034122	-0,18	-0,52	-0,93	-0,33	-0,68	-0,35	-0,36	-0,52	-0,93	-0,38	-0,52	31	11,9
RB034125	0,02	-0,02	-0,08	0,00	-0,05	0,00	0,00	-0,02	-0,08	-0,01	-0,02	20	12,3
RB034126	-0,27	-0,29	-0,31	-0,28	-0,30	-0,28	-0,28	-0,29	-0,31	-0,28	-0,29	28	12,1
RB034127	0,22	0,35	0,51	0,28	0,41	0,29	0,29	0,35	0,51	0,30	0,35	8	12,7
RB034128	-0,52	-0,97	-1,52	-0,73	-1,19	-0,74	-0,76	-0,97	-1,52	-0,79	-0,97	35	11,4
RB034129	0,29	0,06	-0,22	0,19	-0,05	0,18	0,17	0,06	-0,22	0,15	0,06	18	12,4
RB034130	-0,09	-0,77	-1,60	-0,40	-1,09	-0,43	-0,46	-0,77	-1,60	-0,50	-0,77	33	11,6
RB034131	-0,38	-0,62	-0,92	-0,49	-0,74	-0,50	-0,51	-0,62	-0,92	-0,52	-0,62	32	11,8
RB034132	0,48	0,24	-0,05	0,37	0,12	0,36	0,35	0,24	-0,05	0,33	0,24	13	12,6
RB867515	-0,03	-0,06	-0,09	-0,04	-0,07	-0,04	-0,04	-0,06	-0,09	-0,05	-0,06	21	12,3
RB92579	-0,73	-0,82	-0,92	-0,77	-0,85	-0,77	-0,78	-0,81	-0,92	-0,78	-0,81	34	11,6
RB935744	-0,46	-0,32	-0,15	-0,40	-0,25	-0,39	-0,38	-0,32	-0,15	-0,37	-0,32	29	12,1
SP81-3250	0,44	0,25	0,03	0,36	0,17	0,35	0,34	0,26	0,03	0,33	0,26	10	12,6

¹Programa de Melhoramento Genético da Cana-de-Açúcar da Universidade Federal de Goiás;

²EMV: ETH Bioenergia, unidade Morro Vermelho (Mineiros – GO); ERC: ETH Bioenergia, unidade Rio Claro (Caçu – GO); UBV: Usina Boa Vista (Quirinópolis – GO); UCA: Usina Centroalcolcol (Inhumas – GO); UCR: Usina Cooper Rubi (Rubiataba – GO); UGA: Usina Goianésia (Goianésia – GO); UJM: Usina Jalles Machado (Goianésia – GO); UNA: Usina Nardini (Aporé – GO); USF: Usina São Francisco (Quirinópolis – GO) e UTB: Tropical Bioenergia (Porteirão – GO)



Diferentemente do caráter TCH, para ATR por tonelada de cana-de-açúcar, entre os dez primeiros colocados em adaptabilidade média (Tabela 20), nove foram clones experimentais e não cultivares testemunhas. Entre estas, a melhor posicionada foi RB867515, que ocupou apenas a décima posição, seguida de SP81-3250. As outras duas (RB92579 e RB935744) foram ainda pior classificadas em ATR. Outra vez houve correlação perfeita entre as classificações das médias genotípicas para o caráter e aquelas associadas à medida de adaptabilidade adotada. Ademais, observou-se correlação negativa ($r = -0,34$) entre os ordenamentos das adaptabilidades em TCH e ATR, justificando o mau posicionamento das cultivares testemunhas em ATR, relativamente aos clones experimentais. Diante disso, a cultivar RB867515 continua como material de destaque, pois considerando os dois ordenamentos (Tabelas 18 e 20), o melhor clone em ATR (RB034009) só atingiu a 32ª posição em TCH; seguido de RB034128, que ocupou a 12ª posição. Ao passo que RB867515, mesmo ocupando a décima posição em ATR, foi a segunda em TCH. Daí a importância de se considerar simultaneamente os dois caracteres, mediante a inclusão de TATR (toneladas de ATR por hectare) nesse tipo de estudo.

Entre os clones experimentais, além de RB034009 e RB034128, observando-se exclusivamente os ordenamentos de adaptabilidade em ATR, ainda se destacam RB034067, RB034126 e RB034021, os quais, com os dois primeiros, compõem as cinco primeiras colocações (Tabela 20). Vale destacar, porém, que o clone RB034009, embora apareça em primeiro lugar, ao certo teve a sua estimativa de adaptabilidade média enviesada para cima, pois coincidentemente não foi avaliado nos cinco locais com os piores desempenhos em ATR (Apêndice C). Os demais, excetuando-se RB034128, foram mal posicionados em TCH. Assim, restaria com destaque em ATR o clone RB034128, porém apenas na 12ª posição em TCH. Isto abre espaço para incluir também o clone RB034112, na nova posição em ambos os caracteres; e, na sequência, vem exatamente a cultivar RB867515.

Quanto ao clone RB034009, afora a possível tendenciosidade de suas estimativas de ad_{ij} em ATR, vale destacar que este resultou em elevadas adaptabilidades específicas aos locais em que foi avaliado; inclusive na maior delas, 24,06 kg/t cana-de-açúcar, no ambiente USF (Tabela 20). Considerando-se apenas este local, observam-se baixos valores de pH e de CTC na camada de solo de 20-40 cm de profundidade, conforme referência de Alvares et al. (1999), além da menor quantidade de graus-dias acumulados na fase de maturação. Sendo assim, embora ainda mereça confirmação, mostra ser um clone

com potencial para regiões de solos ácidos e sob manejo de colheita nos meses de maio a junho.

Tabela 20. Adaptabilidades fenotípicas (ad_{ij}) estimadas para o caráter ATR¹ (kg/t cana-de-açúcar) de clones experimentais da série de cruzamentos 2003 do PMGCA/UFG², em dez locais no Estado de Goiás³, com respectivas médias das adaptabilidades (ad_i), seus ordenamentos (ord.) e médias genotípicas para o caráter (i)

Genótipos	EMV	ERC	UBV	UCA	UCR	UGA	UJM	UNA	USF	UTB	ad_i	ord.	média(i)
RB034004	-1,72	-2,14	0,45	0,85	-3,82	0,94	-0,50	-4,78	1,70	-2,22	-1,12	23	135,23
RB034009	19,68	16,89	23,03	20,38	11,21	6,61	16,22	10,85	24,06	11,17	16,01	1	152,37
RB034019	5,83	5,26	4,49	5,43	4,45	6,33	4,75	4,63	5,05	5,62	5,18	7	141,54
RB034021	4,62	6,87	8,28	2,95	11,13	-4,96	6,57	11,59	4,42	3,81	5,53	5	141,89
RB034038	-2,44	-9,29	-17,71	-7,25	-19,19	1,66	-15,36	-17,02	-11,26	-5,76	-10,36	34	126,00
RB034041	-0,56	-0,11	-0,85	-0,97	0,87	-0,15	-0,21	1,02	-1,32	0,26	-0,20	18	136,16
RB034044	7,06	-0,55	-7,99	-2,23	-10,66	-7,42	-10,11	-6,94	-4,21	-2,59	-4,56	29	131,79
RB034045	1,53	-0,93	-0,54	-0,53	-4,72	-6,86	-3,38	-3,94	0,33	-3,51	-2,26	27	134,10
RB034067	11,01	10,63	10,54	7,02	11,06	-3,10	7,64	12,45	8,21	6,66	8,21	3	144,57
RB034068	-0,01	2,26	4,40	0,87	5,80	-2,28	3,77	5,35	2,00	1,04	2,32	14	138,68
RB034070	-11,48	-5,22	3,15	-0,63	2,01	6,24	4,91	-2,24	1,43	-2,61	-0,44	20	135,91
RB034082	3,98	3,10	10,28	8,58	-0,38	2,27	5,95	-2,19	11,73	0,33	4,36	8	140,72
RB034109	-5,99	-2,58	-2,74	-5,29	3,20	-3,09	-0,74	2,86	-5,56	-1,59	-2,15	26	134,21
RB034110	2,26	-0,61	-7,30	-4,90	-3,06	-6,47	-6,78	-0,26	-6,99	-1,09	-3,52	28	132,84
RB034111	-5,74	-2,01	0,83	-3,40	3,63	-4,53	1,12	2,60	-2,25	-2,41	-1,22	24	135,14
RB034112	5,04	4,58	8,86	5,61	3,20	-3,77	4,76	2,88	8,18	0,74	4,01	9	140,37
RB034113	-2,67	-2,73	-0,80	-0,69	-3,56	-0,45	-1,36	-4,31	-0,07	-2,71	-1,93	25	134,42
RB034114	3,38	3,50	3,05	2,05	4,12	-0,25	2,61	4,60	2,18	2,63	2,79	13	139,14
RB034116	-4,09	1,06	8,25	2,23	7,67	0,34	7,53	5,07	4,95	0,25	3,33	12	139,68
RB034117	-5,39	-1,12	5,74	0,54	4,10	-1,48	4,74	1,67	3,15	-2,00	1,00	15	137,35
RB034119	-0,39	2,58	11,89	7,53	4,74	4,42	9,31	1,59	11,07	1,13	5,39	6	141,74
RB034120	-4,93	-1,08	4,64	-1,76	4,24	-8,07	2,65	2,82	0,99	-3,62	-0,41	19	135,95
RB034122	-0,07	-5,06	-11,64	-8,46	-10,91	-13,52	-12,96	-7,61	-10,13	-6,98	-8,74	32	127,62
RB034125	-4,82	-5,26	-12,24	-7,95	-4,52	1,65	-7,59	-3,18	-11,45	-1,27	-5,66	30	130,69
RB034126	8,31	6,89	4,86	6,77	5,02	7,93	5,25	5,67	5,93	7,37	6,40	4	142,76
RB034127	0,76	-0,57	0,06	3,21	-3,61	7,95	0,63	-4,44	2,81	1,22	0,80	17	137,16
RB034128	10,55	10,82	12,49	11,87	10,77	11,07	11,85	10,25	12,53	10,46	11,27	2	147,63
RB034129	-1,12	-2,04	-0,28	1,33	-4,49	3,18	-0,69	-5,37	1,67	-1,42	-0,92	22	135,44
RB034130	-4,87	-7,57	-6,47	-2,88	-12,94	-0,51	-7,24	-13,57	-2,85	-6,78	-6,57	31	129,79
RB034131	1,56	-6,63	-14,26	-8,93	-17,40	-16,73	-17,27	-13,24	-10,66	-9,70	-11,33	35	125,03
RB034132	-1,29	-0,40	0,64	1,12	0,41	4,73	1,66	-0,49	1,05	1,00	0,84	16	137,20
RB867515	-0,04	2,76	4,36	2,44	6,83	4,78	5,61	5,83	2,73	3,72	3,90	10	140,26
RB92579	3,13	0,41	-3,43	0,04	-3,13	1,80	-2,83	-1,84	-1,51	1,14	-0,62	21	135,74
RB935744	-3,58	-6,79	-13,40	-11,11	-9,76	-13,85	-13,37	-6,82	-13,04	-7,74	-9,95	33	126,41
SP81-3250	5,93	5,03	2,64	2,31	4,67	-0,98	2,13	6,03	1,90	3,80	3,34	11	139,70

¹ Açúcar total recuperável;

² Programa de Melhoramento Genético da Cana-de-Açúcar da Universidade Federal de Goiás;

³ EMV: ETH Bioenergia, unidade Morro Vermelho (Mineiros – GO); ERC: ETH Bioenergia, unidade Rio Claro (Caçu – GO); UBV: Usina Boa Vista (Quirinópolis – GO); UCA: Usina Centroalccol (Inhumas – GO); UCR: Usina Cooper Rubi (Rubiataba – GO); UGA: Usina Goianésia (Goianésia – GO); UJM: Usina Jalles Machado (Goianésia – GO); UNA: Usina Nardini (Aporé – GO); USF: Usina São Francisco (Quirinópolis – GO) e UTB: Tropical Bioenergia (Porteirão – GO)

Para o caráter TATR, excetuando-se o clone experimental RB034045, na terceira posição, as cinco maiores adaptabilidades médias foram das cultivares testemunhas, com destaque para RB867515 e RB92579 (Tabela 21). Na sequência das outras duas testemunhas (RB935744 e SP81-3250) aparece o clone experimental

RB034130, que ao lado de RB034045, também fora destaque para o caráter TCH (Tabela 17). Como é de se esperar, em razão da dependência linear entre as variáveis, a correlação entre as classificações de adaptabilidade genotípica em TCH e TATR foi também bastante alta ($r = 0,94$).

O clone RB034045, além da terceira maior adaptabilidade média no caráter, tal como as cultivares testemunhas, apresentou adaptabilidades específicas relativamente uniformes e sempre positivas ao longo de todos os locais (Tabela 21). As suas médias em TATR foram inferiores às da cultivar RB867515 nos locais EMV, ERC, UBV, UJM e UNA, porém superiores em UTB, UCA e UGA. Em contrapartida, nestes locais a cultivar RB92579 atingiu as máximas adaptabilidades produtivas em TATR (4,4 t/ha, 4,3 t/ha e 3,4 t/ha, respectivamente), revelando que o referido clone experimental ainda não representa alternativa superior às melhores cultivares comerciais disponíveis. Por outro lado, mostrou comportamento adaptativo semelhante ao da cultivar RB935744, e superioridade adaptativa em relação à SP81-3250, nos locais EMV, UCA, UGA, UJM e UTB. Logo, baseando-se nestes atributos, o clone RB034045 mostrou-se amplamente adaptado e com estabilidade fenotípica em TATR, o que subsidia a sua recomendação para toda a região de abrangência do estudo.

O clone RB034130, embora também tenha mostrado boa adaptabilidade e produtividade média, não revelou boa adaptação ao local UCA, além de mostrar adaptabilidade negativa ao local UCR (Tabela 21). Assim, diferentemente daqueles anteriormente reportados, este é um genótipo que requer maior cautela na sua recomendação para a região alvo deste estudo. Dado que o teor de areia no solo na camada de 0-20 cm de profundidade foi o fator que mais contribuiu para a interação GxA em TATR (Tabela 17), e, conseqüentemente, o teor de argila ($r = -1,0$; Tabela 11), pode-se inferir este clone é melhor adaptado às condições de solo de textura média. A sua melhor adaptabilidade específica ocorreu no local USF (Quirinópolis), onde, além do solo com textura média, foram registrados o menor volume de chuva na fase de maturação e um dos menores acúmulos de graus-dias durante o crescimento da cultura (Tabela 10); variáveis estas que também muito contribuíram para a expressão dessa interação (Tabela 17).

Vale destacar que a maior adaptabilidade específica em TATR para o local USF foi alcançada pelo clone RB034130, o que correspondeu a 3,2 toneladas de ATR a mais por hectare, em razão desta adaptação especial (Tabela 21). Isto provavelmente também esteja associado aos baixos valores acumulados de chuva na maturação e

temperatura durante o crescimento da cultura nesse local. Além disso, merece destaque a adaptabilidade específica do clone RB034128 ao local Rubiataba (UCR) (2,2 t/ha), a maior delas neste local, onde as cultivares e os demais clones não revelaram adaptações elevadas. Desempenho similar ocorreu em Inhumas (UCA), embora neste local a cultivar RB92579 foi superior (3,4 t/ha). Tais adaptabilidades possivelmente estejam relacionadas à textura argilosa do solo, e aos elevados valores de temperatura acumulada durante o crescimento da cultura.

Também para este caráter (TATR) observaram-se vários clones experimentais muito mal classificados em suas médias de adaptabilidade. Entre eles, assim como para TCH, estão novamente os clones RB034019, RB034126 e RB034067, que voltaram a ocupar as três piores posições em TATR. Isto reforça a conclusão de certa ineficiência do processo seletivo na escolha dos clones que compuseram os ensaios finais da Série 03, o que requer avaliação técnica para melhor planejamento desses ensaios em situações futuras.

Por último deve-se destacar que, embora o caráter ATR seja importante para a determinação da riqueza dos clones, a seleção de genótipos superiores quanto à quantidade de açúcar deve ser feita, sempre, combinando-a com a produtividade de colmos (TCH). Acresce-se a isto o fato de os comportamentos genotípicos em TCH e ATR não terem se correlacionado quanto à adaptabilidade (Tabelas 18 e 20); ou seja, clones com maior produtividade em TCH, em geral, não apresentaram o mesmo desempenho em riqueza de açúcar (ATR). Ademais, os fatores ambientais determinantes da interação GxA, nos dois caracteres, também foram diferentes (Tabelas 14 e 16). O mesmo observa-se quando são comparadas as respostas fenotípicas em ATR e TATR, em que o genótipo de maior produtividade em TATR normalmente não é o mais rico em ATR. Daí a importância de se selecionar os genótipos que mais retornarão açúcar pelo caráter TATR, em vez de somente considerar suas médias em ATR.

Um exemplo disso é o clone RB034009, que resultou na maior média de ATR (152,4 kg/t de cana-de-açúcar). Porém, quando se combina a produtividade em TCH e a quantidade de ATR por hectare, tem-se 12,75 t/ha (TATR). Quando comparado com a cultivar RB867515, que foi a de maior produtividade em TATR (15,76 t/ha), fica evidente a importância da seleção para riqueza em açúcar mediante a combinação dos caracteres.

Tabela 21. Adaptabilidades fenotípicas (ad_{ij}) estimadas para o caráter TATR¹ (t/ha) de clones experimentais da série de cruzamentos 2003 do PMGCA/UFGA², em dez locais no Estado de Goiás³, com respectivas médias das adaptabilidades (ad_i), seus ordenamentos (ord.) e médias genotípicas para o caráter (i)

Genótipos	EMV	ERC	UBV	UCA	UCR	UGA	UJM	UNA	USF	UTB	ad_i	ord.	média(i)
RB034004	-1,72	-2,14	0,45	0,85	-3,82	0,94	-0,50	-4,78	1,70	-2,22	-1,12	23	135,23
RB034009	19,68	16,89	23,03	20,38	11,21	6,61	16,22	10,85	24,06	11,17	16,01	1	152,37
RB034019	5,83	5,26	4,49	5,43	4,45	6,33	4,75	4,63	5,05	5,62	5,18	7	141,54
RB034021	4,62	6,87	8,28	2,95	11,13	-4,96	6,57	11,59	4,42	3,81	5,53	5	141,89
RB034038	-2,44	-9,29	-17,71	-7,25	-19,19	1,66	-15,36	-17,02	-11,26	-5,76	-10,36	34	126,00
RB034041	-0,56	-0,11	-0,85	-0,97	0,87	-0,15	-0,21	1,02	-1,32	0,26	-0,20	18	136,16
RB034044	7,06	-0,55	-7,99	-2,23	-10,66	-7,42	-10,11	-6,94	-4,21	-2,59	-4,56	29	131,79
RB034045	1,53	-0,93	-0,54	-0,53	-4,72	-6,86	-3,38	-3,94	0,33	-3,51	-2,26	27	134,10
RB034067	11,01	10,63	10,54	7,02	11,06	-3,10	7,64	12,45	8,21	6,66	8,21	3	144,57
RB034068	-0,01	2,26	4,40	0,87	5,80	-2,28	3,77	5,35	2,00	1,04	2,32	14	138,68
RB034070	-11,48	-5,22	3,15	-0,63	2,01	6,24	4,91	-2,24	1,43	-2,61	-0,44	20	135,91
RB034082	3,98	3,10	10,28	8,58	-0,38	2,27	5,95	-2,19	11,73	0,33	4,36	8	140,72
RB034109	-5,99	-2,58	-2,74	-5,29	3,20	-3,09	-0,74	2,86	-5,56	-1,59	-2,15	26	134,21
RB034110	2,26	-0,61	-7,30	-4,90	-3,06	-6,47	-6,78	-0,26	-6,99	-1,09	-3,52	28	132,84
RB034111	-5,74	-2,01	0,83	-3,40	3,63	-4,53	1,12	2,60	-2,25	-2,41	-1,22	24	135,14
RB034112	5,04	4,58	8,86	5,61	3,20	-3,77	4,76	2,88	8,18	0,74	4,01	9	140,37
RB034113	-2,67	-2,73	-0,80	-0,69	-3,56	-0,45	-1,36	-4,31	-0,07	-2,71	-1,93	25	134,42
RB034114	3,38	3,50	3,05	2,05	4,12	-0,25	2,61	4,60	2,18	2,63	2,79	13	139,14
RB034116	-4,09	1,06	8,25	2,23	7,67	0,34	7,53	5,07	4,95	0,25	3,33	12	139,68
RB034117	-5,39	-1,12	5,74	0,54	4,10	-1,48	4,74	1,67	3,15	-2,00	1,00	15	137,35
RB034119	-0,39	2,58	11,89	7,53	4,74	4,42	9,31	1,59	11,07	1,13	5,39	6	141,74
RB034120	-4,93	-1,08	4,64	-1,76	4,24	-8,07	2,65	2,82	0,99	-3,62	-0,41	19	135,95
RB034122	-0,07	-5,06	-11,64	-8,46	-10,91	-13,52	-12,96	-7,61	-10,13	-6,98	-8,74	32	127,62
RB034125	-4,82	-5,26	-12,24	-7,95	-4,52	1,65	-7,59	-3,18	-11,45	-1,27	-5,66	30	130,69
RB034126	8,31	6,89	4,86	6,77	5,02	7,93	5,25	5,67	5,93	7,37	6,40	4	142,76
RB034127	0,76	-0,57	0,06	3,21	-3,61	7,95	0,63	-4,44	2,81	1,22	0,80	17	137,16
RB034128	10,55	10,82	12,49	11,87	10,77	11,07	11,85	10,25	12,53	10,46	11,27	2	147,63
RB034129	-1,12	-2,04	-0,28	1,33	-4,49	3,18	-0,69	-5,37	1,67	-1,42	-0,92	22	135,44
RB034130	-4,87	-7,57	-6,47	-2,88	-12,94	-0,51	-7,24	-13,57	-2,85	-6,78	-6,57	31	129,79
RB034131	1,56	-6,63	-14,26	-8,93	-17,40	-16,73	-17,27	-13,24	-10,66	-9,70	-11,33	35	125,03
RB034132	-1,29	-0,40	0,64	1,12	0,41	4,73	1,66	-0,49	1,05	1,00	0,84	16	137,20
RB867515	-0,04	2,76	4,36	2,44	6,83	4,78	5,61	5,83	2,73	3,72	3,90	10	140,26
RB92579	3,13	0,41	-3,43	0,04	-3,13	1,80	-2,83	-1,84	-1,51	1,14	-0,62	21	135,74
RB935744	-3,58	-6,79	-13,40	-11,11	-9,76	-13,85	-13,37	-6,82	-13,04	-7,74	-9,95	33	126,41
SP81-3250	5,93	5,03	2,64	2,31	4,67	-0,98	2,13	6,03	1,90	3,80	3,34	11	139,70

¹ Toneladas de açúcar total recuperável por hectare;

² Programa de Melhoramento Genético da Cana-de-Açúcar da Universidade Federal de Goiás.

³ EMV: ETH Bioenergia, unidade Morro Vermelho (Mineiros – GO); ERC: ETH Bioenergia, unidade Rio Claro (Caçu – GO); UBV: Usina Boa Vista (Quirinópolis – GO); UCA: Usina Centroalccol (Inhumas – GO); UCR: Usina Cooper Rubi (Rubiataba – GO); UGA: Usina Goianésia (Goianésia – GO); UJM: Usina Jalles Machado (Goianésia – GO); UNA: Usina Nardini (Aporé – GO); USF: Usina São Francisco (Quirinópolis – GO) e UTB: Tropical Bioenergia (Porteirão – GO)

Assim como fizeram Zeni-Neto et al. (2008), avaliando toneladas de brix por hectare (TBH), e Silveira et al. (2012), avaliando toneladas de pol por hectare (TPH), em seus estudos de adaptabilidade e estabilidade em cana-de-açúcar. Desse modo, se a seleção fosse baseada apenas em ATR, haveria uma perda de produtividade de aproximadamente três toneladas de ATR por hectare (3,01 t/ha). Sob o aspecto econômico, considerando-se os valores monetários por ocasião da colheita (safra 2012/2013), quando o preço do

quilograma de ATR era de R\$0,4728 (Unica, 2013), isto representaria um prejuízo ao produtor de R\$1.362, 92 por hectare colhido.

4.5 LIMITAÇÕES DO ESTUDO

Devido ao ciclo produtivo da cana-de-açúcar e ao tempo previsto para a conclusão desta pesquisa, a avaliação experimental foi realizada somente em cana-planta (primeiro corte). Nesta condição, em geral a cultura apresenta maior vigor, ou seja, à medida que ocorrem os outros cortes têm-se normalmente quedas de produtividade. Portanto, como o comportamento dos clones não foi avaliado em mais de uma colheita (corte) não se pode inferir sobre os resultados de produtividade, com a segurança ideal, para os propósitos de recomendação.

Outro aspecto refere-se ao interesse em se buscar cultivares de ampla adaptabilidade. Para isso, é fundamental que todos os genótipos sejam avaliados em todos os locais de teste, o que, infelizmente, não foi possível na presente pesquisa. Somente nove dos trinta e quatro clones experimentais e mais uma cultivar testemunha atenderam a esse critério. Com isso, as matrizes fenotípicas e de interação GxA apresentaram muitas caselas vazias, prejudicando, em algum nível, a qualidade das estimativas. Então, adotou-se o critério de se considerar, nas análises conjuntas, apenas genótipos que foram avaliados em pelo menos quatro locais; o que, todavia, impossibilita a obtenção de estimativas de igual precisão para todos os genótipos e ambientes. Um exemplo disso foi a provável superestimativa da adaptabilidade média em ATR para o genótipo RB034009, o qual não foi avaliado nos locais cujas médias para o caráter foram as menores (discussão apresentada na seção 4.3).

O levantamento de dados climatológicos em estações meteorológicas próximas, mas não nos próprios locais de experimentação, também introduz imprecisão nas estimativas obtidas. Isto ocorreu, por exemplo, com as respostas de adaptabilidade em teor de fibra, idênticas para os ambientes amostrados em Quirinópolis (UBV e USF) e, também, em Caçu (ERC) e Aporé (UNA). O problema aumentou pelo fato de o caráter ter tido apenas a variável chuva acumulada na maturação como fator determinante dos efeitos de sua interação GxA (seção 4.3). Assim, mesmo com plantios e/ou colheitas em datas distintas (Tabela 2), o volume de chuva na fase de maturação ainda coincidiu em alguns desses locais. Logo, não se inferiu com precisão ideal sobre as adaptabilidades fenotípicas

dos clones nestes ambientes. O reconhecimento dessas limitações é imprescindível para a tomada de providências mitigadoras desses problemas em pesquisas futuras de mesma natureza. Neste sentido, a utilização de sensoriamento remoto para a obtenção de dados de variáveis climáticas pode promover grande melhoria na caracterização ambiental, pela maior precisão na aferição dos fatores e, ainda, com menor custo de monitoramento.

Diante da adoção da colheita mecanizada em cana-de-açúcar, também tem despertado preocupação e, conseqüentemente, necessidade de pesquisa específica, a questão do tamanho de parcelas para avaliação experimental de variedades. No presente estudo, excetuando-se o local UCA (Inhumas), onde se utilizaram parcelas de cinco fileiras, nos demais, em razão disso, adotaram-se unidades de duas linhas de 20 m. Na ausência de bordadura e sob influência dos genótipos vizinhos na expressão fenotípica de cada clone (neste caso, testado em parcelas de duas fileiras), os dados experimentais reduzem a sua capacidade de representar a condição real de monocultivo daquele genótipo. Logo, é possível que um clone avaliado experimentalmente como superior possa não se mostrar assim, efetivamente, nos plantios comerciais. Desse modo, estudos básicos dessa natureza são indispensáveis para se aumentar a confiança nas inferências acerca dos comportamentos genotípicos.

- i) A interação GxA em cana-de-açúcar é um fenômeno com participação significativa na manifestação de caracteres de grande importância agrícola e industrial (ex. TCH, %fibra, ATR e TATR). Em média, representa cerca de 20% da variação fenotípica associada aos fatores genotípicos e ambientais.
- ii) As variáveis ambientais identificadas como de efeito significativo sobre as interações GxA em cana-de-açúcar variam conforme o caráter. Mas, em geral, relacionam-se com fatores já identificados como importantes na definição dos ambientes de produção para esta cultura (água disponível à planta, seja decorrente de propriedades do solo e/ou por precipitação pluviométrica, além de características edáficas relacionadas à disponibilidade de nutrientes, como pH e CTC do solo).
- iii) Para o caráter TCH, a interação GxA é determinada pelo teor de areia no solo (ou de argila, pois são variáveis complementares), sobretudo na profundidade de 20-40 cm; pela chuva acumulada na fase de maturação; e pela temperatura acumulada (graus-dia) durante o período de brotação e perfilhamento. A interação no caráter porcentagem de fibra associa-se com precipitação pluviométrica na fase de maturação. Para o caráter ATR (açúcares recuperáveis totais), a interação está relacionada com propriedades do solo como pH na superfície (camada de 0-20 cm) e CTC em subsuperfície (20-40 cm), além de graus-dias na fase de maturação. Por último, em produtividade de açúcares (TATR), os fatores relacionados à interação GxA são textura do solo (% de areia na camada de 0-20 cm), chuva acumulada na fase de maturação e graus-dias durante o período de crescimento.
- iv) As variáveis edafoclimáticas contempladas neste estudo não são suficientes para explicar além de 65% da variação associada aos efeitos da interação GxA nos caracteres avaliados. Para isto, é imprescindível a caracterização exaustiva dos

ambientes experimentais, com grande número de variáveis, tomadas com precisão nos respectivos pontos de teste.

- v) A estatística adaptabilidade (ad_{ij}), tal como definida neste estudo (efeito genotípico mais interação GxA específica associada à contribuição das variáveis ambientais selecionadas), mostra-se altamente correlacionada com a média genotípica do caráter. Assim, ganha aplicabilidade somente quando os efeitos genotípicos são similares (população de genótipos em teste com base genética estreita) e quando as contribuições das variáveis ambientais são altas e diferenciadas entre os genótipos.
- vi) Entre os clones experimentais avaliados destacam-se RB034045 e RB034130, cujos comportamentos adaptativos aos locais de teste foram muito semelhantes. Estes, embora não superem testemunhas já amplamente cultivadas (RB867515, SP81-3250, RB92579 e RB935744), em todos os caracteres avaliados, são alternativas promissoras para cultivo na região produtora de cana-de-açúcar no Estado de Goiás.
- vii) Os clones RB034128 e RB034130 são destaques de adaptação específica aos locais Rubiataba (UCR) e Quirinópolis (USF), respectivamente, superando até mesmo as testemunhas comerciais. O primeiro deles por se adaptar a solos de textura mais argilosa e temperaturas mais altas na fase de crescimento; e o segundo, por sua adaptação a condições de pouca chuva na maturação e de temperaturas mais baixas durante o crescimento da cultura.

ALLARD, R. W.; BRADSHAW, A. D. Implication of genotype environmental interactions in applied plant breeding. **Crop Science**, Madison, v. 4, n. 5, p. 503-508, 1964.

ALVARES V. V. H.; DIAS, L. E.; RIBEIRO, C. A.; SOUZA, R. B. de. Uso de gesso agrícola. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARAES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª** Aproximação. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p. 67-78.

BECKER, H. C. Correlations among some statistical measures of phenotypic stability. **Euphytica**, Wageningen, v. 30, n. 3, p. 835-840, dez. 1981.

BECKER, H. C.; LÉON, J. Stability analysis in plant breeding. **Plant Breeding**, Berlin, v. 101, n. 1, p. 1-23, abr. 1988.

BORÉM, A. **Melhoramento de plantas**. 2. ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1998. 453 p.

BRUNINI, O. Ambientes climáticos e exploração agrícola da cana-de-açúcar. In: DINARDO-MIRANDA, L. L.; VASCONCELOS, A. C. M.; LANDELL, M. G. A. **Cana-de-açúcar**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2010. p. 205-218.

BRUZI, A. T. **Homeostase em populações de feijoeiro com diferentes estruturas genéticas**. 2006. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas)—Escola Superior de Agricultura, Universidade Federal de Lavras, Lavras, Minas Gerais UFLA, 2006.

CARDOSO JÚNIOR, L. A. **Uso de ferramentas de geoprocessamento para obtenção de mapas de recomendação de cultivares para a Macrorregião Sojícola 3 do Brasil**. 2012. 97 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas)—Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, Goiânia. 2012.

CHAVES, L. J. Interação de Genótipos com Ambientes. In: NASS, L. L.; VALOIS, A. C. C.; MELO, I. S.; VALADARES-INGLIS, M. C. **Recursos Genéticos e melhoramento – plantas**. Rondonópolis: Fundação MT, 2001. 1183 p.

CHAVES, L. J.; VENCOVSKY, R.; GERALDI, I. O. Modelo não-linear aplicado ao estudo da interação genótipo x ambiente em milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 24, n. 2, p.259-268, 1986.

COCHRAN, W. G. The combination of estimates from different experiments. **Biometrics**, Washington, v. 10, n. 2, 417-451, 1954.

CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 7., 2013, Uberlândia. Variedade melhorada: a força da nossa agricultura. **Anais...** Viçosa: SBMP; UFV, 2013. Disponível em: <<http://www.sbmp.org.br/7congresso/anais>>. Acesso em: 16 set. 2013.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira: cana-de-açúcar**, primeiro levantamento, abril/2013. Brasília: Companhia Nacional de Abastecimento, 2013. 19 p.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**, primeiro levantamento de intenção de plantio, outubro/2013. Brasília: Companhia Nacional de Abastecimento, 2013. 65p.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2004. 480 p.

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

CRUZ, C. D.; TORRES, R. A. de A.; VENCOVSKY, R. An alternative approach to the stability analysis proposed by Silva and Barreto. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v. 12, n. 2, p. 567-580, jun. 1989.

DIAS, F. L. F.; MAZZA, J. A.; MATSUOKA, S.; PERECINI, D.; MAULE. Produtividade da cana-de-açúcar em relação a clima e solos da região noroeste do Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, n. 3, p. 627-634, 1999

DUARTE, J. B. **Estudo da adaptabilidade e estabilidade fenotípica em linhagens e cultivares de feijão mulatinho (*Phaseolus vulgaris* L.)**. 1988. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas)—Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 1988.

EAGLES, H. A.; FREY, K. J. Repeatability of the stability-variance parameter in oats. **Crop Science**, Madison, v. 17, n. 2, p. 253-256, 1977.

EBERHART, S. A.; RUSSELL, W. A. Stability parameters for comparing varieties. **Crop Science**, Madison, v. 6, n. 1 p. 36-40, 1966.

EVENSON, R. E.; O'TOOLE, J. C.; HERDT, R. W.; COFFMAN, W. R.; KAUFFMAN, H. E. **Risk and uncertainty as factors in crop improvement research**. Los Banos: IRRI Research paper series, 1978. 19 p.

FATUNLA, T.; FREY, K. J. Repeatability of regression stability indexes for grain yield of oats (*Avena sativa* L.) **Euphytica**, Wageningen, v. 25, n. 1, p. 21- 28, fev. 1976.

FERNANDES, A. C. **Cálculos na Agroindústria da cana de açúcar**. Piracicaba: STAB - Açúcar, Alcool e Subprodutos, 2000. 193 p.

FINLAY, K. W.; WILKINSON, G. N. The analysis of adaptation in a plant breeding programme. **Australian Journal of Agricultural Research**, Collingwood v. 14, n. 6, p. 742-754, 1963.

FUTUYMA, D. J. **Biologia Evolutiva**. 2. ed. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética; CNPq, Ribeirão Preto, 1992. 631 p.

GEIGER, H. H.; MELCHINGER, A. E.; SEITZ, G. Vorhersage der phänotypischen Stabilität von Dreiweghybriden bei Mais. **Vorträge Pflanzenzüchtg**, Berlin, v. 12, p. 145-155, 1987.

HAUSSMANN, B. I. G.; OBILANA, A. B.; AYIECHO, P. O.; BLUM, A.; SCHIPPRACK, W.; GEIGER, H. H. Yield and yield stability of four population types of grain sorghum in a semi-arid area of Kenya. **Crop Science**, Madison, v. 40, n. 2, p. 319-329, 2000.

HELLAND, S. J.; HOLLAND, J. B. Blend response and stability and cultivar blending ability in oat. **Crop Science**, Madison, v. 41, n. 6, p. 1689-1696, 2001.

HORII, F. P. A qualidade da matéria-prima, na visão agrícola. **Visão Agrícola**, Piracicaba, v. 1, n. 1, p. 91-93, 2004.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. **Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/>>. Acesso em: 2 abr. 2013.

JAKUBASZKO, R. Etanol: Sinuca de bico. **Agro DBO**. Perdizes: Log & Print Gráfica e Logística S.A. Ano 10, n. 47, p. 38-43, 2013.

JALALUDDIN, M.; HARRISON, S. A. Repeatability of stability estimators for grain yield in wheat. **Crop Science**, Madison, v. 33, n. 4, p. 720-725, jul./ago., 1993.

KANG, M. S.; GAUCH Jr., H. G. **Genotype by environment interaction**. New York: CRC Press, 1996. 416 p.

LANDELL, M. G. A.; BRESSIANI, J. A. Melhoramento Genético, Caracterização e Manejo Varietal. In: DINARDO-MIRANDA, L. L.; VASCONCELOS, A. C. M.; LANDELL, M. G. A. **Cana-de-açúcar**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2010. 882 p.

LANGER, I.M.; FREY, K.J.; BAILEY, T. Associations among productivity, production response, and stability indexes in oat varieties. **Euphytica**, Wageningen, v. 28, n. 1, p.17-24, 1979.

LAVANHOLI, M. G. D. P. Qualidade da cana-de-açúcar como matéria-prima para a produção e açúcar e álcool. In: DINARDO-MIRANDA, L. L.; VASCONCELOS, A. C. M.; LANDELL, M. G. A. **Cana-de-açúcar**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2010. 882 p.

LIN, C. S.; BINNS, M. R. Genetic properties of four types of stability parameter. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 82, n. 4, p. 505-509, jan. 1991.

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

LIN, C. S.; BINNS, M. R.; LEFKOVITCH, L. P. Stability analysis: where do we stand? **Crop Science**, Madison, v. 26, n. 5, p. 894-899, set./out. 1986.

LINDGREN, D. The popilation biology of clonal deployment. In: AHUJA, M. R.; LIBBY, W. J. **Clonal forestry I, genetics and biotechnonology**. Springer: Verlag Berlin Heidelberg, 1993. p. 34-49.

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

MARTINS, A. S. **Aplicação de sistema de informações geográficas no estudo da interação de genótipos com ambientes**. 2004. 156 p. Dissertação (Mestrado)—Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2004.

PAULINO, A. F.; MEDINA, C. C.; RONAINA, C. R. P.; LAURANI, R. A. Produções agrícola e industrial de cana-de-açúcar submetida a doses de vinhaça. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, n. 2, p.145-150, jul./dez. 2002.

PEREIRA, A. V.; VALLE, C. B.; FERREIRA, R. P.; MILES, J. W. Melhoramento de Forrageiras Tropicais. In: NASS, L. L.; VALOIS, A. C. C.; MELO, I. S.; VALAD ARES-INGLIS, M. C. **Recursos genéticos e melhoramento – plantas**. Rondonópolis: Fundação MT, 2001. 1183 p.

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. Piracicaba: Fealq, 2009. 451 p.

PLAISTED, R. L.; PETERSON, L. C. A technique for evaluating the ability of selections to yield consistently in different locations or seasons. **American Potato Journal**, Orono, v. 36, n. 11, p. 386-389, nov. 1959.

PRADO, H. **Pedologia fácil: Aplicações na agricultura**. Piracicaba: H. Prado, 2007. 105 p.

RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B.; ZIMMERMANN, M. J. O. **Genética quantitativa em plantas autógamas: aplicações ao melhoramento do feijoeiro**. Goiânia: UFG, 1993. 271 p.

RIDESA. **Catálogo nacional de variedades RB de cana-de-açúcar**. Rede Interuniversitária para o desenvolvimento do setor sucroalcooleiro. Curitiba, 2010. 136 p.

RIPOLI, T, C. C.; RIPOLI, M, L, C. **Biomassa de cana-de-açúcar: colheita, energia e ambiente**. Piracicaba: Barros & Marques, 2004, 302 p.

SCHNELL, F. W.; BECKER, H. C. Yield and yield stability in a balanced system of widely differing population structures in *Zea mays* L. **Plant Breeding**, Berlin, v. 97, n. 1, p. 30-38, 1986.

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

SILVEIRA, L. C. I.; KIST, V.; PAULA, T. O. M.; BARBOSA, M. H. P.; OLIVEIRA, R. A. DAROS, E. Adaptabilidade e estabilidade fenotípica de genótipos de cana-de-açúcar no estado de Minas Gerais. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 4, p. 587-593, 2012.

ST-PIERRE, C. A.; KLINCK, H. R.; GAUTHIER, F. M. Early generation selection under different environment as it influences adaptation of barley. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 47, n. 5, p. 507-517, 1967.

STPIELLO, J. P. A cana-de-açúcar como matéria-prima. In: PARANHOS, S. B. **Cana-de-açúcar: cultivo e utilização**. Campinas: Cargil, 1987. v. 2, p. 761-804.

TORRES, R. A. de A. **Estudo do controle genético da estabilidade fenotípica de cultivares de milho (*Zea mays* L.)**. 1988. 133 p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas)—Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

UFSCar. Universidade Federal de São Carlos. **Quatro novas variedades RB de cana-de-açúcar para a região centro-sul**. Araras: CCA/UFSCar, 2006. 18 p.

UNICA. União da Indústria de Cana-de-açúcar. **Valores de ATR e Preço da Tonelada de Cana-de-açúcar – Consecana do Estado de São Paulo**. Disponível em: <http://www.udop.com.br/cana/tabela_consecana_saopaulo.pdf>. Acesso em: 25 out. 2013.

VAN EEUWIJK, F. A.; DENIS, J. B. KANG, M. S. Incorporating additional information on genotypes and environments in models for two-way genotype by environment tables. In: KANG, M. S., GAUCH, H. G. (Ed.). **Genotype-by-environment interaction**. New York: CRC Press, 1996. 416 p.

VASCONCELOS, A. C. M.; DINARDO-MIRANDA, L. L. **Dinâmica do desenvolvimento radicular da cana-de-açúcar e implicações no controle de nematoides**. Americana: Adonis, 2006. 56 p.

VITTI, G. C.; MAZZA, J. A. **Planejamento, estratégias de manejo e nutrição da cultura de cana-de-açúcar**. Piracicaba: Potafos, 2002. 16 p. 2002.

ZENI-NETO, H.; OLIVEIRA, R. A.; DAROS, E.; BESPALHOK FILHO, J. C.; ZMBON, J. L. C.; IDO, O. T.; WEBER, H. Seleção para produtividade, estabilidade e adaptabilidade de clones de cana-de-açúcar em três ambientes no Estado do Paraná via modelos mistos. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 9, n. 4, p. 425-430, 2008.

YATES, F.; COCHARAN, W. C. The analysis of groups of experiments. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 28, n. 4, p.556-580, 1938.

WRICKE, G. Die erfassung der wechelwirkungen zwischen genotype und umwelt bie quantitativen eigenschaften. **Zeistcherif fur Pflanzenzüchtg**, Berlin, v. 53, p. 266-343, 1965.

APÊNDICES

Apêndice A. Produtividades médias estimadas para o caráter TCH¹ (t/ha) de clones experimentais da série de cruzamentos 2003 do PMGCA/UFG², em dez locais no Estado de Goiás³, com respectivas médias dos genótipos e ambientes.

Genótipos	EMV	ERC	UBV	UCA	UCR	UGA	UJM	UNA	USF	UTB	Média genotípica
RB034004	134,0	67,0	73,3	71,5	125,0	84,5	116,2	49,5	NA	77,6	88,7
RB034009	⁴ NA	NA	NA	NA	106,9	108,7	NA	60,6	69,0	70,9	83,2
RB034019	NA	NA	60,4	NA	NA	NA	NA	26,7	93,3	59,9	60,1
RB034021	118,5	66,8	70,8	110,2	107,0	127,0	74,5	62,6	98,9	74,7	91,1
RB034025	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	83,5	83,5
RB034038	146,6	73,2	68,8	96,4	117,4	103,6	116,9	38,7	61,9	NA	91,5
RB034041	148,1	85,9	94,6	104,5	113,9	103,3	105,7	76,8	86,2	72,0	99,1
RB034044	114,6	74,7	80,0	105,5	112,1	124,8	85,7	NA	84,0	78,8	95,6
RB034045	186,8	108,3	103,8	108,0	125,1	107,5	143,6	81,9	113,7	NA	119,9
RB034067	NA	NA	75,0	89,5	111,9	95,3	99,8	35,4	61,3	63,5	79,0
RB034068	117,4	59,4	69,6	97,4	114,3	119,5	120,7	40,4	73,8	76,6	88,9
RB034070	148,0	68,5	85,0	98,8	122,7	98,8	110,7	NA	76,5	NA	101,1
RB034082	110,5	83,8	NA	NA	107,6	119,5	NA	71,5	NA	76,5	94,9
RB034109	145,1	73,7	71,3	86,9	NA	NA	96,9	79,3	85,1	56,5	86,8
RB034110	131,5	66,2	76,3	97,1	112,9	113,1	109,7	33,4	92,8	74,9	90,8
RB034111	123,9	86,9	82,1	92,1	113,1	111,1	101,9	67,8	99,1	88,1	96,6
RB034112	127,6	82,0	NA	NA	122,1	137,7	NA	NA	NA	65,8	107,0
RB034113	144,6	69,3	76,3	99,5	112,3	129,5	126,7	NA	85,3	78,3	102,4
RB034114	166,1	83,0	98,8	92,7	NA	89,9	112,7	75,3	104,4	67,7	99,0
RB034116	170,1	79,3	105,4	107,4	NA	NA	131,4	90,8	104,4	83,9	109,1
RB034117	148,9	81,8	78,8	85,8	113,2	119,6	101,6	84,9	83,4	NA	99,8
RB034119	106,4	74,7	64,6	NA	120,4	93,1	NA	60,3	NA	82,9	86,1
RB034120	133,9	71,7	68,3	106,1	112,7	118,1	108,9	45,7	91,4	97,7	95,4
RB034121	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	71,1	71,1
RB034122	131,0	57,6	54,6	93,5	110,0	106,3	80,5	NA	68,9	NA	87,8
RB034123	NA	NA	NA	80,6	NA	NA	125,6	NA	NA	NA	103,1
RB034125	159,4	77,3	74,2	99,0	120,1	116,2	131,3	57,3	103,7	74,0	101,2
RB034126	NA	NA	NA	76,7	NA	98,4	70,0	44,1	NA	69,4	71,7
RB034127	128,7	63,9	70,0	83,3	127,2	85,1	94,6	53,7	78,3	61,8	84,7
RB034128	NA	NA	75,0	122,5	128,0	116,3	131,1	69,1	86,3	84,5	101,6
RB034129	156,5	91,3	NA	NA	133,3	127,2	NA	62,0	91,1	66,8	104,0
RB034130	170,1	109,8	128,8	106,9	111,6	129,0	133,2	80,0	108,7	NA	119,8
RB034131	158,7	90,7	119,2	105,1	116,4	NA	132,8	81,4	99,0	92,1	110,6
RB034132	125,3	68,0	90,0	82,6	133,4	103,5	90,9	65,1	83,8	64,1	90,7
RB855453	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	88,3	NA	88,3
RB867515	208,6	123,0	145,7	98,8	124,0	109,6	145,6	109,7	97,4	78,5	124,1
RB92579	NA	NA	NA	127,4	125,7	133,0	159,0	87,0	109,1	NA	123,5
RB928064	NA	NA	98,3	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	98,3
RB935744	171,2	121,7	NA	NA	105,5	NA	NA	NA	100,5	NA	124,7
RB937570	NA	NA	NA	NA	102,1	NA	NA	NA	NA	NA	102,1
RB966928	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	91,4	NA	NA	91,4
SP81-3250	144,5	99,2	123,5	109,3	NA	126,7	124,4	103,0	NA	71,9	112,8
SP83-5073	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	51,7	51,7
CTC15	NA	NA	129,6	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	129,6
CTC17	180,7	98,3	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	139,5
Média ambiental	144,0	81,3	85,1	98,4	117,4	111,9	112,7	65,3	89,4	74,4	98,3

¹Toneladas de cana-de-açúcar por hectare; ²Programa de Melhoramento Genético da Cana-de-Açúcar da Universidade Federal de Goiás; e ³EMV: ETH Bioenergia, unidade Morro Vermelho (Mineiros – GO); ERC: ETH Bioenergia, unidade Rio Claro (Caçu – GO); UBV: Usina Boa Vista (Quirinópolis – GO); UCA: Usina Centroalccol (Inhumas – GO); UCR: Usina Cooper Rubi (Rubiataba – GO); UGA: Usina Goianésia (Goianésia – GO); UJM: Usina Jalles Machado (Goianésia – GO); UNA: Usina Nardini (Aporé – GO); USF: Usina São Francisco (Quirinópolis – GO) e UTB: Tropical Bioenergia (Porteirão – GO). ⁴NA: dados não disponíveis (do inglês “Not Available”)

Apêndice B. Médias observadas para o caráter teor de fibra no colmo (%) de clones experimentais da série de cruzamentos 2003 do PMGCA/UFG¹, em dez locais no Estado de Goiás², com respectivas médias dos genótipos e ambientes.

Genótipos	EMV	ERC	UBV	UCA	UCR	UGA	UJM	UNA	USF	UTB	Média genotípica
RB034004	11,23	13,43	13,18	11,47	11,39	12,12	11,08	13,92	NA	12,32	12,24
RB034009	³ NA	NA	NA	NA	NA	13,27	NA	13,98	11,75	12,32	12,83
RB034019	NA	NA	13,60	NA	12,69	NA	NA	13,83	11,77	12,10	12,80
RB034021	11,52	12,97	13,90	10,59	12,24	12,79	10,08	14,72	12,22	11,75	12,28
RB034025	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	12,03	12,03
RB034038	11,31	12,17	14,55	11,64	11,31	11,42	10,28	14,45	12,09	NA	12,13
RB034041	10,69	13,06	14,68	11,37	14,15	12,34	11,88	14,58	12,72	14,40	12,99
RB034044	10,98	13,58	13,94	11,14	12,61	12,41	10,27	NA	11,66	12,35	12,10
RB034045	11,81	13,20	14,18	12,36	13,75	12,48	11,18	15,52	12,31	NA	12,97
RB034067	NA	NA	13,38	11,50	11,65	12,93	10,18	14,86	11,78	12,00	12,28
RB034068	11,23	12,57	14,36	11,16	12,36	13,46	10,68	15,28	13,07	11,96	12,61
RB034070	11,55	13,17	15,29	11,70	13,91	12,51	11,18	NA	12,71	NA	12,75
RB034082	10,74	12,13	NA	NA	13,53	13,97	NA	13,85	NA	12,79	12,84
RB034109	11,42	13,03	14,77	11,51	NA	NA	9,69	15,13	12,71	12,99	12,66
RB034110	11,26	12,78	13,58	10,88	12,42	13,85	10,28	15,58	11,82	12,18	12,46
RB034111	11,28	12,79	13,58	10,87	12,64	13,54	11,18	14,82	12,18	13,33	12,62
RB034112	11,65	12,05	NA	NA	13,38	13,26	NA	NA	NA	11,85	12,44
RB034113	10,91	13,03	13,18	11,09	12,13	13,36	10,18	NA	11,46	11,65	11,89
RB034114	11,34	12,09	13,63	11,45	NA	11,68	11,18	15,75	12,32	12,64	12,45
RB034116	11,04	12,46	13,46	11,36	NA	NA	10,88	15,44	11,61	11,38	12,20
RB034117	10,62	13,07	13,96	10,74	12,81	12,82	11,28	14,62	12,05	NA	12,44
RB034119	11,34	12,31	14,46	NA	13,64	13,63	NA	15,08	NA	12,45	13,27
RB034120	11,84	12,58	14,13	11,14	12,81	13,13	10,18	14,61	11,33	12,07	12,38
RB034121	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	11,59	11,59
RB034122	11,43	12,33	12,86	11,01	12,23	12,55	11,18	NA	11,26	NA	11,85
RB034123	NA	NA	NA	11,61	NA	NA	10,68	NA	NA	NA	11,14
RB034125	11,36	13,26	13,63	10,62	12,65	12,69	10,58	15,13	11,31	12,26	12,35
RB034126	NA	NA	NA	10,29	NA	12,45	10,68	14,16	NA	12,83	12,08
RB034127	11,39	12,44	13,46	11,34	13,80	12,12	11,98	14,97	12,68	13,08	12,72
RB034128	NA	NA	11,68	10,65	10,98	12,45	10,48	13,58	10,73	10,66	11,40
RB034129	11,78	13,93	NA	NA	11,46	13,22	NA	13,49	11,58	11,58	12,43
RB034130	11,04	13,34	11,70	10,64	11,38	11,77	10,88	13,38	10,30	NA	11,60
RB034131	11,36	12,93	13,69	10,26	11,13	NA	10,58	12,77	10,67	12,38	11,75
RB034132	11,32	13,74	12,83	12,03	12,91	13,99	10,38	14,46	12,25	12,22	12,61
RB855453	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	12,56	NA	12,56
RB867515	11,61	12,45	13,86	10,87	12,49	12,97	10,68	14,46	11,66	12,11	12,32
RB92579	NA	NA	NA	11,00	11,59	11,80	9,78	14,31	10,86	NA	11,56
RB928064	NA	NA	13,71	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	13,71
RB935744	11,12	11,79	NA	NA	13,66	NA	NA	NA	11,65	NA	12,05
RB937570	NA	NA	NA	NA	12,39	NA	NA	NA	NA	NA	12,39
RB966928	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	14,41	NA	NA	14,41
SP81-3250	11,16	12,30	13,13	11,77	NA	13,27	11,78	15,81	NA	11,80	12,63
SP83-5073	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	13,27	13,27
CTC15	NA	NA	13,84	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	13,84
CTC17	11,18	12,14	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	11,66
Média ambiental	11,3	12,8	13,7	11,2	12,5	12,8	10,7	14,6	11,8	12,3	12,37

¹Programa de Melhoramento Genético da Cana-de-Açúcar da Universidade Federal de Goiás; e ²EMV: ETH Bioenergia, unidade Morro Vermelho (Mineiros – GO); ERC: ETH Bioenergia, unidade Rio Claro (Caçu – GO); UBV: Usina Boa Vista (Quirinópolis – GO); UCA: Usina Centroatccol (Inhumas – GO); UCR: Usina Cooper Rubi (Rubiataba – GO); UGA: Usina Goianésia (Goianésia – GO); UJM: Usina Jalles Machado (Goianésia – GO); UNA: Usina Nardini (Aporé – GO); USF: Usina São Francisco (Quirinópolis – GO) e UTB: Tropical Bioenergia (Porteirão – GO). ³NA: dados não disponíveis (do inglês “Not Available”)

Apêndice C. Médias observadas para o caráter ATR¹ (kg/tonelada de cana-de-açúcar) de clones experimentais da série de cruzamentos 2003 do PMGCA/UFG², em dez locais no Estado de Goiás³, com respectivas médias dos genótipos e ambientes.

Genótipos	EMV	ERC	UBV	UCA	UCR	UGA	UJM	UNA	USF	UTB	Média genotípica
RB034004	120,4	127,4	125,8	118,7	128,6	169,4	128,0	147,4	NA	151,4	135,2
RB034009	⁴ NA	NA	NA	NA	142,8	167,6	NA	144,0	141,5	165,9	152,4
RB034019	NA	NA	126,8	NA	NA	NA	NA	155,1	131,8	152,5	141,5
RB034021	127,0	129,9	123,1	113,5	146,4	159,6	138,7	163,1	150,5	167,2	141,9
RB034025	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	154,8	154,8
RB034038	117,4	131,3	111,2	115,2	115,4	174,5	106,2	140,5	122,3	NA	126,0
RB034041	121,7	131,8	129,5	120,0	135,3	170,4	124,3	153,2	124,1	151,3	136,2
RB034044	129,3	136,6	124,1	112,4	122,4	165,4	110,1	NA	132,3	153,5	131,8
RB034045	128,7	121,8	127,4	124,7	125,9	162,6	130,5	156,0	129,3	NA	134,1
RB034067	NA	NA	131,7	115,5	139,3	162,1	135,4	163,9	143,9	164,7	144,6
RB034068	128,6	117,2	134,2	114,3	138,3	162,1	139,9	153,5	129,9	168,7	138,7
RB034070	115,0	129,5	126,0	115,2	137,3	177,4	148,1	NA	138,7	NA	135,9
RB034082	119,7	132,4	NA	NA	122,7	168,5	NA	148,9	NA	152,0	140,7
RB034109	118,9	125,0	135,1	119,1	NA	NA	137,5	161,5	114,8	161,8	134,2
RB034110	120,8	128,6	122,4	111,9	128,5	163,4	111,0	156,7	128,2	156,9	132,8
RB034111	115,0	132,3	125,5	109,0	130,2	163,8	135,6	157,2	130,1	152,7	135,1
RB034112	124,8	134,9	NA	NA	129,5	164,8	NA	NA	NA	147,8	140,4
RB034113	121,4	131,2	128,8	113,2	122,3	168,5	137,1	NA	129,7	157,5	134,4
RB034114	130,0	128,2	136,6	114,8	NA	174,5	123,9	166,0	131,2	147,0	139,1
RB034116	122,2	127,9	138,3	121,4	NA	NA	144,2	167,8	137,1	158,5	139,7
RB034117	119,6	133,8	134,9	110,1	139,2	169,8	137,8	152,4	138,7	NA	137,4
RB034119	118,4	124,3	137,9	NA	132,0	169,4	NA	153,3	NA	157,0	141,7
RB034120	112,1	126,7	130,7	116,5	132,8	159,4	124,6	161,4	137,9	157,5	135,9
RB034121	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	165,9	165,9
RB034122	129,3	133,5	118,9	102,7	127,8	161,5	117,8	NA	129,5	NA	127,6
RB034123	NA	NA	NA	116,0	NA	NA	149,9	NA	NA	NA	132,9
RB034125	119,5	119,2	122,4	107,0	122,2	172,5	118,8	155,6	116,0	153,9	130,7
RB034126	NA	NA	NA	106,5	NA	178,0	119,5	153,3	NA	156,5	142,8
RB034127	126,4	132,8	131,7	119,6	134,5	180,3	124,9	144,1	127,6	149,5	137,2
RB034128	NA	NA	135,1	114,8	134,8	177,6	146,8	161,8	145,6	164,6	147,6
RB034129	114,6	132,5	NA	NA	117,2	168,8	NA	143,6	120,7	150,6	135,4
RB034130	119,6	134,1	130,3	108,6	119,8	172,9	122,6	136,7	123,6	NA	129,8
RB034131	131,0	127,3	120,1	96,4	125,8	NA	106,1	135,9	130,3	152,2	125,0
RB034132	115,8	130,8	132,9	121,4	128,3	173,7	122,2	156,8	130,0	160,1	137,2
RB855453	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	144,1	NA	144,1
RB867515	116,8	132,4	131,9	121,0	127,7	170,6	137,3	165,3	132,9	166,7	140,3
RB92579	NA	NA	NA	119,0	127,3	172,0	114,1	154,8	127,2	NA	135,7
RB928064	NA	NA	136,3	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	136,3
RB935744	124,3	132,5	NA	NA	127,8	NA	NA	NA	121,0	NA	126,4
RB937570	NA	NA	NA	NA	147,8	NA	NA	NA	NA	NA	147,8
RB966928	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	160,6	NA	NA	160,6
SP81-3250	130,0	126,5	128,4	113,8	NA	165,5	131,8	159,5	NA	162,1	139,7
SP83-5073	NA		NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	165,1	165,1
CTC15	NA	NA	133,3	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	133,3
CTC17	125,9	131,5	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	128,7
Média ambiental	122,0	129,4	128,6	114,2	129,7	168,9	127,7	154,1	130,9	157,1	136,7

¹Açúcar total recuperável; ²Programa de Melhoramento Genético da Cana-de-Açúcar da Universidade Federal de Goiás; e ³EMV: ETH Bioenergia, unidade Morro Vermelho (Mineiros – GO); ERC: ETH Bioenergia, unidade Rio Claro (Caçu – GO); UBV: Usina Boa Vista (Quirinópolis – GO); UCA: Usina Centroalccol (Inhumas – GO); UCR: Usina Cooper Rubi (Rubiataba – GO); UGA: Usina Goianésia (Goianésia – GO); UJM: Usina Jalles Machado (Goianésia – GO); UNA: Usina Nardini (Aporé – GO); USF: Usina São Francisco (Quirinópolis – GO) e UTB: Tropical Bioenergia (Porteirão – GO). ⁴NA: dados não disponíveis (do inglês “Not Available”)

Apêndice D. Médias observadas para o caráter TATR¹ (t/ha) de clones experimentais da série de cruzamentos 2003 do PMGCA/UFG², em dez locais no Estado de Goiás³, com respectivas médias dos genótipos e ambientes.

Genótipos	EMV	ERC	UBV	UCA	UCR	UGA	UJM	UNA	USF	UTB	Média genotípica
RB034004	16,04	8,64	9,28	8,51	16,05	14,27	14,91	7,28	NA	11,72	11,85
RB034009	⁴ NA	NA	NA	NA	15,32	18,24	NA	8,66	9,81	11,71	12,75
RB034019	NA	NA	7,42	NA	NA	NA	NA	4,14	12,25	9,16	8,24
RB034021	15,26	8,57	8,71	12,65	15,69	20,27	10,43	10,25	15,00	12,40	12,92
RB034025	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	12,93	12,93
RB034038	17,16	9,62	7,95	10,43	13,61	18,40	12,37	5,48	7,09	NA	11,35
RB034041	17,95	11,27	12,27	12,59	15,43	17,65	13,10	11,70	10,68	10,91	13,35
RB034044	14,83	10,17	9,97	11,81	13,70	20,80	9,58	NA	11,16	12,08	12,68
RB034045	24,14	13,22	13,22	13,53	15,75	17,44	18,69	12,75	14,81	NA	15,95
RB034067	NA	NA	9,89	10,32	15,58	16,11	13,52	5,77	8,97	10,44	11,32
RB034068	15,04	6,76	9,32	11,08	15,80	19,35	16,90	6,20	9,41	13,01	12,29
RB034070	17,01	8,88	10,58	12,18	16,88	17,53	16,38	NA	10,95	NA	13,80
RB034082	13,26	11,13	NA	NA	13,23	19,74	NA	10,67	NA	11,67	13,28
RB034109	17,14	9,21	9,70	10,12	NA	NA	13,35	12,76	9,69	9,19	11,39
RB034110	15,88	8,51	9,32	11,20	14,47	18,38	12,23	4,14	11,91	11,71	11,77
RB034111	14,14	11,52	10,32	10,15	14,74	18,19	14,00	10,64	12,68	13,41	12,98
RB034112	15,92	10,96	NA	NA	15,75	22,67	NA	NA	NA	9,73	15,01
RB034113	17,35	9,07	11,19	11,51	13,76	21,85	17,34	NA	11,03	12,30	13,93
RB034114	21,63	10,62	13,47	10,83	NA	15,84	13,99	12,49	13,93	9,98	13,64
RB034116	20,91	10,12	13,83	12,65	NA	NA	18,93	15,21	14,35	13,41	14,93
RB034117	17,90	10,92	10,22	9,42	15,75	20,37	14,12	12,88	11,60	NA	13,68
RB034119	12,25	9,32	8,97	NA	15,80	15,70	NA	9,25	NA	13,00	12,04
RB034120	15,08	9,05	8,95	12,43	14,87	18,76	13,55	7,36	12,61	15,33	12,80
RB034121	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	11,80	11,80
RB034122	16,97	7,70	6,29	10,86	14,02	17,24	9,58	NA	8,92	NA	11,45
RB034123	NA	NA	NA	8,66	NA	NA	18,90	NA	NA	NA	13,78
RB034125	19,18	9,22	9,76	10,43	14,59	20,12	15,61	8,86	12,11	11,36	13,12
RB034126	NA	NA	NA	8,38	NA	17,55	8,49	6,76	NA	10,86	10,41
RB034127	16,19	8,53	9,12	10,18	17,08	15,30	11,85	7,79	10,06	9,24	11,53
RB034128	NA	NA	10,10	15,03	17,23	20,61	19,22	11,18	12,59	13,93	14,99
RB034129	17,99	12,14	NA	NA	15,61	21,52	NA	8,94	10,86	9,95	13,86
RB034130	20,33	14,71	16,81	10,58	13,29	22,31	16,37	10,95	13,32	NA	15,41
RB034131	20,77	11,45	14,24	9,66	14,60	NA	14,13	11,07	13,07	13,88	13,65
RB034132	14,48	8,97	11,89	9,94	17,17	17,94	11,15	10,26	10,77	10,21	12,28
RB855453	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	12,57	NA	12,57
RB867515	24,37	16,50	19,16	12,04	15,91	18,63	20,04	18,09	13,05	13,04	17,08
RB92579	NA	NA	NA	15,45	16,03	23,01	18,16	13,42	13,94	NA	16,67
RB928064	NA	NA	13,26	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	13,26
RB935744	21,25	16,10	NA	NA	13,47	NA	NA	NA	12,05	NA	15,72
RB937570	NA	NA	NA	NA	15,15	NA	NA	NA	NA	NA	15,15
RB966928	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	14,62	NA	NA	14,62
SP81-3250	18,81	12,39	15,84	12,37	NA	20,92	16,42	16,43	NA	11,68	15,61
SP83-5073	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	8,57	8,57
CTC15	NA	NA	17,25	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	17,25
CTC17	22,77	12,99	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	17,88
Média ambiental	17,56	10,53	10,99	11,30	15,21	18,89	14,44	10,05	11,68	11,68	13,31

¹Toneladas de açúcar total recuperável; ²Programa de Melhoramento Genético da Cana-de-Açúcar da Universidade Federal de Goiás; e ³EMV: ETH Bioenergia, unidade Morro Vermelho (Mineiros – GO); ERC: ETH Bioenergia, unidade Rio Claro (Caçu – GO); UBV: Usina Boa Vista (Quirinópolis – GO); UCA: Usina Centroalcol (Inhumas – GO); UCR: Usina Cooper Rubi (Rubiataba – GO); UGA: Usina Goianésia (Goianésia – GO); UJM: Usina Jalles Machado (Goianésia – GO); UNA: Usina Nardini (Aporé – GO); USF: Usina São Francisco (Quirinópolis – GO) e UTB: Tropical Bioenergia (Porteirão – GO). ⁴NA: dados não disponíveis (do inglês “Not Available”)