



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**  
**MESTRADO EM MELHORAMENTO GENÉTICO DE PLANTAS**

**AMARO EPIFÂNIO PEREIRA SILVA**

**REPETIBILIDADE E DESEMPENHO AGROINDUSTRIAL EM CANA-DE-AÇÚCAR**  
**NA REGIÃO DO LITORAL NORTE DO ESTADO DE PERNAMBUCO**

**RECIFE**  
**2014**

**AMARO EPIFÂNIO PEREIRA SILVA**

**REPETIBILIDADE E DESEMPENHO AGROINDUSTRIAL EM CANA-DE-AÇÚCAR  
NA REGIÃO DO LITORAL NORTE DO ESTADO DE PERNAMBUCO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Melhoramento Genético de Plantas, da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do grau de Mestre em Agronomia, Área de Concentração: Melhoramento Genético de Plantas.

**COMITÊ DE ORIENTAÇÃO:**

Professor Dr. Gerson Quirino Bastos – Orientador – UFRPE

Dr. Djalma Euzébio Simões Neto – Co-orientador – UFRPE

**RECIFE**

**2014**

**REPETIBILIDADE E DESEMPENHO AGROINDUSTRIAL EM CANA-DE-AÇÚCAR  
NA REGIÃO DO LITORAL NORTE DO ESTADO DE PERNAMBUCO**

**AMARO EPIFÂNIO PEREIRA SILVA**

Dissertação defendida e aprovada pela Banca Examinadora em: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_.

**ORIENTADOR:**

---

Prof. Dr. Gerson Quirino Bastos - UFRPE

**EXAMINADORES:**

---

Dr. Djalma Euzébio Simões Neto - UFRPE

---

Dr. José Wilson da Silva – PNP/DF/UFPA

---

Dr. José Nildo Tabosa - IPA

**RECIFE**

**2014**

“Escolhi a botina porque minha vaidade está abaixo da fome das pessoas. Porque o trabalho árduo não me assusta. Escolhi estar no campo para garantir o conforto dos que moram nos grandes centros. Escolhi aumentar a produtividade, em prol da natureza e da extinção da fome no mundo. Escolhi acima de tudo, a simplicidade, a sabedoria e a resignação do produtor rural.”

Mineiro de Butina

A Deus, por me guardar, por me governar e me iluminar.

A minha "Zita", meu exemplo e grande amor, minha primeira e eterna professora, fonte de ensinamentos, a quem devo tudo que sou.

A minha irmã Gloria.

A minha sobrinha Antônia.

## OFEREÇO

À minha valiosa esposa Rikelane, por seu apoio, torcida e **imensa paciência**. Continuamente tolerante, companheira, amiga e mulher, por todos os momentos de minha jornada, com uma força que me levanta e faz superar. Você é minha coautora.

## DEDICO

## AGRADECIMENTOS

Ao Professor Dr. Gerson Quirino Bastos, meu tutor, arquétipo de educador, por suas recomendações, indicações, ciência e exigências.

Ao Coordenador da Estação Experimental de Cana-de-açúcar de Carpina, Dr. Djalma Euzébio Simões Neto, pela confiança, dedicação, orientações e princípios profissionais imprescindíveis.

Aos meus amigos e colegas de trabalho Diogo Henrique de Aquino Borges, Ismael Gaião da Costa, João Andrade Dutra Filho, Leonam José da Silva, pelas contribuições indispensáveis e fundamentais em todas as fases da elaboração deste.

À todos os colegas da Estação Experimental de Cana-de-açúcar do Carpina e em especial, aos amigos e colegas de trabalho Alane Ayana, Alex Sales, Elder da Silva Velez, Gilberto Eduardo Ferreira, Jaime José de Paula, José Fernando Dias, José Manoel, Nathalia Sobral, Rodrigo Tomé dos Santos e Waldemar dos Santos, do programa de melhoramento genético da cana-de-açúcar, pela indispensável amizade e apoio, sendo estes coautores deste trabalho.

A todos os professores da Pós-Graduação em Agronomia - Melhoramento Genético em Plantas da Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE.

Aos diretores da Usina Santa Teresa e em especial ao técnico José Carlos Adelino, pelo apoio logístico e infraestrutura na execução dos trabalhos de campo e laboratório.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco, pela oportunidade de realização dos cursos de Graduação e Pós-Graduação.

À Rede Interuniversitária para o Desenvolvimento do Setor Sucroalcooleiro – RIDESA, por financiar a pesquisa.

## LISTA DE TABELAS

<b>CAPÍTULO I – Revisão de literatura</b>	Página
<b>TABELA 1.</b> Classificação botânica da cana-de-açúcar.....	22
<b>TABELA 2.</b> Análise de variância do método da ANAVA para o modelo com um fator de variação.....	40
<b>TABELA 3.</b> Análise de variância do método da ANAVA para o modelo com dois fatores de variação.....	40
<b>CAPÍTULO II – Desempenho Agroindustrial em Cana-de-açúcar no Litoral Norte de Pernambuco</b>	
<b>TABELA 1:</b> Caracterização física do solo das três áreas experimentais, em duas profundidades, 0-20 e 20-40 centímetros, na Usina Santa Teresa, Goiana, Pernambuco. Recife (PE), 2014.....	72
<b>TABELA 2:</b> Caracterização química do solo das três áreas experimentais, em duas profundidades em duas profundidades, 0-20 e 20-40 centímetros, na Usina Santa Teresa, Goiana, Pernambuco. Recife (PE), 2014.....	73
<b>TABELA 3:</b> Precipitação pluvial mensal em milímetros nos locais dos experimentos conduzidos no Litoral Norte de Pernambuco, Usina Santa Teresa, Goiana – PE, nos Engenhos Massaranduba, Prado e Terra Rica no período dos três ciclos considerados. Os meses em destaque referem-se ao do plantio em 2010 e das três colheitas realizadas. Recife (PE), 2014.....	74
<b>TABELA 4:</b> Identificação dos 12 genótipos de cana-de-açúcar plantados em 2010 nos três experimentos na Usina Santa Teresa e analisados nas safras 2011/2012, 2012/2013 e 2013/2014, com seus respectivos genitores e origem. Recife (PE), 2014.....	75

**TABELA 5:** Resumo da análise de variância conjunta calculada em experimento conduzido no Litoral Norte de Pernambuco, Usina Santa Teresa, Goiana – PE, no Engenho Massaranduba, lote 08, nas safras 2011/2012, 2012/2013 e 2013/2014. Recife (PE), 2014. ....76

**TABELA 6:** Parâmetros genéticos avaliados para as variáveis toneladas de cana por hectare (TCH), toneladas de açúcar por hectare (TPH), pol % corrigido (PCC), fibra (FIB), pureza (PZA), teor de sólidos solúveis (BRiX) e açúcar total recuperável (ATR), em experimento conduzido no Litoral Norte de Pernambuco, Usina Santa Teresa, Goiana – PE, no Engenho Massaranduba, lote 08, nas safras 2011/2012, 2012/2013 e 2013/2014. Recife (PE), 2014 .....77

**TABELA 7:** Valores médios dos caracteres toneladas de pol por hectare (TPH), toneladas de cana por hectare (TCH), fibra (FIB), pol % corrigida (PCC), pureza (PZA), teor de sólidos solúveis (BRiX) e açúcares totais recuperáveis (ATR), calculados a partir dos dados de cultivos de primeira, segunda e terceira folha, em experimento conduzido no Litoral Norte de Pernambuco, Usina Santa Teresa, Goiana – PE, no Engenho Massaranduba, lote 08, nas safras 2011/2012, 2012/2013 e 2013/2014. Recife (PE), 2014 .....78

**TABELA 8:** Resumo da análise de variância conjunta calculada em experimentos conduzidos no Litoral Norte de Pernambuco, Usina Santa Teresa, Goiana – PE, no Engenho Prado, lote 40, nas safras 2011/2012, 2012/2013 e 2013/2014. Recife (PE), 2014 .....79

**TABELA 9:** Parâmetros genéticos avaliados para as variáveis toneladas de cana por hectare (TCH), toneladas de açúcar por hectare (TPH), pol % corrigido (PCC), fibra (FIB), pureza (PZA), teor de sólidos solúveis (BRiX) e açúcar total recuperável (ATR), em experimento conduzido no Litoral Norte de Pernambuco, Usina Santa Teresa, Goiana – PE, no Engenho Prado, lote 40, nas safras 2011/2012, 2012/2013 e 2013/2014. Recife (PE), 2014 .....80



**TABELA 10:** Valores médios dos caracteres toneladas de pol por hectare (TPH), toneladas de cana por hectare (TCH), fibra (FIB), pol % corrigida (PCC), pureza (PZA), teor de sólidos solúveis (BRIX) e açúcares totais recuperáveis (ATR), calculados a partir dos dados de cultivos de primeira, segunda e terceira folha, em experimento conduzido no Litoral Norte de Pernambuco, Usina Santa Teresa, Goiana – PE, no Engenho Prado, lote 40, nas safras 2011/2012, 2012/2013 e 2013/2014. Recife (PE), 2014 .....81

**TABELA 11:** Resumo da análise de variância conjunta calculada em experimentos conduzidos no Litoral Norte de Pernambuco, Usina Santa Teresa, Goiana – PE, no Engenho Terra Rica, lote 264, nas safras 2011/2012, 2012/2013 e 2013/2014. Recife (PE), 2014 .....82

**TABELA 12:** Parâmetros genéticos avaliados para as variáveis toneladas de cana por hectare (TCH), toneladas de açúcar por hectare (TPH), pol % corrigido (PCC), fibra (FIB), pureza (PZA), teor de sólidos solúveis (BRIX) e açúcar total recuperável (ATR), em experimento conduzido no Litoral Norte de Pernambuco, Usina Santa Teresa, Goiana – PE, no Engenho Terra Rica, lote 264, nas safras 2011/2012, 2012/2013 e 2013/2014. Recife (PE), 2014 .....83

**TABELA 13:** Valores médios dos caracteres toneladas de pol por hectare (TPH), toneladas de cana por hectare (TCH), fibra (FIB), pol % corrigida (PCC), pureza (PZA), teor de sólidos solúveis (BRIX) e açúcares totais recuperáveis (ATR), calculados a partir dos dados de cultivos de primeira, segunda e terceira folha, em experimento conduzido no Litoral Norte de Pernambuco, Usina Santa Teresa, Goiana – PE, no Engenho Terra Rica, lote 264, nas safras 2011/2012, 2012/2013 e 2013/2014. Recife (PE), 2014 .....84

### **CAPÍTULO III – Estimativa de Repetibilidade em Cana-de-Açúcar na Região Litoral Norte de Pernambuco**

**TABELA 1:** Características de relevo e classe textural e de solo dos três Engenhos onde foram conduzidos os experimentos nas safras 2011/2012, 2012/2013 e 2013/2014 na Usina Santa Teresa. Recife (PE), 2014.....91

**TABELA 2:** Precipitação pluvial mensal em milímetros nos locais dos experimentos conduzidos no Litoral Norte de Pernambuco, Usina Santa Teresa, Goiana – PE, nos Engenhos Massaranduba, Prado e Terra Rica no período dos três ciclos considerados. Os meses em destaque referem-se ao do plantio em 2010 e das três colheitas realizadas. Recife (PE), 2014.....92

**TABELA 3:** Caracterização química e física do solo das três áreas experimentais, em duas profundidades, Usina Santa Teresa, Goiana, PE. Recife (PE), 2014.....93

**TABELA 4:** Identificação dos 12 genótipos de cana-de-açúcar plantados em 2010 em três experimentos na Usina Santa Teresa e analisados nas safras 2011/2012, 2012/2013 e 2013/2014, com seus respectivos genitores e procedência. Recife (PE), 2014.....94

**TABELA 5:** Análise de variância conjunta de três safras, contendo os quadrados médios, coeficiente de variação e médias calculadas do experimento conduzido no Engenho Terra Rica, instalado na Região litoral Norte de Pernambuco, Usina Santa Teresa, Goiana – PE, colhidos nas safras 2011/2012, 2012/2013 e 2013/2014. Recife (PE), 2014.....98

**TABELA 6:** Valores médios dos caracteres toneladas de pol por hectare (TPH), toneladas de cana por hectare (TCH), fibra (FIB), pol % corrigida (PCC), pureza (PZA), teor de sólidos solúveis (BRIX) e açúcares totais recuperáveis (ATR), em experimento conduzido no Litoral Norte de Pernambuco, Usina Santa Teresa, Goiana – PE, no Engenho Terra Rica, lote 264, nas safras 2011/2012, 2012/2013 e 2013/2014. Recife (PE), 2014.....100

**TABELA 7:** Coeficiente de repetibilidade (r) e de determinação (R<sup>2</sup>) avaliados pelos métodos da Análise de variância, Componentes principais - Covariância, Componentes principais - Correlação, Análise estrutural - Correlação e Análise estrutural - Covariância, em experimento instalado no Engenho Terra Rica, lote 264, Usina Santa Teresa, Goiana - PE. Recife (PE), 2014.....101

**TABELA 8:** Número de avaliações para as características TPH (t.ha-1), TCH (t.ha-1), FIB (%), PCC (%), PZA (%), BRIX (° brix) e ATR (kg.t-1), a partir de coeficientes de determinação (R<sup>2</sup>) em diversas metodologias, para o experimento instalado no Engenho Terra Rica, lote 264, Usina Santa Teresa, Goiana - PE. Recife (PE), 2014.....104

**TABELA 9:** Resumo da análise de variância conjunta contendo os quadrados médios, coeficiente de variação e médias calculadas dos experimentos presentes no Engenho Prado, 40, instalado na Região Costeira Norte de Pernambuco, Usina Santa Teresa, Goiana – PE e avaliado nas safras 2011/2012, 2012/2013 e 2013/2014. Recife (PE), 2014.....107

**TABELA 10:** Valores médios dos caracteres toneladas de pol por hectare (TPH), toneladas de cana por hectare (TCH), fibra (FIB), pol % corrigida (PCC), pureza (PZA), teor de sólidos solúveis (BRIX) e açúcares totais recuperáveis (ATR), em experimento conduzido no Litoral Norte de Pernambuco, Usina Santa Teresa, Goiana – PE, no Engenho Prado, lote 40, nas safras 2011/2012, 2012/2013 e 2013/2014. Recife (PE), 2014.....109

**TABELA 11:** Coeficiente de repetibilidade (r) e de determinação (R<sup>2</sup>) avaliados pelos métodos da Análise de variância, Componentes principais - Covariância, Componentes principais - Correlação, Análise estrutural - Correlação e Análise estrutural - Covariância, em experimento instalado no Engenho Prado, lote 40, Usina Santa Teresa, Goiana - PE. Recife (PE), 2014.....110

**TABELA 12:** Número de avaliações para as características TPH (t.ha-1), TCH (t.ha-1), FIB (%), PCC (%), PZA (%), BRIX (° brix) e ATR (kg.t-1), a partir de coeficientes de determinação (R<sup>2</sup>) em diversas metodologias, para o experimento instalado no Engenho Prado, lote 40, Usina Santa Teresa, Goiana - PE. Recife (PE), 2014 .....114

**TABELA 13:** Resumo da análise de variância conjunta contendo os quadrados médios, coeficiente de variação e médias calculadas dos experimentos presentes no Engenho Massaranduba, 08, instalado na Região Costeira Norte de Pernambuco,

Usina Santa Teresa, Goiana – PE e avaliado nas safras 2011/2012, 2012/2013 e 2013/2014. Recife (PE), 2014.....117

**TABELA 14:** Valores médios dos caracteres toneladas de pol por hectare (TPH), toneladas de cana por hectare (TCH), fibra (FIB), pol % corrigida (PCC), pureza (PZA), teor de sólidos solúveis (BRIX) e açúcares totais recuperáveis (ATR), em experimento conduzido no Litoral Norte de Pernambuco, Usina Santa Teresa, Goiana – PE, no Engenho Massaranduba, lote 08. Recife (PE), 2014.....119

**TABELA 15:** Coeficiente de repetibilidade (r) e de determinação (R<sup>2</sup>) avaliados pelos métodos da Análise de variância, Componentes principais - Covariância, Componentes principais - Correlação, Análise estrutural - Correlação e Análise estrutural - Covariância, em experimento instalado no Engenho Massaranduba, lote 08, Usina Santa Teresa, Goiana - PE. Recife (PE), 2014.....120

**TABELA 16:** Número de avaliações para as características TPH (t.ha-1), TCH (t.ha-1), FIB (%), PCC (%), PZA (%), BRIX (° brix) e ATR (kg.t-1), a partir de coeficientes de determinação (R<sup>2</sup>) em diversas metodologias, para o experimento instalado no Engenho Massaranduba, lote 08, Usina Santa Teresa, Goiana - PE. Recife (PE), 2014.....124

## LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

RIDESA – Rede Interuniversitária para o Desenvolvimento do Setor Sucroenergético;  
UFRPE – Universidade Federal Rural de Pernambuco;  
UFAL – Universidade Federal de Alagoas;  
UFG – Universidade Federal de Goiás;  
UFSE – Universidade Federal de Sergipe;  
UFMT - Universidade Federal do Mato Grosso;  
UFV - Universidade Federal de Viçosa;  
UFRRJ - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro;  
UFSCar - Universidade Federal de São Carlos;  
UFPR - Universidade Federal do Paraná;  
EECAC – Estação Experimental de Cana-de-açúcar de Carpina;  
PMGCA – Programa de Melhoramento Genético da Cana-de-açúcar;  
CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento;  
UNICA – União da Indústria de Cana-de-açúcar;  
TPH - toneladas de pol por hectare;  
TCH - toneladas de cana por hectare;  
PCC - pol % corrigido;  
FIB – fibra %;  
PZA – pureza %;  
BRIX – total de sólidos solúveis %;  
ATR – açúcares totais recuperáveis;  
CV - coeficiente de variação;  
MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento;  
 $\sigma_g^2$  – Componente de variância genética;  
 $\sigma_{gc}^2$  – Componente de variância da interação genótipo corte;  
 $h_m^2$  – Coeficiente de determinação genotípico médio;  
 $CV_g^2$  – Coeficiente de variação genético;  
 $CV_g/CV_c$  – Índice b;  
G – Genótipo;  
C – Corte;  
G x C – interação genótipo x corte;  
QMR – quadrado médio do resíduo;  
>(QMR)/<(QMR) – relação do maior quadrado médio do resíduo pelo menor quadrado médio do resíduo;  
FV – fontes de variação;  
GL – graus de liberdade;

**SUMÁRIO**

LISTA DE TABELAS.....	vii
LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS .....	xixiii
SÚMARIO .....	xiv
RESUMO .....	15
ABSTRACT .....	16
<b>CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO GERAL E REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>17</b>
2.1. Cenário atual da cultura e sua relevância .....	200
2.2. Classificação botânica da cultura .....	22
2.3. Aspectos morfológicos da cultura .....	24
2.4. Aspectos fisiológicos da cultura.....	26
2.5. Condições edafoclimáticas favoráveis a produção .....	28
2.6. O melhoramento genético da cana-de-açúcar.....	30
2.7. Interação genótipo x ambiente.....	36
2.8. Repetibilidade .....	37
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	44
<b>CAPÍTULO II – DESEMPENHO AGROINDUSTRIAL EM CANA-DE-AÇÚCAR NO LITORAL NORTE DE PERNAMBUCO .....</b>	<b>50</b>
RESUMO .....	51
ABSTRACT .....	52
INTRODUÇÃO .....	53
MATERIAL E MÉTODOS .....	54
RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	57
CONCLUSÕES .....	67
REFERENCIAL TEÓRICO .....	68
<b>CAPÍTULO III – ESTIMATIVA DE REPETIBILIDADE EM CANA-DE-AÇÚCAR NA REGIÃO LITORAL NORTE DO ESTADO DE PERNAMBUCO .....</b>	<b>85</b>
RESUMO .....	86
ABSTRACT .....	87
INTRODUÇÃO .....	88
MATERIAL E MÉTODOS .....	90
RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	98
CONCLUSÕES .....	128
REFERENCIAL TEÓRICO .....	129
ANEXOS .....	134

## **REPETIBILIDADE E DESEMPENHO AGROINDUSTRIAL EM CANA-DE-AÇÚCAR NA REGIÃO DO LITORAL NORTE DO ESTADO DE PERNAMBUCO RESUMO**

A cana-de-açúcar (*Saccharum spp*) é um dos mais representativos pilares da economia e está presente em todas as regiões brasileiras sendo cultivada em múltiplos ambientes. É crescente o número de novas variedades que tem sido desenvolvidas pelos programas de melhoramento, cuja intenção traduz-se na obtenção daquela que, comparada com as atuais variedades comerciais, nos distintos ambientes, mostre-se superior. Contudo esta superioridade deve ser continuada. As variedades atualmente exploradas pela agroindústria estão sendo ou serão, alvos da degenerescência varietal, comprometendo cada vez mais os rendimentos destas, o que leva a necessidade da execução de pesquisa e obtenção de novas variedades representativas aos ambientes de exploração permitindo a continuidade da produção. O presente trabalho foi desenvolvido para indicar os genótipos mais aptos para um provável cultivo em uma das cinco regiões canavieiras produtoras do Estado de Pernambuco. Para tanto, no ano de 2010, foram conduzidos três experimentos de competição de variedades na Usina Santa Teresa, localizada no município de Goiana, Pernambuco, e colhidos em três safras consecutivas. Os experimentos foram delineados em blocos casualizados, com parcelas de cinco sulcos de oito metros, com quatro repetições. As variáveis analisadas foram: toneladas de pol por hectare, toneladas de cana por hectare, fibra, pol % corrigida, pureza, teor de sólidos solúveis e açúcar total recuperável. As médias foram agrupadas pelo teste de Scott e Knott, ao nível de 5% de probabilidade. Foi realizada a análise da repetibilidade do desempenho com base na média das repetições de cada corte, obtendo-se as estimativas do coeficiente de repetibilidade e o coeficiente de determinação ou grau de previsibilidade de cada caráter. As três avaliações que produziram os dados desse trabalho, foram insuficientes para determinar que os desempenhos apresentados por todas as sete variáveis consideradas, serão recorrentes.

**Palavras-chave:** *Saccharum spp*. Melhoramento genético vegetal. Desempenho agroindustrial. Repetibilidade

## ABSTRACT

The sugarcane (*Saccharum spp*) is one of the pillars of the economy most representative and is present in all Brazilian regions, cultivation in multiple environments. A growing number of new varieties that have been developed by breeding programs, whose intention is reflected in obtaining that which, compared to the current commercial varieties in different environments, show yourself top. However this superiority should be continued. The varieties currently exploited by agribusiness are being or will be targets of varietal degeneration, increasingly eroding the incomes of these, which leads to the need of the implementation of research and obtaining new representative for exploration environments varieties allowing continued production. The present study was carried out indicate genotypes the most likely fit for cultivation in one of five sugarcane producing regions of Pernambuco northeast, Brazil. To this end, in 2010, three experiments were carried out varieties of competition in factory Santa Teresa, located in the city of Goiana, Pernambuco state, northeast, Brazil and harvested in three consecutive seasons. The experiments were designed as randomized blocks with five plots grooves eight meters, with four replications. The variables analyzed were tons of pol per hectare, tons of cane per hectare, fiber, pol% corrected, purity, soluble solids and total recoverable sugar. Means were grouped according to Scott and Knott test at 5% probability. The analysis of the repeatability of performance based on the average of replicates of each cut was performed, yielding estimates of the repeatability coefficient and the coefficient of determination or degree of predictability of each character. The three reviews that produced the data of this study were insufficient to determine that the performances given by all seven variables considered, applicants will be.

Keywords: *Saccharum spp*. Breeding. Performance. Repeatability



## **CAPÍTULO I**

---

### **INTRODUÇÃO GERAL E REVISÃO DE LITERATURA**

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

A agricultura é o setor produtivo de inigualável importância ao desenvolvimento das diversas atividades humanas, evento este observável ao longo dos séculos de ocupação humana. Neste cenário, têm-se o cultivo da cana-de-açúcar ocupando posição de destaque dentre as grandes culturas de interesse mercadológico.

A cultura é plantada em grande extensão do território nacional, fato este facilmente observado por se tratar de uma planta detentora de estruturas fisiológicas, somadas a atuação cada vez mais constante do homem, que lhe permitem tolerar as dessemelhantes condições por todo território nacional e do globo sendo este episódio intimamente apoiado pelos diferentes programas de melhoramento genético por intermédio da seleção de novas formas cultivadas (ROSSE et al., 2002).

As diferentes possibilidades quanto a utilização da cana-de-açúcar e seus provenientes, quer seja de seu consumo na cadeia alimentar humana quando processada pela agroindústria, sua utilização como fonte geradora de energia por meio da queima do bagaço, o emprego do etanol como biocombustível e recentemente o processamento do bagaço para a obtenção de etanol de segunda geração, colocam a cultura em grande evidência na economia global.

A importância da cana-de-açúcar foi acentuada com o aparecimento de sinais de crise no fornecimento de combustíveis fósseis que conduziria o mundo a uma falência energética. Nesse contexto houve um acaloramento do empenho mundial em encontrar alternativas de energia, conduzindo diversos países, dentre eles o Brasil, na busca por soluções que fossem mais adequadas a realidade de cada nação (BERTELLI, 2005).

O colapso no fornecimento do combustível fóssil que teve seu início no pós-segunda guerra mundial, passou a ser mais acentuado no ano de 1973 pela ocorrência de uma interiorização da matriz energética e constantes embates envolvendo os países produtores árabes membros da Organização dos Países Exportadores de Petróleo, a OPEP (WIKIPÉDIA, 2013).

Em meio a toda esta situação, o Brasil tem sua balança comercial afetada, o que acarretou no aumento da dívida externa e que levou o presidente Ernesto Geisel, por intermédio do ministro das Minas e Energia, a iniciar articulações com especialistas em tecnologias do petróleo, empresários do setor e acadêmicos que

resultariam em um estudo que ajustava as proposições do Instituto do Açúcar e do Alcool e da Coopersucar intitulado “Fotossíntese como fonte de energia”, que fora apresentado ao Conselho Nacional de Petróleo, no ano de 1974, que mais tarde tornar-se-ia o Programa Nacional do Alcool, o Proálcool, instituído pelo governo federal no decreto nº 76.593, de 14/11/1975 (BERTELLI, 2005).

Estando o petróleo a valores cada vez mais alto e com o crescente risco de esgotamento das jazidas, torna-se básica a investigação pela substituição tecnológica (FANTAZZINI et al., 2011). Aliada a esta questão, houve uma consciência crescente na preservação do meio ambiente, despertando o interesse na produção de combustíveis, como o bioetanol, o biobutanol, o biodiesel e o biohidrocarbonos, que pudessem fazer frente àqueles derivados de petróleo, tornando estes uma das melhores soluções para o desenvolvimento sustentável mundial (MATURANO, 2009).

Com o decorrer dos anos, as variedades de cana-de-açúcar perdem sua eficácia reduzindo sua capacidade produtiva. Advém daí a necessidade da pesquisa e obtenção de novas variedades, buscando substituir aquelas já empregadas nos locais de exploração, o que permitirá gerar acréscimo de produtividade nos campos de cultivo. O tempo de permanência das variedades no elenco comercial é muito curto, sendo substituídas ou por problemas agrônômicos ou pela oferta de novas variedades colocadas à disposição da classe produtiva (STUPIELLO, 2002).

O setor sucroenergético do Brasil conta com a assistência de vários programas de melhoramento genético da cana-de-açúcar para atender esta demanda permanente de novas variedades, entre eles tem-se o do Instituto Agrônomo de Campinas (variedades IAC), o do Centro de Tecnologia Canavieira (variedades CTC), o da Canavialis-Monsanto (variedades CV) e como destaque o programa da Rede Interuniversitária para o Desenvolvimento do Setor Sucroenergético – RIDESA, que tem suas variedades RB (Republica do Brasil), cultivadas em mais de 60% dos canaviais brasileiros (RIDESA, 2010).

Em Pernambuco a cana-de-açúcar instalou-se na zona da mata do Estado, região está que detêm grande diversificação de clima, solo e relevo, resultando na necessidade de intensa experimentação varietal, objetivando-se a seleção de novos clones que expressem características superiores, independente das condições ambientais (SIMÕES NETO, 1996). No Estado de Pernambuco as pesquisas são desenvolvidas pela Estação experimental da Cana de açúcar de Carpina (EECAC) pertencente à Universidade Federal Rural de Pernambuco. Esse programa encontrar-

se integrado a Rede Interuniversitária para o Desenvolvimento do Setor Sucroenergético (RIDESA), que caracteriza-se por um conglomerado de universidades brasileiras detentoras de programas de melhoramento genético da cana-de-açúcar, são elas: Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Universidade Federal de Alagoas (UFAL), Universidade Federal de Sergipe (UFS), Universidade Federal de Viçosa (UFV), Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Universidade Federal do Paraná (UFPR), Universidade Federal de Goiás (UFG), Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT) e Universidade Federal do Piauí (UFPI).

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1. Cenário atual da cultura e sua relevância**

A cana-de-açúcar é utilizada fundamentalmente como matéria-prima fornecida a um complexo agroindustrial para produção de etanol, utilidades alimentícias, tanto humana como animal, energia elétrica, indústria química e médica. O imensurável valor hoje dado a cultura canavieira é traduzido nas exportações de açúcar e etanol, especialmente aos mercados europeu e norte-americano (SIMÕES NETO et al., 2005). O volume de açúcar exportado para a Europa na safra 2012/2013 chegou ao montante de 1.143.177 toneladas, equivalendo a 625.676 mil US\$ e em se tratando do etanol, coube aos Estados Unidos importar 2.291.162 mil de litros do biocombustível na mesma safra (UNICA, 2013).

Segundo previsões estimadas pela CONAB (2013), o cultivo de cana-de-açúcar seguirá em expansão na safra 2013/2014, sendo esse acréscimo de cerca de 344,7 mil hectares, aumento equivalente a 4,7% em relação à safra 2012/2013 e que se deve à Região Centro-Sul, na qual o Estado de São Paulo responde por 51,66% da safra brasileira. A Região Norte/Nordeste deverá produzir na mesma área da safra anterior, e somando-se a ocorrência da maior seca dos últimos 40 anos que afetou a safra 2012/2013, o desenvolvimento pleno dos canaviais ficou comprometido, afetando suas soqueiras e deixando muitas Usinas descapitalizadas, sem condições de investir na expansão e melhoria das áreas plantadas e ainda com produtividade baixa.

Mesmo com todo esse quadro de instabilidade do rendimento agrícola dos canaviais brasileiros vistos na safra 2012/2013, produtividade esta que foi de 69.407

kg/ha<sup>-1</sup>, há a previsão de melhores resultados para a safra agrícola de 2013/2014, onde se estima que a produtividade média da cultura gire em torno de 74.891 kg/ha<sup>-1</sup>, ou seja, 6,8% a mais que a safra anterior (CONAB, 2013).

Em desenvolvimento está também a Região Norte/Nordeste, onde há uma perspectiva de elevação de 3,0%, saindo de 55,93 milhões de toneladas para 57,58 milhões na corrente safra, mesmo o Nordeste ainda em condições climáticas fora da normalidade e neste conjunto, calcula-se que o Estado de Pernambuco apresente também uma elevação de 7,3% em sua produtividade mesmo prevendo-se que haja uma queda em sua produção de 13,57 milhões de toneladas para 13,35 milhões, o que representa uma variação de 1,7% (CONAB, 2013).

Ainda segundo a CONAB (2013), as estimativas apontam dentro de todo esse contexto que os Estados de Pernambuco, Alagoas, Paraná, Amazonas, São Paulo, e Rio Grande do Norte destinem a maior parte da cana-de-açúcar e concomitantemente, do seu ATR produzido, para a produção de açúcar e que, enquanto os Estados de Rondônia, Acre, Tocantins, Ceará, e Rio Grande do Sul tenham seu ATR total destinado à produção de álcool. Contudo, os Estados de Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais e São Paulo são os maiores produtores de etanol na safra 2013/2014.

Vários fatores contribuem com as quedas de produtividade, entretanto a sustentabilidade e recuperação da cultura encontra suporte na exploração de genótipos cada vez mais superiores, visto que, os esforços gastos pelos diversos programas de melhoramento genético da cana-de-açúcar, são primordiais para manutenção da rentabilidade e sustentabilidade no setor sucroenergético, por meio do desenvolvimento e da liberação de novas variedades que possam atender as diversas situações de cultivo.

A cana-de-açúcar sempre teve função admirável na capitalização brasileira, mesmo nos primórdios coloniais, sendo por conta dessa função, que fitomelhoristas buscam maneiras de aperfeiçoar seu cultivo, não apenas tratando-a como outra fonte de divisas nacional, mas como a mais respeitável fonte de bioenergia (SOUZA, 2011).

## 2.2. Classificação botânica da cultura

A cana-de-açúcar é originária da Nova-Guiné e foi levada para o sul da Ásia, onde foi usada, de início, principalmente em forma de xarope e a primeira evidência do açúcar em sua forma sólida data do ano 500, na Pérsia (MOZAMBANI et al., 2006).

Por se tratar de uma cultura alógama, a intensa variabilidade gerada pela fecundação cruzada entre genótipos de cana-de-açúcar é ideal para seleção de novas variedades superiores.

Em 1753, Linneu, em seu *Species Plantarum*, alocou a cultura da cana-de-açúcar como *Saccharum officinarum* e *Saccharum spicatum*. Posterior aos ensaios de Linneu, a classificação botânica da cana-de-açúcar passou por inúmeras modificações. A antiga classificação proposta por Engler tem sido deixada de lado, sendo atualmente aceita pela maioria dos técnicos a classificação feita por Cronquist (LUCCHESI, 2001), estando ambas comparadas na tabela 1.

**Tabela 1.** Classificação botânica da cana-de-açúcar.

	Engler (1887)	Cronquist (1981)
Divisão	Angiospermae	Magnoliophyta
Classe	Monocotyledoneae	Liliopsida
Ordem	Graminales	Cyperales
Família	Gramineae	Poaceae
Tribo	Andropogonae	Andropogonae
Subtribo	Saccharinae	Saccharinae
Gênero	<i>Saccharum</i>	<i>Saccharum</i>
Espécies	<i>S. officinarum</i>	<i>S. officinarum</i>
	<i>S. barberi</i>	<i>S. barberi</i>
	<i>S. robustum</i>	<i>S. robustum</i>
	<i>S. spontaneum</i>	<i>S. spontaneum</i>
	<i>S. sinense</i>	<i>S. sinense</i>
	<i>S. edule</i>	<i>S. edule</i>

**Fonte:** Scarpari e Beauclair, 2008

No gênero *Saccharum* ocorrem seis espécies: *S. officinarum* L. (2n = 80), *S. robustum* Brandes e Jeswiet ex Grassl (2n = 60-205), *S. barberi* Jeswiet (2n = 111-

120), *S. sinense* Roxb. ( $2n = 81-124$ ), *S. spontaneum* L. ( $2n = 40-128$ ) e *S. edule* Hassk. ( $2n = 60-80$ ).

Os primeiros híbridos interespecíficos artificiais foram produzidos na Índia envolvendo especialmente, *S. officinarum*, *S. spontaneum* e *S. barberi*. Até o final do século XIX, *S. officinarum*, juntamente com *S. barberi* e *S. sinensis*, forneceu a maioria das variedades comerciais.

Tais espécies apresentam as seguintes características:

*S. officinarum* L.: genótipos de tamanho variando de médio a alto, colmos grossos, pouco fibrosos e ricos em sacarose, além de exigentes de em condições edafoclimáticas e susceptíveis a diversos patógenos, sendo a Riscada, Roxa, Cristalina, Manteiga, Caiana, Preta, dentre outras, variedades desta espécie anteriormente plantadas (LUCCHESI, 2001).

*S. robustum* Brandes e Jeswiet ex Grassl: genótipos que podem atingir até 10 metros de altura, de colmos bastante fibrosos e pobres em sacarose, caracterizam-se ainda por tolerar a umidade e por serem susceptíveis ao “mosaico” (LUCCHESI, 2001). Acadêmicos aceitam que foi a partir desta espécie, por intermédio da seleção praticada por “melhoristas” primitivos, em busca de indivíduos de melhor qualidade, que evoluiu a *S. officinarum* (MATSUOKA, GARCIA e ARIZONO, 2005).

*S. barberi* Jeswiet: genótipos de porte baixo a intermediário, de colmos finos, ricos em fibra e de baixo teor de sacarose. Susceptível ao “mosaico” (LUCCHESI, 2001).

*S. sinense* Roxb.: segundo Matsuoka, Garcia e Arizono (2005), a espécie surgiu da introgressão da *S. officinarum* com a *Miscanthus*, ou com a *S. spontaneum* na China. Os indivíduos desta espécie são de porte alto, com colmos finos e fibrosos e um sistema radicular desenvolvido capaz de suportar solos secos e pobres (LUCCHESI, 2001).

*S. spontaneum* L.: a espécie apresenta colmos curtos, finos, ricos em fibra, pobres em sacarose e de bom perfilhamento, detentores de um aparelho radicular desenvolvido que, aliado a sua baixa exigência edafoclimática, permite que a espécie suporte condições anormais de cultivo (LUCCHESI, 2001). Para MATSUOKA, GARCIA e ARIZONO (2005), a *S. spontaneum* L. é polimórfica e se desenvolve no trópico e subtópico, indo do Japão e Indonésia/ Nova Guiné até o mediterrâneo e a África.

*S. edule* Hassk: espécie cultivada na Nova Guiné e arredores, sua inflorescência entumecida é muito utilizada na alimentação humana (LUCCHESI, 2001).

### 2.3. Aspectos morfológicos da cultura

A cana-de-açúcar é uma planta formada por colmos, folhas e flores, sendo estas partes a porção visível e peculiar de cada variedade.

Sendo um órgão de reserva (DIOLA e SANTOS, 2012) composto de diversos açúcares, o colmo pode ser ereto, decumbente ou semi-decumbente variando de acordo com a variedade em questão, idade da planta (CESNIK e MIOCQUE, 2004), ou condições ambientais, sendo as variedades de porte ereto as mais desejada por evitar a perda de sacarose acarretada pelo tombamento, além de facilitar a colheita da mesma. Na ocorrência de acamamento, comumente conhecido como tombamento, a porção do colmo que entra em contato com o solo desenvolve-se mais rápido, sendo isto possível graças ao meristema intercalar (LUCCHESI, 2001).

Segundo Mozambani et al. (2006), a gema possui um o ponto germinativo que origina um novo colmo após a germinação, quando se trata de propagação assexuada, de formatos e dimensões diversas (ovalada, triangular, romboide).

Como o próprio nome já sugere, o entrenó ou internódio, é a porção intermediária entre dois nós, região esta muito importante na descrição das variedades por englobar, no nó, a gema, o anel de crescimento, a cicatriz foliar, e a zona radicular (MOZAMBANI et al., 2006). Pode ser conoidal, cilíndrico, carretel ou barril, de diâmetro fino, intermediário ou grosso e cuja casca pode apresentar coloração amarela, verde, roxa ou vermelha, dependendo da modificação que o ambiente possa proporcionar (CESNIK e MIOCQUE, 2004). O colmo pode apresentar ainda rachaduras que são tidas como características indesejáveis do ponto de vista fitossanitário por se tratarem de portas de entrada para inúmeros patógenos.

O caldo conserva todos os nutrientes da cana-de-açúcar, entre eles, minerais como ferro (de 3 a 5%), cálcio, potássio, sódio, fósforo, magnésio e cloro, além de vitaminas dos complexos B e C, além e de glicose (de 2% a 4%), frutose (de 2% a 4%), proteínas (0,5% a 0,6%), amido (0,001% a 0,05%), ceras e ácidos graxos (0,05% a 0,015%) e corantes, entre 3% a 5%, além de antioxidantes: ácidos fenólicos (caféico, sináptico e isômeros do ácido clorogênico), flavonóides (apigenina, luteolina e derivados de tricina) e outros compostos fenólicos (WIKIPEDIA, 2013). Toda essa



diversidade variando também em função da variedade e dentro de cada variedade, de acordo com sua sanidade e idade fisiológica.

A quantidade de fibra encontrada nos colmos da cultura possuem uma flutuação de 9 a 20%, variação está ligada ao período da safra, entre aquelas variedades menos fibrosas, que podem ser utilizadas para alimentação animal, e outras mais rústicas, que são mais resistentes às condições adversas de cultivo (SCARPARI e BEAUCLAIR, 2008).

As folhas da cana-de-açúcar estão presas ao colmo por intermédio dos nós. São alternadas em lados opostos e divididas em duas porções: a bainha, que fixa e sustenta a folha ao colmo, e o limbo ou lâmina, que possuem bordas serrilhadas (DIOLA e SANTOS, 2012), sendo estas bordas consideradas como mecanismo de defesa. A folha encontra-se intermediariamente afastada do colmo formando um ângulo denominado ângulo de nobreza, tendo seu comprimento apresentando variação de 0,50 a 1,50 metros e uma largura mediana de 2 a 10 centímetros (LUCCHESI, 2001). Com o passar de seu desenvolvimento fisiológico, as folhas mais velhas vão ficando inativas até sua morte, separam-se do colmo, ficando no lugar uma cicatriz denominada cicatriz foliar e abaixo dessa cicatriz, há a zona cerosa que tem sido explorada para fins industriais, valorizando ainda mais a exploração da cana-de-açúcar (SCARPARI e BEAUCLAIR, 2008). O espaço temporal entre o desenvolvimento de uma nova folha e o da seguinte é denominado plastocrono, sendo este variável em função da variedade e condições ambientais (LUCCHESI, 2001).

Para o cultivo comercial da cana-de-açúcar, o florescimento é uma fase indesejável em função de todas as alterações bioquímicas que ocorrem com a cultura durante a etapa reprodutiva e que levam a perdas nos teores de açúcar, modificando a qualidade e rentabilidade do elemento que chega à indústria, porém, imensamente útil e fundamental ao funcionamento de qualquer programa de melhoramento genético, sendo possível sua indução ou inibição pelo uso de diversas práticas ou técnicas (SCARPARI e BEAUCLAIR, 2008). A inflorescência da cana-de-açúcar é uma panícula denominada de flor ou flecha, sendo composta de um eixo com diversas ramificações que contém as espiguetas e nestas encontram-se as flores hermafroditas (CESNICK e MIOCQUE, 2004). Tais flores são protegidas por brácteas e gluma. O fruto é a própria cariopse. Os pistilos têm estigmas alongados e de coloração roxa ou mesmo avermelhado, proporcionando um aspecto plumoso bem característico da

panícula, enquanto que, o endosperma da semente apresenta uma camada mais externa de aleurona, proteica (LUCCHESI, 2001).

Segundo Casagrande e Vasconcelos (2008), a propagação assexuada da cana-de-açúcar, especialmente em se tratando dos cultivos comerciais das unidades sucroalcooleiras, é feita utilizando-se segmentos de colmos conhecidos como rebolos ou toletes, cada um contendo de três a quatro gemas de onde brotará a planta.

Dos primórdios radiculares do tolete plantado, desenvolvem-se as primeiras raízes denominadas de raízes de fixação e todos os perfilhos que cada touceira pode vir a apresentar são detentores de um carregado emaranhado de raízes (LUCCHESI, 2001). Conforme Matsuoka et al., (2009), a raiz é composta de pelos radiculares e tanto maior será a capacidade de desenvolvimento da planta quanto melhor for o desenvolvimento desse sistema, tanto em área superficial quanto em profundidade, com o auxílio desses pelos para absorção. Segundo Fauconnier e Bassereau (1975), o sistema radicular atinge profundidades variando em função das condições edáficas, características do solo e da variedade utilizada. Ao ser colhida, a cana-de-açúcar, por intermédio do rizoma, que dá origem aos perfilhos, rebrota permitindo novas colheitas.

Inicialmente, aproximadamente nos 60 primeiros dias, as reservas nutricionais contidas nos toletes são imprescindíveis ao processo de brotação e desenvolvimento inicial da nova planta, sendo essa dependência reduzida à medida que o sistema radicular cresce e passa a sustentar a planta a partir dos elementos contidos no solo (CASAGRANDE e VASCONCELOS, 2008). Quanto maior for o entrenó, maior será a quantidade de reserva nutritiva aí contida e que influenciará na emergência da gema e no desenvolvimento do novo colmo (LUCCHESI, 2001).

#### **2.4. Aspectos fisiológicos da cultura**

A cana-de-açúcar é uma planta C<sub>4</sub>, assim chamada por formar compostos orgânicos com quatro carbonos, apresenta maior taxa de fotossíntese e de eficiência na utilização e resgate de CO<sub>2</sub> da atmosfera (SEGATO et al., 2006).

As etapas fisiológicas da cultura da cana-de-açúcar variam em função de seu desenvolvimento, sendo classificadas em brotação, perfilhamento, crescimento, maturação e florescimento (CASAGRANDE e VASCONCELOS, 2008).

### **2.4.1. Brotação**

Conforme menção anterior, a propagação da cana-de-açúcar é feita por meio do colmo fracionado em toletes contendo gemas. De acordo com Casagrande e Vasconcelos (2008), a presença de umidade suficiente no solo é condição fundamental ao início da brotação pela ativação de enzimas e hormônios que irão controlar a formação celular, logo, este é um processo bioquímico que utiliza energia oriunda da degradação de substâncias de reserva do tolete e que é sequenciado em três fases: a primeira é a fase rápida, com grande atividade respiratória e degradação das reservas nutritivas contidas no tolete, as quais serão transportadas na segunda fase para os pontos de crescimento, sendo reorganizadas, na terceira fase, em substâncias mais complexas para formação do citoplasma, protoplasma e parede celular, tornando o desenvolvimento da nova planta visível.

### **2.4.2. Perfilhamento**

Posterior aos processos bioquímicos, que envolvem a brotação, os perfilhos primários, igualmente chamados de maternos, e que também possuem gemas e sistema radicular na porção subterrânea, originam-se os perfilhos secundários, que por sua vez, formarão os terciários e assim por seguinte (CASAGRANDE e VASCONCELOS, 2008).

Deste modo, o processo de perfilhamento pode ser descrito através de algoritmo, de modo que, a formação dos perfilhos primários, secundários, terciários e sucessivos, são atribuídas incógnitas com coeficientes para indicar o número de novos colmos (LUCCHESI, 2001).

### **2.4.3. Crescimento**

Por se tratar de uma planta de metabolismo C<sub>4</sub>, a cana-de-açúcar apresenta uma maior eficiência fotossintética em função, primeiramente, da grande quantidade de cloroplastos arranjados em duas divisões da folha, uma localizada na bainha e outra nas células mesofílicas imediatas aos estômatos e à superfície foliar, e segundo, da fixação de CO<sub>2</sub> se processar em duas fases, de modo que a cultura apresenta uma maior eficiência de crescimento e do uso de recursos hídricos até três vezes maior que plantas C<sub>3</sub>, além de tolerar temperaturas de 45°C e de conseguirem expandir a fotossíntese mesmo havendo níveis de radiação solar tido como carregados em organismos de metabolismo C<sub>3</sub> (CASAGRANDE e VASCONCELOS, 2008).

#### **2.4.4. Maturação**

Os açúcares sintetizados durante o dia pela fotossíntese são enviados às diversas porções do vegetal, através dos vasos condutores do floema ao longo de todo o dia, sendo a sacarose o açúcar mais translocado, cerca de 80 a 90% do total produzido, e estocado nos entrenós mais velhos (LUCCHESI, 2001).

#### **2.4.5. Florescimento**

O ponto chave da indução floral é identificar o momento em que ocorre o estímulo, conhecido como fotoperíodo, que permite que as células do meristema se modifiquem e passem a desenvolver a inflorescência no lugar de folhas e colmo, estímulo esse que é captado pelo pigmento fitocromo e que transfere as diferenças de luminosidade para o vegetal, e que irá modificando a gema apical em gema floral (CASAGRANDE e VASCONCELOS, 2008).

### **2.5. Condições edafoclimáticas favoráveis a produção**

O uso de técnicas consorciadas ao conhecimento da resposta da cultura às condições ambientais, permitem a possibilidade de mínimos erros no desenvolvimento da cultura e também que a cana-de-açúcar possa expressar seu potencial máximo (LANDELL et al., 2008).

A brotação dos colmos plantados varia em função da variedade cultivada, da condição nutricional e fitossanitária do próprio rebolo, dos teores de umidade presentes no tolete, no solo e no ar, temperatura ambiente e aeração do solo, além da realização ou não de tratamento térmico (LUCCHESI, 2001).

Segundo Prado et al. (2008), o ambiente produtivo pode ser expresso em função das condições físicas, hídricas, morfológicas, químicas e mineralógicas da superfície dos solos associados ao clima regional.

Peça chave para o sucesso de um canavial, a oferta de recursos hídricos, segundo Teramoto (2003), constitui-se no principal fator climático causador de oscilações na produtividade da cana-de-açúcar. Quando escassa, mesmo em solos de boa fertilidade, compromete a produtividade do canavial e em quantidade ideais, favorece até os baixo potencial (PRADO et al., 2008). A umidade é um fator produtivo essencial ao desenvolvimento da cana-de-açúcar, na germinação e perfilhamento, além do desenvolvimento dos colmos e sistema radicular, uma vez que a sua constituição é de 86 a 92% de caldo e 8 a 14% de fibras (LUCCHESI, 2001). De modo

generalizado, 1.000 milímetros é tido como suficiente para um desenvolvimento satisfatório de qualquer plantel, desde que distribuídos regularmente (FERNANDES, 1984).

Lavrada entre os paralelos 35° norte e 35° sul em grande adaptação (BRUNINI, 2008), o cultivo de cana-de-açúcar sofre diretamente grande influência do fator temperatura, que atua ao longo de todo desenvolvimento vegetativo desta. Para Tauconier e Bassereau (1975), o ponto ideal de cultivo da cana-de-açúcar é entre 30°C e 34°C, faixa essa onde a cultura pode atingir o auge de seu crescimento. Este desenvolvimento fica comprometido até o ponto de ser nulo à medida que a temperatura se eleva, sendo isto em função da inibição de atividades fisiológicas da cana-de-açúcar, como por exemplo, a abertura dos estômatos e troca de CO<sub>2</sub> (BRUNINI, 2008). Em períodos de geadas, onde a temperatura se aproxima do ponto de congelamento, ocorre a morte das gemas apicais e laterais, independente do desenvolvimento da planta (BACCHI, 1982).

De acordo com Diola e Santos (2012), a cultura canavieira requer que os solos de cultivo sejam de pH neutro, porosos, bem drenados e profundos, permitindo o desenvolvimento por completo do sistema radicular e fazendo com que a planta esteja bem fixada à terra, evitando com isto, o tombamento da mesma e as perdas em rendimentos. Para Prado et al., (2008), a textura do solo está em consonância com a disponibilidade dos recursos hídricos, de modo que a maior faixa de disponibilidade deste recurso é encontrada em solos cuja textura é média, com 25 a 35% de argila e predominância de área fina em relação à grossa, possuindo, ao mesmo tempo, teores de silte relativamente altos.

Com o decorrer das safras, a produtividade, e, por conseguinte, a renovação ou não do canavial, encontra-se na dependência das condições químicas na superfície agricultável, de modo que, é necessário que a referida camada esteja corrigida e equilibrada com os macros e micronutrientes, além dos níveis de bases que devem oscilar entre médio e alto (PRADO et al., 2008).

Exigente em aeração, o cultivo canavieiro requer, mesmo posterior a dias chuvosos ou naqueles solos onde houve irrigação aplicada em excesso, que os poros de tais solos estejam com 10 a 12% de ar (LUCHESSI, 2001).

A cana-de-açúcar tem todas as fases de seu crescimento influenciadas pela atuação do mesmo, sendo que em regiões de alta luminosidade a cultura irá apresentar colmos mais grossos e curtos; folhas mais verdes e maior área foliar; maior

perfilhamento e sistema radicular mais desenvolvido, sendo tudo isso graças ao seu melhor aproveitamento fotossintético, por se tratar de um vegetal de metabolismo C4 (LUCHESSI, 2001).

Em áreas onde a ação dos ventos é constante e rigorosa, estes acabam por afetar as atividades de desenvolvimento da cultura, causando injúrias nas folhas que irão prejudicar a fotossíntese, sendo ideal a realização de cultivo em regiões com ventos brandos que auxiliam a transpiração e a absorção de água e sais minerais (LUCHESSI, 2001).

Além destes, a cana-de-açúcar necessita de várias outras técnicas de manejo, tais como a retificação de sulcos, prevenção e controle de plantas danosas, quer seja pela aplicação de produtos químicos ou capinas, erradicação de pragas e doenças, prevenção fitossanitária.

## **2.6. O melhoramento genético da cana-de-açúcar**

A variedade é a tecnologia mais importante e de menor custo para o produtor, sendo considerada o sustento de outras tecnologias de produção (BARBOSA e SILVEIRA, 2012). Esforços gastos com a pesquisa e desenvolvimento de novas variedades, que possam vir a substituir as atuais, cujos rendimentos já estão superados, é uma atividade já muito praticada pelos diversos programas de melhoramento das diversas culturas agrônômicas. Ainda segundo Barbosa e Silveira (2012), o melhoramento é também a principal forma de controle de importantes problemas fitossanitários e que a variedade ocupa posição de destaque em todo ciclo produtivo, mesmo sendo difícil mensurar a contribuição de cada fator de produção para o avanço global.

No caso específico da cana-de-açúcar, tais esforços ganharam impulso a partir do ano de 1880, com o intuito de encontrar meios que pudessem fazer frente às inúmeras doenças que assolavam a cultura, sendo atualmente, empregados mais esforços na busca de genótipos que produzam mais energia na forma de açúcar, etanol e fibra (LANDELL e BRESSIANI, 2008).

As características agrônômicas e os parâmetros agroindustriais refletem as diferenças genéticas entre os variedades (RAMALHO, 2008), portanto, baseado nestes, recomendam-se para cada região produtora, com seu respectivo ambiente de produção, o variedade de melhor desempenho e que possa alavancar os rendimentos dos canaviais (LANDELL e BRESSIANI, 2008).

É fundamental em qualquer programa de melhoramento de cana-de-açúcar, uma metodologia aplicável para seleção de genótipos que venham a ser usados em hibridações, e para tanto, uma boa ferramenta que indique estes genitores é o próprio desempenho da progênie, observando-se tanto sua capacidade geral de combinação (CGC) quanto a capacidade específica de combinação (CEC) (MATSUOKA et al., 2009).

A preservação de um banco de germoplasma da espécie agrícola é relevante quando se deseja tornar mais ampla a base genética da espécie ou ainda na procura de genes específicos (MATSUOKA et al., 2009), tendo sido no sentido de aumentar a base genética da cana-de-açúcar após constatação de que uma quantidade relevante de variedades comerciais empregadas na atualidade advinham de hibridações realizadas em Java e na Índia com menos de 20 genótipos (LANDELL e BRESSIANI, 2008).

Neste cenário, Zeni Neto (2007) fala do uso de metodologias que possam auxiliar na escolha correta e adequada dos clones e variedades que deverão ser empregadas pelos programas de melhoramento genético da cana-de-açúcar com o objetivo de indicar clones superiores às variedades utilizadas pelas unidades produtoras com maior confiabilidade e precisão. Nos divergentes programas de melhoramento, os fitomelhoristas desenvolvem metodologias próprias na realização dos cruzamentos e escolha de indivíduos superiores que venham a ser novas variedades, ao passar por todas as fases que compõem o programa de melhoramento, ou empregados como genitores por possuírem características de interesse (BERDING e SKINNER, 1987).

### **2.6.1. Fases de um programa de melhoramento genético da cana-de-açúcar**

O fundamento de todo programa de melhoramento genético da cana-de-açúcar é obter indivíduos com características agrícolas e industriais que proporcionem superior produtividade energética e que atendam às exigências edafoclimáticas locais (LANDELL e BRESSIANI, 2008). Os trabalhos dos programas de melhoramento baseiam-se na seleção de indivíduos, a partir da variabilidade gerada em hibridações direcionadas, e na clonagem daqueles que possuam as características de interesse dos melhoristas, sendo considerados superiores e validados pelo uso da experimentação com delineamentos estatísticos, para uma posterior liberação como novas variedades (MATSUOKA, GARCIA e ARIZONO, 2005).

### 2.6.1.1. Hibridação

A variabilidade é gerada em estações de floração e cruzamento a exemplo da Rede Interuniversitária para o Desenvolvimento do Setor Sucroenergético (RIDESA). Esta rede conta com duas estações para hibridações: a Estação de Floração e Cruzamento de Devaneio, localizada em Pernambuco e pertencente ao programa de melhoramento da Universidade Federal Rural de Pernambuco, e a Estação de Floração e Cruzamento de Serra do Ouro, que fica localizada em Alagoas e compõe o programa de melhoramento da Universidade Federal de Alagoas, constituindo assim, um grande banco da rede com mais de 3000 acessos.

São quatro as hibridações realizadas nestas estações, abaixo descritas:

- I) **Polinização livre (PL):** consiste da coleta ao acaso de sementes que se desenvolvem abertamente (MATSUOKA et al., 2009) dentro das dependências da estação de floração e cruzamento, podendo ainda ocorrer autofecundações. Neste tipo de cruzamento os técnicos apenas têm o conhecimento de quem é o genitor feminino por não se ter certeza de quem foi o genótipo doador do pólen.
- II) **Autofecundação:** consiste em isolar um genitor de interesse, no momento da indução do florescimento, da contaminação de pólen oriundo dos demais genótipos protegendo a inflorescência (NOBREGA e DORNELAS, 2006), forçando esta a se autopolinizar. Por se tratar de uma planta que se reproduz essencialmente por fecundação cruzada, a cana-de-açúcar, ao ser forçada a se autopolinizar, tem seu vigor comprometido em função do endocruzamento (cruzamento entre indivíduos com algum grau de parentesco), e a hipótese da dominância e sobredominância, sobre a qual o vigor pode ser reestabelecido através do choque heterótico de um cruzamento, no caso da cana-de-açúcar não pode ser considerada (CESNIK e MIOCQUE, 2004).
- III) **Cruzamento biparental:** tal hibridação consiste no isolamento de dois genitores com características interessantes ao fitomelhorista, de modo a permitir que um polinize o outro, e que se tenha o conhecimento do genitor doador do pólen e do receptor (NOBREGA e DORNELAS, 2006). O isolamento é adotado para que não



haja contaminações, utilizando estruturas confeccionadas normalmente com tecido.

IV) **Policruzamento:** esta forma de cruzamento permite agrupar uma pequena população de genitores de interesse e deixar que cruzem ao acaso e troquem alelos entre si, permitindo ainda, combinar um número maior de genitores a um custo relativamente menor, do mesmo modo, possibilita avaliar a capacidade geral de combinação destes (MATSUOKA et al., 2009).

#### **2.6.1.2. Seleção**

A fase seguinte do programa de melhoramento é a seleção de indivíduos agronomicamente superiores. As universidades que fazem parte do programa de melhoramento da RIDESA, de posse das sementes oriundas dos cruzamentos solicitados, as colocam para germinar em casa de vegetação. Utilizam-se aproximadamente três gramas de semente por caixa. Os novos indivíduos, ainda em fase de plântulas, são aclimatados e posteriormente é feita repicagem, de 35 mudas por caixa, proporcionando melhores condições de desenvolvimento. Aproximadamente dois meses após germinação, estes indivíduos são conduzidos para transplântio nas condições de campo de uma das unidades produtoras parceiras do PMGCA/RIDESA, dando-se sequencia as etapas de seleção descritas abaixo:

##### **a) Seleção em T1**

Esta é a etapa inicial de seleção denominada T1, quando são plantados dezoito indivíduos de uma mesma família em faixas com sulcos de dez metros, espaçadas por uma outra faixa de dois metro, que permite aos técnicos do PMGCA uma melhor observação dos indivíduos a serem selecionados no campo. Na cana-planta nenhuma avaliação é feita, senda a seleção feita apenas na cana-soca, nove meses após o corte da cana-planta, onde são detectados indivíduos superiores aos padrões (variedades comerciais). A seleção é feita observando caracteres agrônômicos fenotípicos, tais como, desenvolvimento da planta, número de colmos na touceira, existência de inflorescência, aspectos fitossanitários, tombamento, enraizamento aéreo, condições das gemas e existência de rachaduras no colmo. Procede-se com o corte e posterior plantio dos indivíduos selecionados. Este novo plantio é a segunda etapa da seleção denominada T2;

**b) Seleção em T2**

O delineamento adotado na implantação do T2 é o de parcelas, onde cada clone selecionado é plantado em no mínimo dois sulcos de cinco metros. Aos nove meses é feita uma nova seleção de indivíduos superiores, feita apenas na cana-planta e novamente baseada em aspectos da morfologia da cana-de-açúcar, com a adição da leitura do brix ( $^{\circ}\text{Bx}$ ), que mede o teor de sólidos solúveis. Uma amostra do caldo é extraído do colmo das variedades padrão, tomado como base, e selecionam-se clones que estejam dois pontos acima do padrão. A leitura é feita com auxílio de um refratômetro de campo. Os clones selecionados são cortados para dar início a seleção em T3.

**c) Seleção em T3 e fase de multiplicação (FM)**

Os clones selecionados no T2 são plantados em faixas com sulcos de dez metros, variando o número de sulcos por clone em função da quantidade de colmos que cada um possuir no T2. Novas inspeções são feitas e seleção nos moldes das etapas precedentes. Os clones selecionados seguem para a fase de multiplicação (FM), também em faixas de dez metros, sendo analisados considerando-se o aspecto vegetativo dos indivíduos, o número de gemas por colmo e o número de colmos por metro linear. Aqueles selecionados iniciam as fases de experimentação do programa de melhoramento.

**2.6.1.3. Experimentação**

A terceira e última etapa dos programas de melhoramento da RIDESA, antes da liberação de uma ou mais variedades, é a fase de experimentação segmentada em: FE (fase de experimentação), CV + CM (Competição Varietal com Curva de Maturação) e CVEC+CM (Competição Varietal em Épocas de Corte com Curva de Maturação). No andamento do corte das sementes para o plantio dos experimentos é feito o levantamento da média do número de gemas viáveis para cada clone e padrão, garantindo com isso uma uniformidade média de vinte gemas por metro linear. Na região Nordeste, o plantio dos experimentos é realizado entre os meses de junho, julho e agosto, ficando a colheita para ser realizada nos meses da safra do ano posterior. Os cortes e avaliações estatísticas são executadas em três anos (safras) consecutivos (cana-planta, cana-soca e cana-ressoca). Particularmente, o experimento de época de corte (CVEC) deve ser colhido no início, no meio e no final da safra agrícola da região, por indicar a melhor momento de colheita dos clones.

Anexo aos experimentos de competição, é instalado um segundo experimento denominado de curva de maturação, que irá determinar o período útil de industrialização (PUI) de todos os tratamentos em questão. O delineamento empregado neste caso é o de três sulcos de três metros de cada tratamento, e no período da safra, mensalmente, é retirada uma amostra de dez colmos de cada sulco do início ao final da safra. Como o período de colheita na região Nordeste se estende normalmente de setembro a fevereiro, é necessário que a agroindústria canavieira esteja abastecida com variedades que atinjam uma condição excelente de açúcar em diferentes momentos de toda a temporada de safra (LANDELL e BRESSIANI, 2008).

Todos os campos da etapa de experimentação são arranjos seguindo o delineamento em blocos ao acaso, com quatro repetições e cada parcela com um cinco sulcos de oito metros de comprimento, perfazendo uma área útil de 40m<sup>2</sup>. Os tratamentos são compostos de variedades comerciais e clones escolhidos das etapas de seleção.

Nas etapas de experimentação do PMGCA/RIDESA, a avaliação dos genótipos deixa de ser feita com base em características morfoagronômicas e passar a ser feita através de características tecnológicas de interesse da agroindústria canavieira. São elas: tonelada de cana por hectare (TCH); tonelada de pol por hectare (TPH), pol% corrigido (PCC), percentual de fibra na cana (FIB), pureza do caldo na cana (PZA), teor de sólidos solúveis no caldo (BRUX) e açúcar total recuperável (ATR). Para a determinação das referidas características, são retiradas amostras de cada uma das parcelas, composta de 10 colmos, que são identificadas e transportadas para o laboratório da agroindústria, onde será feita a determinação de pol % cana, brix, fibra, pureza e ATR. Cada parcela é pesada individualmente com o auxílio de um dinamômetro, para determinação da produtividade agrícola (TCH), através do peso total da parcela x 10 / área útil da parcela em m<sup>2</sup>, e em seguida calculada a produtividade industrial (TPH) por meio do algoritmo (TCH x PCC / 100).

Os dados indústrias serviram para executar a análise de variância e testes de comparação de médias. São feitas análises individuais de cada folha (colheita) e análises conjunta de três colheitas (cana-planta, soca e ressoca). Para estudo de média é feito um comparativo dos tratamentos através do teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Ao final de um período de treze a quinze anos de atividade do programa de melhoramento genético, é possível que hajam indivíduos de uma série de hibridações

(RB99, RB00, RB01, RB02) que sejam superiores as variedades comerciais e que possam ser liberados como novas variedades RB.

## **2.7. Interação genótipo x ambiente**

Dentro do melhoramento genético de plantas como um todo, os intensos esforços dos melhoristas recaem numa série de avaliações do desempenho agrônomo dos genótipos submetidos às diversas situações ambientais, tais como, diversos locais, épocas ou anos de plantio, e diversos níveis tecnológicos (CRUZ e REGAZZI, 1994). Os melhoristas, além de considerarem que indivíduos geneticamente contrastantes desenvolvem-se de modo diferente dentro de um mesmo ambiente, também devem considerar que indivíduos que sejam geneticamente semelhantes podem vir a se desenvolver de maneiras diferentes em ambientes divergentes, pois o efeito fenotípico de qualquer caráter de um indivíduo é o resultado da atuação simultânea de sua genética e do ambiente em que se encontra (RAMALHO, 2008).

Essa diferenciação de comportamento é tida em função da interação genótipo x ambiente (G x A), de modo que sua ocorrência leva o pesquisador a realizar uma análise mais dinâmica e aprofundada tanto do desempenho dos genótipos em questão, por meio de estudos de adaptabilidade e estabilidade, quanto do(s) ambiente(s) experimentado(s) (CRUZ e REGAZZI, 2001).

O que leva a ocorrência dessa divergência entre genótipos e ambientes produtivos gira em função de um conjunto de fatores fisiológicos e bioquímicos inerentes a cada um dos genótipos colocados em experimentação, especialmente em condições de campo (CRUZ e REGAZZI, 1994).

Comumente observa-se maior capacidade adaptativa em indivíduos provenientes de hibridação, capacidade essa denominada homeostase (BUENO et al., 2001) sendo esta a capacidade que o genótipo tem de modificar suas funções fisiológicas de modo a se moldar às oscilações a que esteja sujeita dentro do ambiente em que se desenvolve (LAVORENTI e MATSUOKA, 2001).

Para os fitomelhoristas em cana-de-açúcar, um genótipo para ser considerado superior e que tenha seu lançamento como variedade comercial justificado, deve apresentar uma produtividade alta em constância, mas especialmente em grande amplitude de condições ambientais, denominada estabilidade fenotípica (SILVA,

2008). Para Kimbeng et al. (2009), a interação mais significativa como componente de variância mais importante foi a entre genótipos e corte para o cultivo de cana-de-açúcar.

## 2.8. Repetibilidade

Ao longo de todas as etapas de um programa de melhoramento de qualquer forma cultivada vegetal, quer seja durante as fases de seleção e experimentação na busca de novas variedades ou para escolha de genitores superiores, como fonte para novas hibridações, é primordial certificar-se da superioridade genética dos indivíduos em questão, de modo que está superioridade seja constante (MARTUSCELLO et al., 2007).

Contudo, nem sempre é possível se acertar na seleção de genótipos superiores, visto que as alterações ambientais são constantes, de modo que torna-se necessário, a continuidade das trabalhos experimentais com o intuito de se elevar a precisão e eficiência dessa escolha, a fim de que se tenha um programa de melhoramento produtivo (SOUZA SOBRINHO et al., 2010).

Segundo Cruz e Regazzi (1994), também se espera que o bom desempenho de certas estruturas, ou de partes integrantes do indivíduo, reflita o potencial do genótipo a ser utilizado como um todo. Afirmam, ainda, que a veracidade desta expectativa poderá ser comprovada pelo coeficiente de repetibilidade ( $r$ ) da característica estudada e que é possível estimar este coeficiente quando a medição de um caráter é feita repetidas vezes num mesmo indivíduo.

Para se determinar a repetibilidade é necessário coletar porções equivalentes no mesmo grupo de indivíduos (CESNIK e MIOCQUE, 2004). Em termos estatísticos, entende-se a repetibilidade como sendo a correspondência entre um conjunto de avaliações, tomadas a partir de um mesmo indivíduo, e que estas mensurações foram repetidas no tempo ou no espaço (CRUZ e REGAZZI, 1994). O coeficiente de repetibilidade, segundo Vencovsky (1973), é utilizado no estudo de caracteres de plantas perenes que se expressam mais de uma vez no decorrer da vida do organismo. O conhecimento do coeficiente permite que os programas de melhoramento observem se a escolha dos indivíduos favoráveis em função de alguma característica fenotípica será acertada e se os genótipos que apresentam desempenho desejado manterão sua superioridade (DANNER et al., 2010).

A repetibilidade simula o ponto máximo até onde a herdabilidade no sentido amplo pode abranger, de modo que, quando a variância proporcionada pelos efeitos permanentes do ambiente for minimizada, a repetibilidade aproxima-se da estimativa da herdabilidade (CRUZ e REGAZZI, 2001), visto que, com a repetibilidade, é possível determinar a variância fenotípica que é atribuída às diferenças genéticas, confundidas com os efeitos permanentes que atuam no genótipo (OLIVEIRA et al., 2011). É neste cenário que o conhecimento da repetibilidade, em paridade com a herdabilidade e diversos outros conhecimentos genéticos e estatísticos, mostra-se como tecnologia favorável para a pesquisa e seleção desenvolvida pelo melhorista (FERREIRA et al., 2010).

Ainda segundo Cruz e Regazzi, (2001), outra função do coeficiente é a possibilidade de se estimar quantas avaliações são necessárias executar nos indivíduos estudados, para que a seleção de genótipos superiores seja feita com eficiência e segurança, sem uso de experimentos desnecessários, ou seja, o coeficiente de repetibilidade determina a quantidade de experimentos necessários para se determinar quais genótipos apresentam o melhor desempenho para a característica avaliada, proporcionando assim, redução dos custos e maior eficácia do programa de melhoramento. Outro ponto importante e que se tem de levar em consideração, é o fato de que a repetibilidade também pode variar em função da característica experimentada, das propriedades genéticas da população e das condições em que os indivíduos se desenvolvem (NASCIMENTO FILHO et al., 2009).

De acordo com Falconer (1987), quando várias medidas de um mesmo caráter são feitas em cada indivíduo, a variância fenotípica poderá ser parcelada, servindo para quantificar o ganho em precisão, pela repetição das medidas, e esclarecer a natureza da variação causada pelo ambiente. Para Martuscello et al. (2007), a existência de repetibilidade significativa para quaisquer características que o fitomelhorista esteja avaliando, indica a possibilidade de se determinar o valor real dos indivíduos em experimentação baseando-se em determinado número de medições.

Com relação a necessidade ou não do aumento no número de avaliações a que o genótipo deve ser submetido, para que o fitomelhorista tenha confiança no desempenho que este apresenta, Cruz e Regazzi (1994), descrevem três situações a que o pesquisador deve se ater:

- I) Em um caráter avaliado e que possua elevado coeficiente de repetibilidade, é desnecessário realizar-se novas experimentações, pois o aumento de precisão que se venha a adquirir é irrisório;
- II) Sendo o contrário verdadeiro, é necessário o aumento na quantidade de experimentos instalados, aumentando o número de medidas repetidas para que o melhorista possa conquistar maior confiabilidade nos dados obtidos;
- III) Havendo níveis medianos de repetibilidade, nem sempre será proveitoso fazer mais de três avaliações nos indivíduos estudados em qualquer caráter.

O que o melhorista conquista dessa maneira, é diminuir a variância causada pela atuação do ambiente sobre o genótipo, dentro dos conceitos da peristase, permitindo que se tenha uma melhor observação da manifestação genética do indivíduo, restringindo ao mesmo tempo a variância fenotípica, melhorando a precisão do coeficiente de repetibilidade.

### **2.8.1. Metodologias de determinação da repetibilidade**

A seguir são apresentados os principais métodos descritos por Cruz e Regazzi (1994), para determinação do coeficiente de repetibilidade ( $r$ ). São eles:

#### **2.8.1.1. Método da análise de variância (ANAVA)**

Empregado quando se deseja avaliar o coeficiente de repetibilidade pela correlação intraclasse obtida através de análise de variância. Para este método, existem alguns modelos habituais:

**2.8.1.1.1. Modelo com um fator de variação:** empregado quando os tratamentos não possuem o mesmo número de medições repetidas e/ou foram feitas de forma distinta entre os indivíduos avaliados, utilizando-se o modelo abaixo:

$$Y_{ij} = \mu + g_i + \varepsilon_{ij}$$

Para:

$\mu$ : Média geral;

$g_i$ : Efeito aleatório do  $i$ -ésimo genótipo sob influência do ambiente permanente ( $i=1,2,3,4,\dots,p$ );

$\varepsilon_{ij}$ : Efeito do ambiente temporário associado à  $j$ -ésima medição no  $i$ -ésimo genótipo ( $j=1,2,3,4,\dots,\eta_i$ ).

**Tabela 2.** Análise de variância do método da ANAVA para o modelo com um fator de variação.

FV	GL	SQ	QM	E(QM)
Entre genótipos	p - 1	SQG	QMG	$\sigma^2 + K\sigma_g^2$
Dentro de genótipos	N - p	SQD	QMD	$\sigma^2$
Total	N - 1	SQT		

**Fonte:** Cruz e Regazzi, 1994

O estimador pela análise de variância com um fator é dada por:

$$r = \frac{\hat{\sigma}_g^2}{\hat{\sigma}^2 + \hat{\sigma}_g^2}$$

**2.8.1.1.2. Modelo com dois fatores de variação:** com este modelo a subestimação do coeficiente de repetibilidade é reduzida, isto em função da extração dos efeitos de ambiente temporário que são comumente confundidos com a variação dentro de genótipos. Modelo:

$$Y_{ij} = \mu + g_i + a_j + \varepsilon_{ij}$$

Para:

$Y_{ij}$ : Observação referente ao i-ésimo genótipo no j-ésimo ambiente (tempo ou espaço);

$\mu$ : Média geral;

$g_i$ : Efeito aleatório do i-ésimo genótipo sob influência do ambiente permanente (i= 1,2,3,4,...,p);

$a_j$ : Efeito fixo do ambiente temporário na j-ésima medição (j=1,2,3,...,  $\eta$ );

$\varepsilon_{ij}$ : Erro experimental estabelecido pelos efeitos temporários do ambiente na j-ésima medição do i-ésimo genótipo.

**Tabela 3.** Análise de variância do método da ANAVA para o modelo com dois fatores de variação.

FV	GL	QM	E(QM)
Genótipos	p - 1	QMG	$\sigma^2 + \eta\sigma_g^2$
Ambientes	a - 1	QMA	-
Resíduo	(p - 1)(a - 1)	QMR	$\sigma^2$

**Fonte:** Cruz e Regazzi, 1994

O estimador pela análise de variância com dois fatores é dada por:



$$r = \frac{\hat{\sigma}_g^2}{\hat{\sigma}^2 + \hat{\sigma}_g^2}$$

**2.8.1.1.3. Outros modelos:** a obtenção do coeficiente de repetibilidade por modelos mais complexos segue igualmente pelo princípio da avaliação da correlação intraclasse influenciada por alterações permanentemente, sendo o modelo o resultado da avaliação de um grupo de indivíduos, repetidas vezes, com um esquema correspondente:

$$Y_{ij} = \mu + g_i + a_j + g_{a_{ij}} + b_{(j)k} + \varepsilon_{ijk}$$

Para:

$Y_{ij}$ : Observação experimental no  $i$ -ésimo genótipo, no  $j$ -ésimo ambiente e na  $k$ -ésima repetição;

$\mu$ : Média geral;

$g_i$ : Efeito do  $i$ -ésimo genótipo associado às influencias permanentes do ambiente ( $i=1,2,3,4,\dots,g$ );

$a_j$ : Efeito do  $j$ -ésimo ambiente ( $j=1,2,3,4,\dots,n$ );

$g_{a_{ij}}$ : Efeito da interação genótipo x ambientes;

$b_{(j)k}$ : Efeito do  $k$ -ésimo bloco ( $k=1,2,3,4,\dots,K$ ) dentro do  $j$ -ésimo ambiente;

$\varepsilon_{ijk}$ : Erro experimental.

### 2.8.1.2. Método dos componentes principais

Proposto por Abeywardena (1972), o referido método encontra maior utilidade em circunstâncias onde a característica experimentada do genótipo que se deseja mensurar possui comportamento cíclico, ou seja, situações que ocorrem num ano agrícola podem comumente não se repetir, de modo que o método da ANAVA pode não excluir este fator e com isto o estimador do coeficiente de repetibilidade seria subestimado.

O método de Abeywardena (1972), propõe obter uma matriz de correlação entre os genótipos avaliados em cada par de medições, determinando-se assim, autovetores e autovalores, de modo que o autovetor em que os elementos demonstram mesmo sinal e magnitudes é o que possui tendência dos genótipos expressarem desempenho repetitivo nas várias medições. O estimador do coeficiente de repetibilidade ( $r$ ) é dado por:

$$r = \frac{\lambda_k}{\sum_j \lambda_j}$$

(j= 1,2,3,...,η)

Onde:

η: número de períodos avaliados;

$\lambda_k$ : autovalor associado ao autovetor em que os elementos detêm mesmo sinal e magnitude aproximada.

Baseado nas medições dos genótipos, chega-se a seguinte matriz de correlação:

$$R = \begin{bmatrix} 1 & p & \dots & p \\ p & 1 & \dots & p \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ p & p & \dots & 1 \end{bmatrix} \eta$$

Ajustado por Rutledge (1974), o estimador fica melhor representado pela expressão:

$$r = \frac{\hat{\lambda}_1 - 1}{\eta - 1}$$

Onde  $\hat{\lambda}_1$  é o autovalor associado ao autovetor cujos elementos têm o mesmo sinal e magnitude semelhante.

De acordo com este método, o coeficiente de repetibilidade pode ainda ser calculado com base na matriz de variâncias e covariâncias fenotípicas segundo o modelo:

$$Y_{ij} = \mu + g_i + a_j + \varepsilon_{ij}$$

Sendo o estimador expresso por:

$$r = \hat{p} = \frac{\hat{\lambda}_1 - \hat{\sigma}_y^2}{\hat{\sigma}_y^2(\eta - 1)}$$

A metodologia abastece a matriz de covariância, autovalores e autovetores, fornecendo ainda, o coeficiente de repetibilidade (CRUZ, 2006).

### 2.8.1.3. Método da análise estrutural

O referido método foi confeccionado por Mansour, Nordhein e Rutledge (1981), detendo diferenças conceituais em relação ao método dos componentes principais. Utiliza a matriz paramétrica de correlações em todos os pares de mensurações dos diferentes genótipos, onde o coeficiente de repetibilidade ( $r$ ) é expresso por:

$$r = \frac{\hat{\lambda}_1 - 1}{\eta - 1} = \frac{\hat{\alpha}'\hat{R}\hat{\alpha} - 1}{\eta - 1}$$

Onde  $\hat{\lambda}_1 = \hat{\alpha}'\hat{R}\hat{\alpha}$  corresponde ao autovalor associado ao autovetor de elementos de mesmo sinal e magnitude análoga.

Há ainda o estimador baseado na matriz de covariância, sendo o coeficiente de repetibilidade obtido graças ao autovetor paramétrico e à matriz. O estimador equivale ao obtido pela análise de variância:

$$r = \frac{\hat{\sigma}_g^2}{\hat{\sigma}^2 + \hat{\sigma}_g^2}$$

O algoritmo que fornece a quantidade de avaliações que são necessárias, a partir de uma confiabilidade estabelecida, a fim de se ter um nível de precisão quando se mensuram genótipos e, cujo coeficiente de repetibilidade é conhecido, é expresso por:

$$\eta_0 = \frac{R^2(1 - r)}{(1 - R^2)r}$$

Onde:

$n$  = número de medições (cortes) com base na acurácia ( $R^2$ ) pré-definida;

$R^2$  = coeficiente de determinação ou acurácia pré-definida;

$r$  = coeficiente de repetibilidade obtido conforme o método utilizado.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABEYWARDENA, V. **An application of principal component analysis in genetics.** Journal of Genetics 16: 27-51. 1972.

BACCHI, O.O.S. **Geadas: procedimentos com a cana-de-açúcar atingida.** In LUCCHESI, A. A. Cana-de-açúcar (Saccharum spp.). In: CASTRO, P.R.C.; KLUGE, R.A. (Coord.). Ecofisiologia de culturas extrativas: cana-de-açúcar; seringueira; coqueiro; dendezeiro e oliveira. Piracicaba – SP: ESALQ. Cosmópolis: Stoller do Brasil. V.1, p. 13-45. 2001.

BARBOSA, M. H. P.; SILVEIRA, L. C. I. **Capítulo 11: melhoramento genético e recomendação de variedades.** In: SANTOS, F.; BORÉM, A.; CALDAS, C.; **Cana-de-açúcar: bioenergia, açúcar e etanol: tecnologias e perspectivas.** 2.ed. revisão e ampliação- Viçosa: UFV. 619p. 2012.

BERDING, N.; SKINNER, J.C. **Traditional breeding methods.** In: LANDEL, M.G.A.; BRESSIANI, J.A. **Melhoramento genético, caracterização e manejo varietal.** In DINARDO-MIRANDA, L.L.; VASONCELOS, A.C.M. de; LANDELL, M.G. de A. **Cana-de-açúcar.** Campinas: Instituto Agrônômico. Cap.3, p. 179-204. 2008.

BERTELLI, L.G. **A verdadeira história do Proálcool, 2005.** O Estado de São Paulo, 16/11/2005, Economia & Negócios, p. B2. Disponível em: <http://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/313629/noticia.htm?sequence=1>. Acesso em 03 set, 2013.

BRUNINI, O. **Ambientes climáticos e exploração agrícola da cana-de-açúcar.** In DINARDO-MIRANDA, L.L.; VASONCELOS, A.C.M. de; LANDELL, M.G. de A. **Cana-de-açúcar.** Campinas: Instituto Agrônômico. Cap.4, p. 179-204. 2008.

BUENO, L. C. S.; MENDES, A. N. G.; CARVALHO, S. P. (Ed.) **Melhoramento genético de plantas. Princípios e procedimentos.** 1ª ed. Lavras: Editora UFLA, 282p. 2001.

CASAGRANDE, A.A.; VASCONCELOS, A.C.M. **Fisiologia da parte aérea**. In DINARDO-MIRANDA, L.L.; VASONCELOS, A.C.M. de; LANDELL, M.\_G. de A. Cana-de-açúcar. Campinas: Instituto Agrônômico. Cap.2, p. 57-78. 2008.

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

CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento de Safra brasileira: cana-de-açúcar, terceiro levantamento, dezembro/2013**. Disponível em:[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13\\_12\\_20\\_10\\_56\\_08\\_boletim\\_cana\\_portugues\\_-\\_dez\\_2013\\_3o\\_lev\\_-\\_original.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13_12_20_10_56_08_boletim_cana_portugues_-_dez_2013_3o_lev_-_original.pdf)

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, 1994. 394 p.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. **Modelos Biométricos Aplicados ao Melhoramento Genético**. 2. ed. rev. Viçosa: Ed. UFV, 2001. 390p.

DANNER, M.A.; RASEIRAI, M.C.B .; SASO, S.A.Z.; CITADIN, I.; SCARIOT, S. **Repetibilidade de caracteres de fruto em araçazeiro e pitangueira**. Ciência Rural, v.40, n.10. p.2086-2091. Universidade Federal de Santa Maria. 2010.

DIOLA, V.; SANTOS, F.; **Capítulo 2: Fisiologia**. In: SANTOS, F.; BORÉM, A.; CALDAS, C.; **Cana-de-açúcar: bioenergia, açúcar e etanol: tecnologias e perspectivas**. 2.ed. revisão e ampliação- Viçosa: UFV 619 p. 2012.

FALCONER, D. S. Introdução a genética quantitativa. Viçosa: UFV, 1987. 279 p.

FANTAZZINI, D.; HÖÖK, M.; ANGELANTONI, A. **Oil: Global Risks at the beginning of the XXI century**. Energy Policy, v.39, n.12, p. 7865-7873, 2011.

FAUCONNIER, R.; BASSEREAU, D. **La caña de azucar**. Barcelona: Blume, 1975. In: Castro, P.R.C.; Kluge, R.A. (Coord.). **Ecofisiologia de culturas extrativas: cana-de-açúcar; seringueira; coqueiro; dendezeiro e oliveira**. Piracicaba – SP: ESALQ. Cosmópolis: Stoller do Brasil, V.1, p. 13-45. 2001.

FERNANDES, A. J. **Manual da cana-de-açúcar**. In: CASTRO, P. R.; KLUGE, R. A. **Ecofisiologia de culturas extrativas: cana-de-açúcar; seringueira; coqueiro; dendezeiro e oliveira**. Cosmópolis: Stoller do Brasil, p.13-46, **2001**.

FERREIRA, R.P.; VASCONCELOS, E.S.; CRUZ, C.D.; JÚNIOR, W.B.; RASSINI, J.B.; FREITAS, A.R.; VILELA, D.; MOREIRA, A. **Determinação do coeficiente de repetibilidade e estabilização genotípica das características agronômicas avaliadas em genótipos de alfafa no ano de estabelecimento**. Revista Ceres, Viçosa, v. 57, n.5, p. 642-647. 2010.

KIMBENG, C.A.; ZHOU, M.M.; SILVA, J.A. **Genotype x Environment Interactions and Resource Allocation in Sugarcane Yield Trials in the Rio Grande Valley Region of Texas**. Journal of the American Society of Sugar Cane Technologists: 29: 11-24, 2009.

LANDELL, M.G.A.; BRESSIANI, J.A. **Melhoramento genético, caracterização e manejo varietal**. In DINARDO-MIRANDA, L.L.; VASONCELOS, A.C.M. de; LANDELL, M.G.A. Cana-de-açúcar. Campinas: Instituto Agrônomo. Cap.3, p. 179-204. 2008.

LANDELL, M.G.A.; XAVIER, M.A; CAMPANA, M.P.; PRADO, H. **Matriz de ambientes aplicada ao manejo varietal em cana-de-açúcar**. Campinas: Instituto Agrônomo & Fundação IAC, 2008.

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

LUCCHESI, A. A. **Cana-de-açúcar (Saccharum spp.)**. In: CASTRO, P.R.C.; KLUGE, R.A. (Coord.). **Ecofisiologia de culturas extrativas: cana-de-açúcar; seringueira; coqueiro; dendezeiro e oliveira**. Piracicaba – SP: ESALQ. Cosmópolis: Stoller do Brasil, 2001. V.1, p. 13-45

MANSOUR, H.; NORDHEIM, E.V.; RUTLEDGE, J.J. **Estimators of repeatability**. New York: Theoretical and Applied Genetics v.60, n.3, p.151 – 156. 1981.

MARTUSCELLO, J.A.; JANK, L.; FONSECA, D.M. da; CRUZ, C.D.; CUNHA, D. de N.F.V. da. **Repetibilidade de caracteres agronômicos em *Panicum maximum* Jacq.** Revista Brasileira de Zootecnia, v.36, p.1975-1981, 2007.

MATSUOKA, S. GARCIA, A.A.F. ARIZONO, H. **Melhoramento da cana-de-açúcar.** In: BORÉM, A. (ed) **Melhoramento das espécies cultivadas.** 2.ed. Editora UFV, Viçosa. p.226-274. 2005.

MATSUOKA, S.; GARCIA, A.A.F.; BRESSIANI, J.; MACCHERONI, W. **Hibridação da cana-de-açúcar.** In: BORÉM, A. (Ed.). **Hibridação artificial de plantas.** Viçosa: UFV, 2 ed, p. 252-304. 2009.

MATURANO, A. **Biocombustíveis podem substituir petróleo.** Disponível em: <http://www.biotec-ahg.com.br/index.php/acervo-de-materias/biocombustiveis/502-biocombustiveis-podem-substituir-petroleo>. Acesso em 07 set, 2013.

MOZAMBANI, A.E.; PINTO, A.S.; SEGATO, S.V.; MATTIUZ, C.F.M. **Historia e morfologia da cana-de-açúcar.** In: SEGATO, S.V.; PINTO, A.S.; JENDIROBA, E.; NOBREGA, J.C.M. **Atualização em produção de cana-de-açúcar.** Piracicaba: SP, 415p. 2006.

NASCIMENTO FILHO, F. J.; ATROCH, A. L.; CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S. **Repetibilidade da produção de sementes em clones de guaraná.** Pesquisa agropecuária brasileira, Brasília, v.44, n.6, p.605-612. 2009.

NOBREGA, J.C.M. de; DORNELAS, M.C. **Biotecnologia e melhoramento da cana-de-açúcar.** In: SEGATO, S.V.; PINTO, A.S.; JENDIROBA, E.; NOBREGA, J.C.M. **Atualização em produção de cana-de-açúcar.** Piracicaba: SP, 415p. 2006.

OLIVEIRA, T.N.; SANTOS, M.V.F.; LIRA, M.A.; MELLO, A.C.L.; FERREIRA, R.L.C.; LIRA JÚNIOR, M.A.; SILVA, N.G.M. **Estimativa de Coeficientes de Repetibilidade para Mancha Ocular em Clones de *Pennisetum*.** Archivos de zootecnia vol. 60, núm. 231, p. 798. 2011.

PRADO, H.; PÁDUA JUNIOR, A.L.; GARCIA, J.C.; MORAES, J.F.L. de; CARVALHO, J.P. de; DONZELI, P.L. **Ambientes de produção.** In DINARDO-MIRANDA, L.L.;

VASONCELOS, A.C.M. de; LANDELL, M.G. de A. **Cana-de-açúcar**. Campinas: Instituto Agrônômico. Cap.4, p. 179-204. 2008.

RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B.; PINTO, C. A. B. P. **Genética na agropecuária**. 4 ed, Lavras: UFLA, p. 464, 2008.

RIDESA. Rede Interuniversitária para Desenvolvimento do Setor Sucroalcooleiro. **Catalogo nacional de variedades "RB" de cana-de-açúcar**. Curitiba, 2010.136p

ROSSE, L. N.; VENCOVSKY, R.; FERREIRA, A. **Comparação de métodos de regressão para avaliar a estabilidade fenotípica em cana-de-açúcar**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, DF, v.37, p.25-32, 2002.

RUTLEDGE, J.J. (1974) **A scaling which remove bias of Abeywardena`s estimator of repeatability**. In: Cruz, C.D.; Regazzi, A.J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, 394p. 1994.

SCARPARI, M.S.; BEAUCLAIR, E.G.F. **Anatomia e botânica**. In: DINARDO-MIRANDA, L.L.; VASONCELOS, A.C.M. de; LANDELL, M.G. de A. **Cana-de-açúcar**. Campinas: Instituto Agrônômico. Cap.2, p. 47-56. 2008.

SEGATO, S. V.; MATTIUZ, C. F. M.; MOZAMBANI, A. E. **Aspectos fenológicos da cana-de-açúcar**. In: SEGATO, S. V.; PINTO, A. S.; JENDIROBA, E.; NOBREGA, J. C. M. **Atualização em produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: SP, 415p. 2006.

SILVA, M.A. **Interação genótipo x ambiente e estabilidade fenotípica de cana-de-açúcar em ciclo de cana de ano**. Bragantia, Campinas, v.67, n.1 p. 107-117, 2008.

SIMÕES NETO, D.E.; MELO, L.J.O.T.; CHAVES, A.; LIMA, R.O.R. **Lançamentos de novas variedades RB de cana-de-açúcar**. Recife: UFRPE. Imprensa Universitária – Boletim Técnico, 28 p. 2005.

SIMÕES NETO, D. E.; MELO, M. M. DE; CAVALCANTI, C. A. C. **Comportamento da Variedade RB763710 em diversos locais do Estado de Pernambuco, Paraíba e Rio Grande do Norte**. In: Anais do 6º Congresso Nacional da STAB. Maceió, P. 200-206. 1996.



SOUZA SOBRINHO, F.; BORGES, V.; LÉDO, F.J.S.; KOPP, M.M. **Repetibilidade de características agronômicas e número de cortes necessários para seleção de *Urochloa ruziziensis***. Pesquisa agropecuária brasileira, Brasília, v.45, n.6, p.579-584. 2010.

SOUZA, P.H.N. **Avaliação do Comportamento Agrotecnológico de Clones e Variedades de Cana-de-Açúcar na Região Central de Pernambuco**. Dissertação (Mestrado em Melhoramento Genético de Plantas) – Departamento de Agronomia, UFRPE. 2011.

STUPIELLO, J.P. **Conversando com a cana**. STAB. Açúcar, Álcool e Subprodutos. Piracicaba, v.20, n.6, p.38, 2002.

TAUCONNIER, R.; BASSEREAU, D. **La caña de azucar**. In BRUNINI, O. Ambientes climáticos e exploração agrícola da cana-de-açúcar. In DINARDO-MIRANDA, L.L.; VASONCELOS, A.C.M. de; LANDELL, M.G. de A. Cana-de-açúcar. Campinas: Instituto Agrônômico. Cap.4, p. 179-204. 2008.

TERAMOTO, E.R. **Avaliação e aplicação de modelos de estimativa de produção de cana-de-açúcar (*Saccharum spp*), baseados em parâmetros do solo e clima**. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2003.

UNICA, União das Industrias de cana-de-açúcar. **Exportações brasileiras – Etanol**. Disponível em: <http://www.unica.com.br/unicadata>. Acesso em 07 set, 2013.

VENCOVSKY, R. **Princípios de genética quantitativa**. Piracicaba: ESALQ, 97p. 1973.

WIKIPÉDIA – a enciclopédia livre. **Crise do petróleo**. Disponível em: <http://pt.mikipedia.org/wiki/crisedopetroleo>. Acesso em 07 set, 2013.

ZENI NETO, H.; **Adaptabilidade e Estabilidade fenotípica de clones RB (República do Brasil) precoces de cana-de-açúcar no Estado do Paraná**. Dissertação de Mestrado, UFPR, Curitiba, 2007.

## **CAPÍTULO II**

---

### **DESEMPENHO AGROINDUSTRIAL EM CANA-DE-AÇÚCAR NO LITORAL**

#### **NORTE DE PERNAMBUCO**

Desempenho Agroindustrial em Cana-de-açúcar no Litoral Norte de Pernambuco

**Industrial and agronomic performance in sugarcane on the north coast of Pernambuco state**

**Resumo**

O presente trabalho foi conduzido com o objetivo de avaliar o desempenho agroindustrial de genótipos na sua maioria desenvolvidos pelos programas de melhoramento genético da cana-de-açúcar que compõem a Rede Interuniversitária para Desenvolvimento do Setor Sucroenergético (RIDESA), selecionados e liberados no Nordeste. Para tanto, foram instalados em 2010, três experimentos de competição de variedades para avaliação nas safras 2011/2012, 2012/2013 e 2013/2014, na Usina Santa Teresa, localizada no município de Goiana, Pernambuco. Foram avaliadas as características agroindustriais: toneladas de cana por hectare (TCH), toneladas de pol por hectare (TPH), fibra (FIB), pol % corrigida (PCC), pureza (PZA), teor de sólidos solúveis (BRIX) e açúcar total recuperável (ATR), de doze genótipos de cana-de-açúcar, em delineamento estatístico de blocos casualizados, com quatro repetições. Com os dados obtidos foi executada a análise da variância, parâmetros genéticos e as médias agrupadas pelo teste de SCOTT & KNOTT (1974), ao nível de 5% de probabilidade. As variedades RB931011 e RB962962 apresentaram desempenho superior em mais de uma situação durante o estudo, podendo serem utilizadas como opções para o cultivo comercial no Litoral Norte de Pernambuco.

**Palavras-chave:** *Saccharum spp.* Rendimento agrícola. Parâmetros genéticos

### **Abstract**

The present study was conducted to evaluate the performance of agribusiness genotypes mostly developed by breeding of cane sugar programs that make up the Interuniversity Network for the Sugarcane Industry Development (RIDESA), selected and released into the Northeast Brazil. Thus, was installed in 2010 three experiments of selection for competition in ratoon crop 2011/2012, 2012/2013 and 2013/2014 in partnership with the agroindustrial plant sugarcane Santa Teresa, Goiana, state of Pernambuco, Northeast region, Brazil. The productivity and technological variables tons of pol per hectare (TPH), tons of cane per hectare (TCH), fiber (FIB), pol% corrected (PCC), purity (PZA), soluble solids (BRIX), and total recoverable sugar (ATR) were evaluated in twelve genotypes of sugarcane, four witnesses, in statistical design was a randomized block with four replications. With the data obtained was performed with analysis of variance, genetic parameters and the average grouped by the Scott Knott test at 5% probability. The RB931011 and RB962962 cultivars showed superior performance in more than one situation during the study and can be used as future options for commercial cultivation in the North Coast of state of Pernambuco, Brazil.

**Keywords:** *Saccharum spp.* Agricultural income. Genetics parameters

## **Introdução**

O cultivo da cana-de-açúcar continua sua expansão em todo território nacional, não sendo diferente a situação na Região Nordeste, embora em menor escala do que em outras regiões. A cultura desempenha papel importante como parte integrante da economia pernambucana, sendo o principal cultivo agrícola do Estado. Segundo as estimativas da CONAB (2013), provenientes do terceiro levantamento do acompanhamento da safra brasileira, para a ano agrícola de 2013/2014, iniciada no mês de setembro de 2013, cerca de 10,46% de toda produção de açúcar deve ser proveniente dos Estados da Região Nordeste detentores do cultivo, sendo Pernambuco responsável por produzir 13,35 milhões de toneladas de cana-de-açúcar nesta safra, produção está 1,7% menor que a da safra 2012/2013, contudo com uma produtividade ainda maior de 46,67 kg/ha em comparação a safra anterior que foi de 43,50 kg/ha, o que representa um desempenho positivo de 7,30%.

Esse aumento de produtividade é explicado em função de um conjunto de fatores, como pluviometria e técnicas agrícolas dentre as quais, destaca-se a atuação primordial dos programas de melhoramento genético através da utilização de genótipos que possuem constituição genética melhorada e que são capazes de tolerar mesmo as condições climáticas adversas, a exemplo do que ocorre no Estado e região Nordeste como um todo. O desempenho de um dado genótipo, sendo ele positivo ou não em função das necessidades dos melhoristas, é dado em função de um conjunto de caracteres que representam sua adaptação as diferentes situações de cultivo (FERREIRA et al., 2010).

Em termos gerais, a seleção de genótipos superiores demandam uma quantidade expressiva de experimentos e que representam custo muitas vezes limitados aos programas de melhoramento, sendo nem sempre de boa confiabilidade essa escolha (SOUZA SOBRINHO et al., 2010).

O objetivo desta pesquisa foi avaliar o desempenho de variedades de cana-de-açúcar, sobretudo de genótipos liberados por programas de melhoramento genético que compõem a RIDESA, através de características agroindustriais de relevância para o setor sucroenergético.

### **Material e Métodos**

Os experimentos foram conduzidos na região canavieira do Litoral Norte do Estado de Pernambuco (KOFFLER et al.,1986) em áreas de produção pertencentes a Usina Santa Teresa, localizada no município de Goiana (PE), com coordenadas geográficas 07°33' S e 35°00' W e altitude de 13 m, onde predominam solos de textura arenosa. Nas Tabelas 1 e 2 são apresentadas, respectivamente, as características físicas e químicas dos ambientes onde os experimentos foram conduzidos. Prevalece nesta região o tipo climático tropical chuvoso de monção com verão seco, cuja temperatura média anual é da ordem de 24,8°C (KOFFLER et al.,1986).

Foram instalados três experimentos, entre os meses de junho e julho de 2010, para colheita em três safras consecutivas (1ª, 2ª e 3ª folhas), a saber: 2011/2012, 2012/2013 e 2013/2014. Os Engenhos onde foram conduzidos os experimentos foram: Terra Rica (lote 264) Prado (lote 40) e Massaranduba (lote 08). A precipitação pluvial do ano de plantio e dos anos em que foram feitas as avaliações, estão relacionadas na Tabela 3. O maior período de estiagem na região vai de outubro a dezembro, sendo a colheita em geral entre os meses de setembro a março.

O delineamento experimental empregado foi o de blocos casualizados com quatro repetições, onde avaliou-se doze tratamentos, constituídos pelas variedades RB962962, RB002504, RB98710, RB931011, RB99395, RB951541, RB931003, RB867515, RB92579, RB863129 e SP81-3250 e um clone destaque da série 2000 do PMGCA da UFRPE. Estes genótipos estão listados com seus respectivos genitores e procedência na Tabela 4.

Cada unidade experimental foi constituída por cinco sulcos de oito metros de comprimento, com espaçamento de 1,10 metros entre sulcos para os três experimentos, totalizando uma área de 44m<sup>2</sup>, separadas por ruas de 2,0 metros de largura. Os ensaios equivalem a experimentos de competição de variedades (CV), etapa do PMGCA da UFRPE/RIDESA, para avaliação de indivíduos e recomendação de plantio e manejo. As atividades de preparo do solo, adubação, plantio e tratos culturais, foram realizadas conforme as práticas usuais da unidade produtora.

As colheitas em cana-planta, soca e ressoca nos Engenhos Massaranduba e Terra Rica, foram realizadas no mês de outubro dos anos 2011, 2012 e 2013; no Engenho Prado, nos meses de setembro (2011) e outubro (2012 e 2013). As variáveis consideradas foram: toneladas de pol por hectare (TPH), toneladas de cana por hectare (TCH), fibra (FIB), pol % corrigida (PCC), pureza (PZA), teor de sólidos solúveis (BRIX) e açúcar total recuperável (ATR). A produção por área, TCH, foi obtida efetuando-se a pesagem, em quilogramas, de todos os colmos das parcelas, transformando-se posteriormente o peso das parcelas em TCH por meio da seguinte equação: Peso total da parcela x 10 / área útil da parcela em metros quadrados. A variável TPH foi obtido por meio da expressão TCH x PCC / 100. O teor de sólidos solúveis (BRIX) foi mensurado com refratômetro em laboratório com leitura de amostra homogênea do caldo de dez colmos, retirados ao acaso de cada parcela. Os cálculos das variáveis fibra (FIB), pol % corrigida (PCC), pureza (PZA) e açúcar total recuperável (ATR), foram efetuadas segundo a metodologia proposta por Fernandes (2003).

Os procedimentos estatísticos constituíram-se da análise de variância conjunta dos três cortes (primeira, segunda e terceira folha), possibilitando analisar as significâncias da interação genótipo x corte, através do modelo estatístico apresentado por Cruz (2006):

$$Y_{ijk} = \mu + (b/c)_{jk} + g_i + c_j + gc_{ij} + \varepsilon_{ijk};$$

$Y_{ijk}$  equivale a observação no k-ésimo bloco, avaliado no i-ésimo genótipo e j-ésimo corte,  $\mu$  é a média experimento,  $(b/c)_{jk}$  é o efeito do bloco k inserido no corte j,  $g_i$  é o efeito do tratamento i,  $c_j$  é o efeito do corte j,  $gc_{ij}$  o efeito da interação genótipo x corte e  $\varepsilon_{ijk}$  é o erro aleatório associado a observação  $ijk$ .

Os efeitos das médias dos tratamentos (genótipos) constituíram-se como efeitos fixos e os efeitos do bloco, corte, interação genótipo x corte e o erro experimental, como sendo aleatórios.

Foram também estimados os seguintes parâmetros genéticos (CRUZ, 2006):

$$\text{Componente de variância genética: } \hat{\sigma}_g^2 = \frac{QMG - QMGA}{cr}$$

$$\text{Componente de variância da interação genótipo x corte: } \sigma_{gc}^2 = \frac{QMGC - QMR}{r}$$

$$\text{Herdabilidade: } h^2 = \frac{\hat{\sigma}_g^2}{(QMG / cr)}$$

$$\text{Coeficiente de variação genético: } CV_g = \frac{(100\sqrt{\hat{\sigma}_g^2})}{m}$$

$$\text{Índice b: } CV_g / CV_e = \sqrt{\frac{\hat{\sigma}_g^2}{\sigma^2}}$$

As medias foram agrupadas pelo teste de Scott & Knott (1974). Todas as análises foram executadas com o uso do programa computacional genético-estatístico GENES (CRUZ, 2006).



## Resultados e Discussão

Os dados coletados e analisados conjuntamente para os três cortes no experimento conduzido no Engenho Massaranduba, proporcionaram os resultados da análise de variância, parâmetros genéticos e os valores médios das variáveis consideradas, estando estes apresentados nas Tabelas 5, 6 e 7, respectivamente.

No que diz respeito a precisão na condução do ensaio, expressa pelos valores do coeficiente de variação experimental (CV%), conforme a Tabela 5, é possível concluir que para as características TCH e TPH, indicativas de produtividades, a exatidão nos processos inerentes ao desenvolvimento do trabalho foram boas, no que diz respeito a cultura da cana-de-açúcar, uma vez que os valores calculados são identificados como intermediários. Confiabilidade superior a estas, estão as variáveis FIB, PCC, PZA, BRIX e ATR cujos coeficientes oscilaram de 3,71% para BRIX a 5,64% para PCC, indicando que houve ótima precisão e condução experimental, visto que os indicadores são classificados como baixos.

Através da relação entre o maior quadrado médio do resíduo e o menor, conhecida como F máximo de Hartley e cujo valor deve ser inferior a sete, observa-se que houve homogeneidade entre as variâncias residuais calculadas (Tabela 5), uma vez que tais valores não foram superiores a cinco.

Por meio da Tabela 5 e analisando-se os genótipos (G) em questão, é possível afirmar a existência de variabilidade genética entre estes, uma vez que houve diferenças significativas a 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ ) para as variáveis TPH, TCH e FIB e diferenças significativas a 5% de probabilidade ( $p < 0,05$ ) para as variáveis PCC e ATR. Resultados semelhantes para as características TPH e TCH foram obtidos em estudo do desempenho agroindustrial de cultivares de cana-de-açúcar executado por TASSO JUNIOR et al.(2011), corroborando com os dados exibidos nesta pesquisa. Já as variáveis PZA e BRIX não demonstraram haver diferenças significativas entres os genótipos mensurados.

Ao avaliar a fonte de variação corte (C), onde estão rematadas as informações das colheitas do primeiro, segundo e terceiro corte do Engenho Massaranduba, vê-se a existência da ação dos fatores ambientais, já que houve diferenças significativas a 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ ) para as variáveis TPH, TCH, FIB, PCC, PZA e ATR, apresentando cada safra colhida como um ambiente em contraste aos demais. Apenas a característica BRIX manteve suas propriedades ao longo de todo experimento, por não apresentar diferença significativa entre os cortes mensurados.

Observa-se a existência de nível de significância a 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ ) para as variáveis TPH e TCH e, a nível de 5% de probabilidade ( $p < 0,05$ ), apenas para a variável PZA, na interação genótipo x corte (G X C), o que ratifica que o desempenho dos genótipos, para as características citadas, sofreram influência externa à constituição genética, sendo a variável TCH a que apresentou o maior valor. Já as variáveis FIB, PCC, BRIX e ATR não tiveram diferença significativa, o que confirma a atuação dos genótipos avaliados autônoma ao ambiente (cortes). Os resultados obtidos de nível de significância para TPH e TCH foram concordantes com os encontrados por MELO et al. (2009) e muito discordantes para as variáveis FIB, PCC e BRIX, onde o autor obteve significância a 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ ), enquanto não houve diferença significativa para PZA. O autor citado não avaliou ATR.

Ao analisar a Tabela 6, contendo os parâmetros genéticos, percebe-se que os valores percentuais obtidos dos componentes de variância genética ( $\sigma_g^2$ ) para as variáveis TPH, TCH, FIB e ATR foram superiores aos valores dos componentes de variância da interação genótipo x corte ( $\sigma_{gc}^2$ ), o que confirma mais uma vez, a superioridade da ação genética em relação ao ambiente na expressão de algumas características, sugerindo a possibilidade do uso destes genótipos neste ambiente (DUTRA FILHO et. al., 2011), sobretudo para TPH e TCH. Em contrapartida, situação oposta foi detectada para as variáveis PCC, PZA e BRIX, onde os valores dos componentes de variância da interação genótipo x corte foram superiores aos dos

componentes de variância genética, indicando uma ação maior do ambiente na demonstração destas.

Os índices calculados para o coeficiente de herdabilidade média ( $h_m^2$ ) foram elevados para as características TPH (93,09%) e TCH (94,03%), sendo intermediário as demais variáveis com exceção do BRIX, que apresentou o menor dos valores (8,77%). Os índices satisfatórios para TPH e TCH denotam a credibilidade do valor expresso pelo fenótipo como apontador dos efeitos genéticos dos genótipos para as condições ambientais (FALCONER,1987), em particular as encontradas no Engenho Massaranduba. Essas mesmas variáveis confirmaram ser também, as de maior variabilidade genética por expor elevados índices de coeficiente de variação genética ( $CV_g^2$ ), respectivamente 17,30% e 17,12%. Para BASTOS et al. (2007), que encontrou índices superiores a 10% para a característica toneladas de brix por hectare, a presença de variabilidade é ferramenta importante na determinação de variedades. Novamente a variável BRIX apresentou o menor dos índices na situação em questão.

Através do índice b ( $CV_g/CV_c$ ), adverte-se que as variáveis TPH e TCH novamente destacaram-se dentre as demais testadas, sendo consideradas as mais estáveis por apresentarem valores, para esse parâmetro genético, superiores a 1 (um).

Ao analisar a Tabela 7, com os valores do teste de agrupamento de médias de Scott & Knott, a uma condição de 5% de probabilidade ( $p < 0,05$ ), observa-se a formação de grupos superiores apenas para as variáveis TPH e TCH, que formaram três grupos. Em ambas características, os mesmos genótipos formaram o grupo superior. Para TPH, as variedades RB92579 e SP81-3250, utilizadas na pesquisa como testemunha, destacaram-se como as mais produtivas na análise conjunta das três folhas no Engenho Massaranduba, com médias de 12,91 t.ha<sup>-1</sup> e 12,62 t.ha<sup>-1</sup> respectivamente, seguidas do genótipo liberado em 2010 pela UFRPE/RIDESA RB962962 com média de 11,79 t.ha<sup>-1</sup>. O genótipo com o pior desempenho foi a variedade RB99395, com média de 6,81 t.ha<sup>-1</sup>, cuja recomendação de manejo para colheita

no início da safra (RIDESA, 2010) foi respeitada, tendo o ambiente, possivelmente, comprometido o desempenho desta. A média geral desta variável foi de 10,25 t.ha<sup>-1</sup>.

A característica TCH obteve média geral de 71,00 t.ha<sup>-1</sup>, tendo a RB92579 a maior produtividade (86,00 t.ha<sup>-1</sup>), seguida pela SP81-3250 e RB962962, ambas com a mesma média de produtividade de 85,00 t.ha<sup>-1</sup>. Além das variedades que formam o grupo superior, o desempenho dos genótipos RB931011, RB863129, RB931003, RB867515, RB002504, RB98710 e RB951541 superam o desempenho médio dos Estados do Norte/Nordeste nas safras 2011/2012 e 2012/2013 que foram de 57,49 t.ha<sup>-1</sup> e 49,52 t.ha<sup>-1</sup>, respectivamente (MAPA, 2013).

Com relação as características agroindustriais FIB, PCC, PZA BRIX e ATR, não ocorreu formação de grupos, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Scott & Knott. Destaca-se o considerável teor de fibra dos genótipos RB962962 (15,51%) e RB002504 (15,47%), podendo ter seus resíduos industriais destinados a outros fins comerciais. A riqueza do genótipo RB99395 chama atenção, obtendo-se média de 15,05% para a variável PCC e 145,520 kg/t para ATR, quando comparado com os demais.

As discussões a seguir, refletem sobre os dados da análise de variância, parâmetros genéticos e do teste de agrupamento das variáveis agroindustriais TPH, TCH, FIBRA, PCC, PUREZA, BRIX e ATR do experimento conduzido no Engenho Prado, estando expostos nas Tabelas 8, 9 e 10 respectivamente.

Para execução de ensaios estatísticos em cana-de-açúcar, a precisão experimental expressa pelo coeficiente de variação (CV%), pode ser considerada boa para as variáveis TPH (14,05%) e TCH (12,75%), uma vez que os valores calculados foram medianos. As demais variáveis tiveram valores oscilando de 3,05 % para pureza a 6,80% para fibra, indicando ótima precisão do experimento instalado no Engenho Prado. Estes índices conotam que a realização

de todas as atividades de plantio e manejo dos genótipos foram conduzidas corretamente no ambiente avaliado.

Na Tabela 8, é possível observar a existência de homogeneidade entre as variâncias residuais, calculadas pela relação entre o maior e o menor quadrado médio do resíduo, visto que os valores obtidos para as variáveis agroindustriais, não ultrapassaram o valor de 7 (sete) do F máximo de Hartley, tendo na variável TPH o valor de 6,23.

Através da Tabela 8, pode ser observada a existência de variabilidade genética entre os genótipos (G) estudados, uma vez que houve diferenças significativas, pelo teste F, a nível de 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ ), apenas para as variáveis TPH e TCH. Nenhuma das outras variáveis estudadas, para as condições encontradas no ambiente do Engenho Prado, exibiram diferenças significativas, seja a 1% ou 5% de probabilidade. Igual situação de variabilidade foi encontrada por DUTRA FILHO (2010), em estudo de desempenho e dissimilaridade genética em progênes de cana-de-açúcar no litoral Norte de Pernambuco, 1% de probabilidade para TPH e TCH e não significância para FIB, PCC, PZA, BRIX e ATR, fato este importante para a credibilidade dos dados apresentados nestes ensaios.

A fonte de variação corte (C), que agrega os dados da avaliação de três safras consecutivas, apresentou atuação significativa dos fatores ambientais, já que houve diferenças significativas a 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ ) para as variáveis TPH, TCH, FIB, PCC, PZA, BRIX e ATR. O que se pode observar é que, cada ano agrícola estudado comportou-se como um ambiente divergente dos outros.

Os resultados observados na interação genótipo x corte (G x C) mostram que o desempenho dos genótipos mensurados foram livres da influência de fatores externos ao genético, sugerindo desempenho constante, uma vez que não houve diferenças significativas para nenhuma das variáveis, excetuando-se a tonelada de cana por hectare (TCH) que se mostrou significativa a 5% de probabilidade ( $p < 0,05$ ) pelo teste F. A ausência de nível de

significância para a maioria das variáveis observadas neste Engenho em particular, também foram encontradas por LIMA NETO et al., (2013), em ensaio sobre parâmetros genéticos de clones, para as variáveis TPH, FIB e BRIX, divergindo deste trabalho quanto a TCH (não significativo), PCC, PZA e ATR (significativos a 5% de probabilidade).

A Tabela 9, que contém os parâmetros genéticos, mostra que o desempenho apresentado pelas variáveis TPH e TCH foi em função do componente de variância genética, que proporcionou valores superiores aos evidenciados pelo componente de variância da interação genótipo corte, demonstrando novamente a superioridade da genética sobre os demais fatores que podem influenciar na resposta de um genótipo expressa por seu fenótipo. Para as variáveis FIB, PCC, PZA, BRIX e ATR, tanto a variação genética ( $\sigma_g^2$ ) quanto a variação da interação ( $\sigma_{gc}^2$ ) foram nulas.

O coeficiente de herdabilidade média ( $h_m^2$ ) obtido nesta pesquisa para as variáveis TPH (75,77%) e TCH (77,19%), são considerados elevados, sugerindo o prevaletimento do elemento genético sobre o ambiental. Estas mesmas variáveis foram as únicas que expuseram alguma variabilidade genética, com valores do coeficiente de variação genética ( $CV_g^2$ ), respectivamente, de 7,17% e 6,77%, sendo também consideradas as mais estáveis através do índice b ( $CV_g/CV_c$ ), enquanto que para as demais variáveis esse índice foi nulo.

Por intermédio do teste de agrupamento de SCOTT & KNOTT (1974), a nível de 5% de probabilidade ( $p < 0,05$ ), observa-se que não há formação de grupos superiores para nenhuma das variáveis agroindustriais abordadas nesta pesquisa, ou seja, não houveram diferenças estatísticas entre nenhum dos genótipos avaliados para qualquer que seja a característica. Situação semelhante foi encontrada por SILVA (2012) para as variáveis FIB, PCC, PZA, BRIX e ATR.

Analisando a Tabela 10, é possível verificar com relação a variável TPH, destaque para os genótipos RB931011 e RB962962, que, apesar de não diferirem estatisticamente dos demais

genótipos, apresentaram melhor rendimento (11,68 t.ha<sup>-1</sup> e 11,30 t.ha<sup>-1</sup> respectivamente) do estudo para o ambiente do Engenho Prado, tendo o pior desempenho ficado a cargo do clone C1 (8,17 t.ha<sup>-1</sup>). Este panorama foi repetido ao avaliar a variável TCH, onde os genótipos de maior produção foram a RB931011 (82,00 t.ha<sup>-1</sup>) e a RB962962 (81,00 t.ha<sup>-1</sup>) e o de menor foi o clone C1 (60,00 t.ha<sup>-1</sup>).

Para a Região Nordeste e o Estado de Pernambuco, os resultados de TCH de todos os genótipos listados sobrepujam os dados coletados da safra 2012/2013 (48,90 t.ha<sup>-1</sup> e 43,50 t.ha<sup>-1</sup>, respectivamente) e as estimativas para a safra 2013/2014 (51,10 t.ha<sup>-1</sup> e 46,60 t.ha<sup>-1</sup>, respectivamente) da CONAB (2013), onde a média geral da característica foi de 74,00 t.ha<sup>-1</sup>.

O genótipo de melhor desempenho, para a variável PCC foi novamente a RB931011 (14,15%), seguida da RB99395 (14,13%), denotando a maior riqueza dentro o grupo. Os genótipos com menor riqueza foram RB951541, RB98710 e o clone C1, todos eles apresentando o mesmo desempenho (13,60%). Destaca-se também que o kg de ATR/t da média do experimento instalado no Engenho Prado (133,749 kg/t) é levemente superior ao kg de ATR/t acumulado para a safra brasileira de 2013/2014 (133,490 kg/t) (MAPA, 2013).

Para o experimento conduzido no Engenho Terra Rica, as Tabelas 11, 12 e 13 mostraram respectivamente, os dados da análise de variância, parâmetros genéticos e do teste de agrupamento de médias das variedades estudadas para avaliação das principais variáveis utilizadas pela agroindústria canavieira.

Quanto a análise conjunta, na Tabela 11, o índice F máximo de Hartley mostra que todas as variáveis relacionadas são homogêneas, uma vez que nenhuma delas apresentou valor superior a 7 no quociente entre o maior e menor quadrado médio, sendo assim possível, a realização da análise conjunta entre os dados coletados ao longo das safras 2011/2012, 2012/2013 e 2013/2014. O maior valor foi detectado apenas para a variável TCH (5,07).

Pelo teste F, a fonte de variação genótipo (G) apresentou diferenças significativas ao nível de significância de 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ ) para as variáveis TPH e TCH, além de diferenças significativas a 5% de probabilidade ( $p < 0,05$ ) para as variáveis PCC, BRIX e ATR, ratificando haver existência de variabilidade genética entre os genótipos alvo da pesquisa. As características FIB e PZA não foram significativas em nenhum nível de significância.

Esse cenário é análogo ao que foi encontrado no experimento montado no Engenho Massaranduba, no qual o TPH e o TCH foram também significativos a 1% de probabilidade, PCC e ATR apresentaram diferenças a 5% de probabilidade e PZA foi igualmente não significativo; as disparidades foram encontrada entre as variáveis FIB, significativa a 1% no experimento de Massaranduba e BRIX, que não demonstrou haver diferenças expressivas entre os genótipos calculados. SALES (2013) também identificou diferenças significativas para a variável TPH, a 1% de probabilidade, entre os tratamentos (clones e variedades) que estudou.

A confiabilidade na execução da experimentação foi assegurada através do coeficiente de variação (CV%), sendo estimado como de boa precisão para as variáveis TPH (15,27%) e TCH (12,41%), já que os valores balizados foram medianos. O valor do CV para TCH notado foi inferior ao determinado por OLIVEIRA et al., (2008), que foi de 36,02%, ao estudar genótipos de cana-de-açúcar via modelos mistos. As demais variáveis tiveram valores que variaram de 2,94 % para PZA a 6,29% para PCC, indicando ótima precisão do experimento. Segundo a classificação proposta por GOMES (1990), os coeficientes de variação oscilaram entre baixo e médio.

Para a fonte de variação corte (C), foram identificadas diferenças significativas a 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ ) nas variáveis TPH, FIB e ATR, bem como diferenças a 5% de probabilidade ( $p < 0,05$ ) para TCH, PCC e BRIX, de modo que cada um dos cortes colhidos comportou-se como um ambiente distinto. Apenas a variável PZA manteve suas características



no decorrer das avaliações, por não exibir diferença significativa entre as safras estudadas. Diferenças significativas também foram detectadas com relação a interação genótipo x corte (G x C), insinuando que comportamento dos genótipos não foi constante e que estes tiveram influência de fatores ambientais, uma vez que para as variáveis TPH e TCH, houve diferenças a 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ ) e para PCC, BRIX e ATR, a 5% de probabilidade ( $p < 0,05$ ). As diferenças não foram significativas para as variáveis FIB e PZA.

Contrastando com os resultados encontrados para os Engenhos Massaranduba e Prado vistos anteriormente, os parâmetros genéticos referentes ao Engenho Terra Rica e apresentados na Tabela 12, mostram que o comportamento fenotípico exposto pelos genótipos para as variáveis TPH e TCH se deveu em função do componente de variância da interação genótipo x corte, no qual os valores foram superiores aos confirmados pelo componente de variância genética, componente este forte indicativo de variabilidade genética desses componentes de produção. Este comportamento também foi observado para as variáveis BRIX e ATR, sendo a exceção as características FIB, PCC e PZA, onde sua expressão foi em função dos efeitos genéticos.

Os coeficientes de herdabilidade média foram elevados para TPH (80,02%) e TCH (88,15%), resultados estes que superam os encontrados por DUTRA FILHO et. al. (2012), que foi de 78% (TPH) e 83% (TCH). Para o referido autor valores elevados de herdabilidade média para estas características abonam a eficácia em se praticar a seleção com base nas médias.

Corroborando com os resultados observados nos outros Engenhos avaliados, as variáveis TPH e TCH foram as que expuseram maior variabilidade genética, através dos valores do coeficiente de variação genética ( $CV_g^2$ ). Todas as características apresentaram baixos valores do índice b ( $CV_g/CV_c$ ).

A uma condição de 5% de probabilidade ( $p < 0,05$ ) através do teste de agrupamento de medias de SCOTT & KNOTT (1974), houve a formação de grupos superiores apenas para a

variável TCH, a qual formou dois grupos, conforme observa-se na Tabela 13. Para as demais características não houve diferenças significativas entre os genótipos. Os genótipos que obtiveram rendimento mais notório para esta variável foram a RB931011 e as testemunhas RB867515 e RB863129, todas elas com 94 toneladas de cana por hectare ( $t.ha^{-1}$ ). ALBUQUERQUE (2011) encontrou resultados semelhantes e que sustentam os observados nesta pesquisa, quanto à formação de grupos para TCH, FIB, PZA, PCC, BRIX e ATR.

A exemplo do que foi constatado no Engenho Prado, a variedade RB931011 destaca-se das demais em toneladas de pol por hectare (TPH), com média de  $13,42 t.ha^{-1}$ , seguida das testemunhas RB867515 ( $13,13 t.ha^{-1}$ ), RB92579 ( $12,90 t.ha^{-1}$ ) e RB863129 ( $12,40 t.ha^{-1}$ ). O pior desempenho foi conferido ao clone C1. A RB931011 obteve também maior percentual (14,69%) de fibra (FIB), juntamente com a RB002504 (14,67%) e a RB867515 (14,66%). A variedade SP81-3250 apresentou os maiores resultados para PCC e PZA, sobressaindo-se também em ATR. Quanto a esta última variável, a média do experimento foi de  $136,606 kg/t$ , superior à média obtida por todo Norte/Nordeste de  $125,64 kg/t$  (MAPA, 2013).

### **Conclusões**

1. As variedades RB92579, SP81-3250 e RB962962 comportaram-se como as mais produtivas para o Engenho Massaranduba.
2. As variedades RB931011, RB962962 e RB951541 apresentaram as melhores performances, o que representa maior rentabilidade econômica para a situação do Engenho Prado.
3. Para o Engenho Terra Rica, as variedades RB931011 e RB867515 mostraram-se como opções ideais para produção, por apresentarem os melhores desempenhos agroindustriais em relação as demais.
4. Considerando-se que as variedades RB92579, RB867515 e SP81-3250 já vem sendo cultivadas na região, as variedades RB931011 e RB962962 podem ser consideradas como alternativas diferenciadas a serem difundidas no Litoral Norte de Pernambuco.

### **Agradecimentos**

À Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Estação Experimental de Cana-de-Açúcar do Carpina (EECAC), Rede Interuniversitária para o Desenvolvimento do Setor Sucroenergético (RIDESA) e a Usina Santa Teresa, por todo o apoio concedido e viabilização da pesquisa e ao Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa.

### **Referencial Teórico**

ALBUQUERQUE, A.P.C. **Competição de clones e variedades de cana-de-açúcar em épocas distintas de cortes na região da mata norte de Pernambuco.**2011. 95f. Dissertação (Mestrado em Melhoramento genético de plantas) – Programa de pós-graduação em Agronomia, Universidade Federal Rural de Pernambuco.

BASTOS, I. T et al. Avaliação da interação genótipo x ambiente em cana-de-açúcar via modelos mistos. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 37, n. 04, p.195-203. 2007. Disponível em: <http://www.revistas.ufg.br/index.php/pat/article/view/3077>. Acesso em: 09 jan. 2014.

CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento de Safra brasileira: cana-de-açúcar, segundo levantamento, agosto/2013.** Disponível em: [http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13\\_08\\_08\\_09\\_39\\_29\\_boletim\\_cana\\_portugues\\_-\\_abril\\_2013\\_1o\\_lev.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13_08_08_09_39_29_boletim_cana_portugues_-_abril_2013_1o_lev.pdf).

CRUZ, C.D.; CARNEIRO, P.C.S.; **Modelos Biométricos Aplicados ao Melhoramento Genético.** 2. ed. rev. – Viçosa: Ed. UFV, 2006. 585p.

CRUZ, C.D. **Programa Genes: estatística experimental e matrizes.** 1.ed. Viçosa, MG: Ed. da UFV, 2006. 285p.

DUTRA FILHO, J.A. **Avaliação da variabilidade fenotípica e genética em genótipos de cana-de-açúcar utilizando marcadores moleculares RAPD e SSR.** 2010. 154f. Dissertação (Mestrado em Melhoramento genético de plantas) – Programa de pós-graduação em Agronomia, Universidade Federal Rural de Pernambuco.

DUTRA FILHO, J.A. et al. Aplicação de técnicas multivariadas no estudo da divergência genética em cana-de-açúcar. **Ciência Agrônômica**, v. 42, n. 1, p.185-192, jan-mar, 2011.

Disponível em: <<http://www.ccarevista.ufc.br/seer/index.php/ccarevista/article/view/99>>.

Acesso em: 06 jan. 2014.

DUTRA FILHO, J.A. et al. Estimativa do ganho por seleção para produtividade em famílias de cana-de-açúcar. **Comunicata Scientiae**, Vol. 3 Issue 1, p.35-40. 2012. Disponível em:

<<http://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/3884856.pdf>>. Acesso em: 06 jan. 2014.

FALCONER, D. S. **Introdução a genética quantitativa**. Viçosa: UFV, 1987. 279 p.

FERNANDES, A. **Cálculos na agroindústria da cana-de-açúcar**. 2.ed. Piracicaba: EME, 2003. 240p.

FERREIRA, R.P. et al. Determinação do coeficiente de repetibilidade e estabilização genotípica das características agronômicas avaliadas em genótipos de alfafa no ano de estabelecimento.

**Revista Ceres**, Viçosa, v. 57, n.5, p. 642-647. 2010. Disponível em:

[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-737X2010000500012](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-737X2010000500012). Acesso em: 12 dez 2013. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0034-737X2010000500012>.

GOMES, F.P. Curso de estatística experimental. 13. Ed. Piracicaba, SP: Ed. Da USP, 1990. 467p.

KOFFLER, N.F. et al. **Caracterização edafoclimática das regiões canavieiras do Brasil: Pernambuco**. IAA/PLANALSUCAR, Piracicaba, 1986. 78p.

LIMA NETO, J.F. et al. Avaliação agroindustrial e parâmetros genéticos de clones UFRPE de cana-de-açúcar no litoral norte de Pernambuco. **Pesquisa Agropecuária Pernambucana**, Recife, v. 18, n. 1, p. 8-13, jan./jun. 2013. Disponível em: <http://pap.emnuvens.com.br/pap/article/view/pap.2013.003>. Acesso em: 06 jan.2014. doi: <http://dx.doi.org/10.12661/pap.2013.003>.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Produção Brasileira de Cana-de-açúcar, Açúcar e Etanol, julho/2013**. Disponível em: [http://www.agricultura.gov.br/arq\\_editor/file/Desenvolvimento\\_Sustentavel/Agroenergia/estatisticas/producao/JUNHO\\_2013/07\\_%20prod\\_cana\\_acucar\\_etanol\(1\).pdf](http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/Desenvolvimento_Sustentavel/Agroenergia/estatisticas/producao/JUNHO_2013/07_%20prod_cana_acucar_etanol(1).pdf).

MELO, L.J.O.T., et al. Desempenho agroindustrial de cultivares de cana-de-açúcar na zona da mata litoral sul de Pernambuco. **Ciência e Agrotecnologia** vol.33 no.3: 684-691, 2009.

OLIVEIRA, R. A. et.al. Seleção de famílias de cana-de-açúcar via modelos mistos. **Scientia Agrária**, v. 9, n. 3, p.269-274, 2008.

RIDESA. Rede Interuniversitária para Desenvolvimento do Setor Sucroalcooleiro. **Catálogo nacional de variedades “RB” de cana-de-açúcar**. Curitiba, 2010.136p

SALES, L.R. **Seleção de cultivares de cana-de-açúcar potenciais para a produção de cachaça artesanal**. 2013. 59f Dissertação (Mestrado em Produção vegetal) – Programa de pós-graduação em Agronomia/Fitotecnia, Universidade Federal de Lavras.

SCOTT, A.J.; KNOTT, M. **A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance**. Biometrics. Washington, v.30, n.3, p.507-512, Sept. 1974.

SILVA, H.C. **Avaliação e repetibilidade de caracteres agroindustriais de genótipos RB de cana-de-açúcar no litoral norte de Pernambuco**. 2012. 106 f. Dissertação (Mestrado em Melhoramento genético de plantas) – Programa de pós-graduação em Agronomia, Universidade Federal Rural de Pernambuco.

SOUZA SOBRINHO, F. et al. Repetibilidade de características agronômicas e número de cortes necessários para seleção de *Urochloa ruziziensis*. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.45, n.6, p.579-584. 2010. Disponível em:

<[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-204X2010000600007&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-204X2010000600007&script=sci_arttext).

Acesso em: 13 dez. 2013. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2010000600007>.

TASSO JUNIOR, L.C. et al. Desempenho de cultivares de cana-de-açúcar nas condições de cana-planta de ano e meio (safra 2008/2009). **Ciência & Tecnologia**, Jaboticabal, v. 2, n. 1, p. 14-26, 2011. Disponível em:<[http://www.fatecjab.edu.br/revista/2011\\_v02\\_n01/2\\_tasso\\_junior.pdf](http://www.fatecjab.edu.br/revista/2011_v02_n01/2_tasso_junior.pdf)>. Acesso em: 06 jan. 2014.

Tabela 1: Caracterização física do solo das três áreas experimentais, em duas profundidades, 0-20 e 20-40 centímetros, na Usina Santa Teresa, Goiana, Pernambuco. Recife (PE), 2014

Característica	Profundidade (cm)					
	Eng. Prado		Eng. Massaranduba		Eng. Terra Rica	
	00 - 20	20 - 40	00 - 20	20 - 40	00 - 20	20 - 40
DS <sup>(1)</sup> (g/cm <sup>3</sup> )	1,42	1,32	1,28	1,26	1,32	1,30
DP <sup>(2)</sup> (g/cm <sup>3</sup> )	2,56	2,56	2,50	2,53	2,53	2,60
PT <sup>(3)</sup> (%)	44,71	48,48	48,66	50,07	47,82	50,00
Argila natural (%)	0,90	4,82	2,90	2,90	2,97	0,97
Grau de flocculação (%)	91,94	74,76	83,08	84,79	73,29	92,58
Areia total (%)	85,8	80,1	77,1	77,1	81,7	81,1
Areia grosso (%)	58,30	54,10	48,60	45,96	54,64	53,36
Areia fina (%)	27,52	26,00	28,54	31,14	27,04	27,70
Silte (%)	3,1	0,8	5,7	3,9	7,2	5,9
Argila (%)	11,1	19,1	17,1	19,0	11,1	13,0
CC <sup>(4)</sup> (Mg/Mg)	0,0551	0,0852	0,1015	0,0937	0,1383	0,0993
PMP <sup>(5)</sup> (Mg/Mg)	0,0218	0,0246	0,0387	0,0307	0,0383	0,0452
AD <sup>(6)</sup> (Mg/Mg)	0,03	0,06	0,06	0,06	0,10	0,05

Fonte: Estação Experimental de Cana-de-açúcar do Carpina, Carpina-PE (2013)

DS<sup>(1)</sup>: Densidade do Solo; DP<sup>(2)</sup>: Densidade da Partícula; PT<sup>(3)</sup>: Porosidade Total; CC<sup>(4)</sup>: Capacidade de Campo; PMP<sup>(5)</sup>: Ponto de Murcha Permanente; AD<sup>(6)</sup>: Água Disponível.



Tabela 2: Caracterização química do solo das três áreas experimentais, em duas profundidades em duas profundidades, 0-20 e 20-40 centímetros, na Usina Santa Teresa, Goiana, Pernambuco. Recife (PE), 2014

Característica	Profundidade (cm)					
	Eng. Prado, 40		Eng. Massaranduba, 08		Eng. Terra Rica, 264	
	00 - 20	20 - 40	00 - 20	20 - 40	00 - 20	20 - 40
K (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	0,07	0,05	0,08	0,09	0,06	0,03
Na (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	0,02	0,01	0,03	0,02	0,02	0,01
Al (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ca (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	2,00	0,70	4,10	3,30	4,00	1,30
Mg (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	0,30	0,30	0,00	0,30	1,90	0,30
H (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	1,30	2,60	2,50	2,00	1,60	5,20
S.B <sup>(1)</sup> (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	2,39	1,06	4,20	3,70	5,98	1,65
CTC <sup>(2)</sup> (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	3,69	3,66	6,70	5,70	7,58	6,85
V <sup>(3)</sup> (%)	64,79	29,00	62,70	64,94	78,89	24,05
C (%)	0,62	0,54	1,22	0,89	1,70	1,42
m <sup>(4)</sup> (%)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
M.O. (%)	1,07	0,93	2,10	1,53	2,93	2,45
Fe (mg/dm <sup>3</sup> )	37,00	96,10	41,50	56,40	14,60	15,10
Cu (mg/dm <sup>3</sup> )	0,20	0,20	0,30	0,00	0,30	0,10
Zn (mg/dm <sup>3</sup> )	3,00	3,80	2,70	1,90	3,40	6,40
Mn (mg/dm <sup>3</sup> )	4,20	1,30	4,70	1,00	5,70	1,60
P (mg/dm <sup>3</sup> )	7	12	4	2	30	7
pH	6,2	5,9	6,2	6,4	7,1	5,6

Fonte: Estação Experimental de Cana-de-açúcar do Carpina, Carpina-PE (2013)

SB<sup>(1)</sup>: Soma de Bases; CTC<sup>(2)</sup>: Capacidade de Troca Catiônica; V<sup>(3)</sup>: Saturação por Bases; M<sup>(4)</sup>: Saturação por alumínio.

Tabela 3: Precipitação pluvial mensal em milímetros nos locais dos experimentos conduzidos no Litoral Norte de Pernambuco, Usina Santa Teresa, Goiana – PE, nos Engenhos Massaranduba, Prado e Terra Rica no período dos três ciclos considerados. Os meses em destaque referem-se ao do plantio em 2010 e das três colheitas realizadas. Recife (PE), 2014

Precipitação pluvial mensal (mm)												
Engenhos												
Meses	Prado, lote 40				Terra Rica, lote 264				Massaranduba, lote 08			
	2010	2011	2012	2013	2010	2011	2012	2013	2010	2011	2012	2013
JAN	-	140,00	277,50	57,00	-	149,50	324,00	36,50	-	187,50	228,50	45,00
FEV	-	58,00	121,50	22,50	-	155,00	140,00	108,00	-	264,50	175,50	70,00
MAR	-	86,00	68,00	45,50	-	144,50	61,50	84,00	-	157,00	37,50	37,50
ABR	-	266,00	10,00	201,50	-	482,50	22,00	201,00	-	562,50	44,50	273,00
MAI	-	417,00	92,50	252,00	-	338,50	144,50	261,50	-	423,00	157,00	255,00
JUN	314,00	225,50	212,00	313,00	318,50	284,50	315,50	462,00	417,00	288,00	500,00	521,00
JUL	103,50	458,00	172,50	263,50	126,00	613,00	312,50	305,00	214,50	683,00	302,00	401,00
AGO	103,00	208,50	64,50	96,00	161,00	140,00	64,00	243,00	165,50	206,50	136,50	232,00
SET	58,00	8,00	4,50	75,00	73,00	56,50	12,50	206,00	58,00	57,50	24,00	183,00
OUT	59,00	47,00	56,50	26,00	55,00	31,50	62,50	49,50	41,00	31,00	57,50	45,00
NOV	36,00	64,50	6,00	-	12,50	35,00	6,50	-	2,00	19,50	5,00	-
DEZ	51,00	39,83	22,33	-	46,83	41,00	27,17	-	33,67	36,00	28,83	-
Total	724,50	2018,33	1107,83	1352,00	792,83	2471,50	1492,66	1956,50	931,66	2916,00	1696,83	2062,50

Tabela 4: Identificação dos 12 genótipos de cana-de-açúcar plantados em 2010 nos três experimentos na Usina Santa Teresa e analisados nas safras 2011/2012, 2012/2013 e 2013/2014, com seus respectivos genitores e origem. Recife (PE), 2014

Variedade / clones	Genitores		Procedência
	Feminino	Masculino	
C1*	RB835205	?	RIDESA
RB002504	SP80-1816	?	RIDESA
RB931003	RB72454	RB835089	RIDESA
RB931011	RB83160	RB72454	RIDESA
RB951541	RB72454	SP79-1011	RIDESA
RB962962	R397	?	RIDESA
RB98710	SP81-3250	RB93509	RIDESA
RB99395	RB867515	?	RIDESA
RB863129	RB763411	?	RIDESA
RB867515	RB72454	?	RIDESA
RB92579	RB75126	RB72199	RIDESA
SP81-3250	CP70-1547	SP71-1279	COPERSUCAR

\* Clone do PMGCA/UFRPE/RIDESA da série 2000.

Tabela 5: Resumo da análise de variância conjunta calculada em experimento conduzido no Litoral Norte de Pernambuco, Usina Santa Teresa, Goiana – PE, no Engenho Massaranduba, lote 08, nas safras 2011/2012, 2012/2013 e 2013/2014. Recife (PE), 2014.

FV	GL	QM						
		TPH (t.ha <sup>-1</sup> )	TCH (t.ha <sup>-1</sup> )	FIB (%)	PCC (%)	PZA (%)	BRIX (° brix)	ATR (kg.t <sup>-1</sup> )
Genótipos (G)	11	40,56**	1871,50**	2,29**	1,51*	20,53 <sup>NS</sup>	0,62 <sup>NS</sup>	81,73*
Corte (C)	2	230,18**	9819,30**	14,26**	18,23**	185,03**	6,45 <sup>NS</sup>	971,62**
G x C	22	6,87**	309,89**	0,80 <sup>NS</sup>	1,04 <sup>NS</sup>	23,53*	0,63 <sup>NS</sup>	49,38 <sup>NS</sup>
Resíduo	99	2,80	111,82	0,69	0,66	12,23	0,57	36,67
Médias		10,25	70,75	14,80	14,47	88,17	20,35	140,53
CV %		16,33	14,95	5,60	5,64	3,96	3,71	4,31
>QMR/<QMR		2,98	1,86	1,75	1,24	2,11	4,93	1,89

\*\* e \* Significativo a 1 e 5% de probabilidade respectivamente, pelo teste F;

<sup>NS</sup>, não significativo, pelo teste F;

G x C: Interação Genótipo x Corte

Tabela 6: Parâmetros genéticos avaliados para as variáveis toneladas de cana por hectare (TCH), toneladas de açúcar por hectare (TPH), pol % corrigido (PCC), fibra (FIB), pureza (PZA), teor de sólidos solúveis (BRIX) e açúcar total recuperável (ATR), em experimento conduzido no Litoral Norte de Pernambuco, Usina Santa Teresa, Goiana – PE, no Engenho Massaranduba, lote 08, nas safras 2011/2012, 2012/2013 e 2013/2014. Recife (PE), 2014.

Parâmetros	Variáveis						
	TPH	TCH	FIB	PCC	PZA	BRIX	ATR
$\sigma_g^2$	3,15	146,64	0,13	0,07	0,69	0,00	3,76
$\sigma_{gc}^2$	1,02	49,52	0,03	0,09	2,83	0,02	3,18
$h_m^2$	93,09	94,03	70,03	55,78	40,45	8,77	55,13
$CV_g^2$	17,30	17,12	2,47	1,83	0,94	0,33	1,38
$CV_g/CV_c$	1,06	1,15	0,44	0,32	0,24	0,09	0,32
$\sigma_g^2$ :	Componente de variância genética						
$\sigma_{gc}^2$ :	Componente de variância da interação genótipo corte						
$h_m^2$ :	Coeficiente de determinação genotípico médio						
$CV_g^2$ :	Coeficiente de variação genético						
$CV_g/CV_c$ :	Índice b						

Tabela 7: Valores médios dos caracteres toneladas de pol por hectare (TPH), toneladas de cana por hectare (TCH), fibra (FIB), pol % corrigida (PCC), pureza (PZA), teor de sólidos solúveis (BRIX) e açúcares totais recuperáveis (ATR), calculados a partir dos dados de cultivos de primeira, segunda e terceira folha, em experimento conduzido no Litoral Norte de Pernambuco, Usina Santa Teresa, Goiana – PE, no Engenho Massaranduba, lote 08, nas safras 2011/2012, 2012/2013 e 2013/2014. Recife (PE), 2014.

Genótipos	Caracteres						
	TPH	TCH	FIBRA	PCC	PUREZA	BRIX	ATR
RB92579	12,91 a	86 a	14,53 a	15,01 a	90,36 a	20,52 a	143,993 a
SP81-3250	12,62 a	85 a	14,48 a	14,81 a	88,93 a	20,52 a	143,123 a
RB962962	11,79 a	85 a	15,51 a	13,82 a	85,69 a	20,26 a	136,264 a
RB931011	11,06 b	76 b	14,94 a	14,45 a	88,36 a	20,35 a	140,192 a
RB863129	10,64 b	73 b	14,44 a	14,53 a	89,85 a	19,93 a	139,843 a
RB931003	10,44 b	72 b	14,78 a	14,54 a	87,87 a	20,52 a	141,422 a
RB867515	10,38 b	73 b	14,85 a	14,32 a	88,61 a	20,04 a	138,800 a
RB002504	10,09 b	70 b	15,47 a	14,41 a	88,27 a	20,49 a	139,813 a
RB98710	9,81 b	68 b	14,73 a	14,30 a	87,44 a	20,25 a	139,505 a
RB951541	9,03 c	62 c	14,89 a	14,30 a	86,75 a	20,46 a	139,993 a
C1*	7,47 c	54 c	15,01 a	14,11 a	87,07 a	20,16 a	137,907 a
RB99395	6,81 c	45 c	13,92 a	15,05 a	88,79 a	20,70 a	145,520 a
Média	10,25	71	14,80	14,47	88,17	20,35	140,531

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, pertencem ao mesmo grupo estatístico, ao nível de 5 % de probabilidade, pelo teste de agrupamento de Scott e Knott.

\*\* Clone do PMGCA/UFRPE/RIDESA da série 2000.

Tabela 8: Resumo da análise de variância conjunta calculada em experimentos conduzidos no Litoral Norte de Pernambuco, Usina Santa Teresa, Goiana – PE, no Engenho Prado, lote 40, nas safras 2011/2012, 2012/2013 e 2013/2014. Recife (PE), 2014.

FV	GL	QM						
		TPH (t.ha <sup>-1</sup> )	TCH (t.ha <sup>-1</sup> )	FIB (%)	PCC (%)	PZA (%)	BRIX (° brix)	ATR (kg.t <sup>-1</sup> )
Genótipos (G)	11	8,68**	390,66**	0,27 <sup>NS</sup>	0,42 <sup>NS</sup>	4,90 <sup>NS</sup>	0,90 <sup>NS</sup>	35,23 <sup>NS</sup>
Corte (C)	2	560,08**	2007,27**	29,90**	52,12**	125,79**	51,42**	3662,56**
G x C	22	2,99 <sup>NS</sup>	148,62*	0,97 <sup>NS</sup>	0,22 <sup>NS</sup>	5,83 <sup>NS</sup>	0,55 <sup>NS</sup>	19,53 <sup>NS</sup>
Resíduo	99	2,10	89,07	0,99	0,69	7,31	1,00	53,43
Médias		10,32	74,02	14,65	13,79	88,73	19,21	133,74
CV %		14,05	12,75	6,80	6,03	3,05	5,22	5,46
>QMR/<QMR		6,23	4,33	3,58	1,21	1,18	1,22	1,16

\*\* e \* Significativo a 1 e 5% de probabilidade respectivamente, pelo teste F;

<sup>NS</sup>, não significativo, pelo teste F;

G x C: Interação Genótipo x Corte

Tabela 9: Parâmetros genéticos avaliados para as variáveis toneladas de cana por hectare (TCH), toneladas de açúcar por hectare (TPH), pol % corrigido (PCC), fibra (FIB), pureza (PZA), teor de sólidos solúveis (BRIX) e açúcar total recuperável (ATR), em experimento conduzido no Litoral Norte de Pernambuco, Usina Santa Teresa, Goiana – PE, no Engenho Prado, lote 40, nas safras 2011/2012, 2012/2013 e 2013/2014. Recife (PE), 2014.

Parâmetros	Variáveis						
	TPH	TCH	FIB	PCC	PZA	BRIX	ATR
$\sigma_g^2$	0,55	25,13	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
$\sigma_{gc}^2$	0,22	14,88	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
$h_m^2$	75,77	77,19	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
$CV_g^2$	7,17	6,77	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
$CV_g/CV_c$	0,51	0,53	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
$\sigma_g^2$ :	Componente de variância genética						
$\sigma_{gc}^2$ :	Componente de variância da interação genótipo corte						
$h_m^2$ :	Coeficiente de determinação genotípico médio						
$CV_g^2$ :	Coeficiente de variação genético						
$CV_g/CV_c$ :	Índice b						



Tabela 10: Valores médios dos caracteres toneladas de pol por hectare (TPH), toneladas de cana por hectare (TCH), fibra (FIB), pol % corrigida (PCC), pureza (PZA), teor de sólidos solúveis (BRIX) e açúcares totais recuperáveis (ATR), calculados a partir dos dados de cultivos de primeira, segunda e terceira folha, em experimento conduzido no Litoral Norte de Pernambuco, Usina Santa Teresa, Goiana – PE, no Engenho Prado, lote 40, nas safras 2011/2012, 2012/2013 e 2013/2014. Recife (PE), 2014.

Genótipos	Caracteres						
	TPH	TCH	FIBRA	PC	PUREZA	BRIX	ATR
RB931011	11,68 a	82 a	14,61 a	14,15 a	88,95 a	19,64 a	136,918 a
RB962962	11,30 a	81 a	14,65 a	13,63 a	87,72 a	19,21 a	132,983 a
RB951541	10,73 a	78 a	14,51 a	13,60 a	89,17 a	18,83 a	131,642 a
RB99395	10,65 a	74 a	14,86 a	14,13 a	88,56 a	19,80 a	137,058 a
RB863129	10,47 a	75 a	14,81 a	13,82 a	89,08 a	19,24 a	133,773 a
RB98710	10,42 a	76 a	14,47 a	13,60 a	87,67 a	19,13 a	132,751 a
RB931003	10,38 a	74 a	14,65 a	13,86 a	88,42 a	19,38 a	134,607 a
RB002504	10,25 a	74 a	14,86 a	13,80 a	89,80 a	19,08 a	133,001 a
RB92579	10,11 a	73 a	14,48 a	13,79 a	88,40 a	19,23 a	134,037 a
RB867515	9,96 a	72 a	14,73 a	13,78 a	89,45 a	19,06 a	133,023 a
SP81-3250	9,65 a	69 a	14,47 a	13,75 a	88,99 a	19,04 a	133,204 a
C1*	8,27 a	60 a	14,78 a	13,60 a	88,65 a	19,00 a	131,994 a
Média	10,32	74	14,66	13,79	88,74	19,22	133,749

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, pertencem ao mesmo grupo estatístico, ao nível de 5 % de probabilidade, pelo teste de grupamento de Scott e Knott.

\* Clone do PMGCA/UFRPE/RIDESA da série 2000.

Tabela 11: Resumo da análise de variância conjunta calculada em experimentos conduzidos no Litoral Norte de Pernambuco, Usina Santa Teresa, Goiana – PE, no Engenho Terra Rica, lote 264, nas safras 2011/2012, 2012/2013 e 2013/2014. Recife (PE), 2014.

FV	GL	QM						
		TPH (t.ha <sup>-1</sup> )	TCH (t.ha <sup>-1</sup> )	FIB (%)	PCC (%)	PZA (%)	BRIX (° brix)	ATR (kg.t <sup>-1</sup> )
Genótipos (G)	11	16,08**	916,49**	1,04 <sup>NS</sup>	1,19*	8,48 <sup>NS</sup>	1,64*	81,92*
Corte (C)	2	13,67**	584,06*	19,98**	13,82*	2,48 <sup>NS</sup>	11,97*	1160,69**
G x C	22	12,30**	624,16**	0,67 <sup>NS</sup>	0,87*	5,69 <sup>NS</sup>	1,24*	65,72*
Resíduo	99	3,21	108,59	0,79	0,77	6,59	0,75	51,31
Médias		11,73	83,97	14,80	13,99	87,36	19,67	136,60
CV %		15,27	12,41	5,60	6,29	2,94	4,41	5,24
>QMR/<QMR		2,57	5,07	2,43	1,16	1,98	1,75	1,25

\*\* e \* Significativo a 1 e 5% de probabilidade respectivamente, pelo teste F;

<sup>NS</sup>, não significativo, pelo teste F;

G x C: Interação Genótipo x Corte

Tabela 12: Parâmetros genéticos avaliados para as variáveis toneladas de cana por hectare (TCH), toneladas de açúcar por hectare (TPH), pol % corrigido (PCC), fibra (FIB), pureza (PZA), teor de sólidos solúveis (BRIX) e açúcar total recuperável (ATR), em experimento conduzido no Litoral Norte de Pernambuco, Usina Santa Teresa, Goiana – PE, no Engenho Terra Rica, lote 264, nas safras 2011/2012, 2012/2013 e 2013/2014. Recife (PE), 2014.

Parâmetros	Variáveis						
	TPH	TCH	FIB	PCC	PZA	BRIX	ATR
$\sigma_g^2$	1,07	67,32	0,02	0,03	0,15	0,07	2,55
$\sigma_{gc}^2$	2,27	128,89	0,0	0,02	0,0	0,12	3,60
$h_m^2$	80,02	88,15	24,46	35,01	22,22	54,07	37,35
$CV_g^2$	8,82	9,77	1,02	1,33	0,45	1,38	1,16
$CV_g/CV_c$	0,57	0,78	0,16	0,21	0,15	0,31	0,22
$\sigma_g^2$ :	Componente de variância genética						
$\sigma_{gc}^2$ :	Componente de variância da interação genótipo corte						
$h_m^2$ :	Coeficiente de determinação genotípico médio						
$CV_g^2$ :	Coeficiente de variação genético						
$CV_g/CV_c$ :	Índice b						

Tabela 13: Valores médios dos caracteres toneladas de pol por hectare (TPH), toneladas de cana por hectare (TCH), fibra (FIB), pol % corrigida (PCC), pureza (PZA), teor de sólidos solúveis (BRIX) e açúcares totais recuperáveis (ATR), calculados a partir dos dados de cultivos de primeira, segunda e terceira folha, em experimento conduzido no Litoral Norte de Pernambuco, Usina Santa Teresa, Goiana – PE, no Engenho Terra Rica, lote 264, nas safras 2011/2012, 2012/2013 e 2013/2014. Recife (PE), 2014.

GENÓTIPOS	Caracteres						
	TPH	TCH	FIBRA	PC	PUREZA	BRIX	ATR
RB931011	13,42 a	94 a	14,69 a	14,19 a	88,39 a	19,86 a	137,773 a
RB867515	13,13 a	94 a	14,66 a	13,99 a	87,76 a	19,69 a	136,302 a
RB92579	12,90 a	91 a	14,37 a	14,18 a	86,75 a	20,09 a	138,886 a
RB863129	12,40 a	94 a	14,49 a	13,15 a	85,80 a	18,87 a	129,976 a
RB951541	12,23 a	86 a	13,88 a	14,15 a	86,97 a	19,86 a	138,559 a
RB962962	12,04 a	89 a	14,09 a	13,61 a	87,67 a	19,00 a	132,900 a
RB98710	11,72 a	83 a	13,87 a	14,04 a	87,47 a	19,57 a	137,095 a
RB99395	11,41 a	81 b	14,25 a	14,01 a	87,23 a	19,70 a	136,962 a
RB931003	10,92 a	77 b	14,07 a	14,07 a	87,17 a	19,75 a	137,569 a
RB002504	10,68 a	77 b	14,67 a	13,96 a	86,94 a	19,87 a	136,720 a
SP81-3250*	10,09 a	71 b	14,38 a	14,33 a	89,15 a	19,80 a	138,527 a
C1*	9,93 a	70 b	14,49 a	14,11 a	87,14 a	19,97 a	137,998 a
Média	11,74	84	14,33	13,98	87,37	19,67	136,606

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, pertencem ao mesmo grupo estatístico, ao nível de 5 % de probabilidade, pelo teste de grupamento de Scott e Knott.

\* Clone do PMGCA/UFRPE/RIDESDA da série 2000.

### **CAPÍTULO III**

---

#### **ESTIMATIVA DE REPETIBILIDADE EM CANA-DE-AÇÚCAR NA REGIÃO**

#### **LITORAL NORTE DE PERNAMBUCO**

## **Estimativa de repetibilidade em cana-de-açúcar na região litoral norte do Estado de Pernambuco**

### **Resumo**

O presente estudo teve por objetivo avaliar alguns genótipos comerciais, desenvolvidos por programas de melhoramento genético da cana-de-açúcar da RIDESA, a fim de obter as estimativas do coeficiente de repetibilidade ( $r$ ) e o coeficiente de determinação ou grau de previsibilidade de cada caráter ( $R^2$ ), identificando a continuidade do desempenho agroindustrial destes. Para isto, foram instalados, no ano de 2010, três experimentos em ambientes de cultivo da Usina Santa Teresa, localizada no município de Goiana, Litoral Norte de Pernambuco, e avaliados ao longo de três safras. Doze genótipos foram mensurados em delineamento experimental de blocos casualizados com quatro repetições. O estudo da repetibilidade do desempenho foi realizado com base nas medidas das variáveis toneladas de pol por hectare (TPH), toneladas de cana por hectare (TCH), fibra (FIB), pol % corrigida (PCC), pureza (PZA), teor de sólidos solúveis (BRIX) e açúcar total recuperável (ATR) ao longo das safras. Para efeito comparativo, as estimativas da repetibilidade dos dados coletados foram obtidas por meio de análise estatística pelos métodos da análise de variância, dos componentes principais e pelo método da análise estrutural. As estimativas de repetibilidade do Engenho Terra Rica foram as menores de todo o estudo, com confiabilidade média inferior a 50%. O método dos componentes principais de covariância foi o mais eficiente na estimação da repetibilidade para TCH e TPH no Engenho Prado, com exatidão superior a 85%, sendo necessários em média 6 cortes para tanto. O método dos componentes principais de correlação mostra-se como mais eficiente no ensaio do Engenho Massaranduba, onde 8 mensurações no máximo são necessárias na determinação do valor real das características.

**Palavras-chave:** Cana-de-açúcar. Repetibilidade. Desempenho agrícola

## **Repeatability estimate on sugarcane for region north coast of Pernambuco state**

### **Abstract**

The present study aimed to evaluate some genotypes recently released for commercial use in region north coast of Pernambuco state, Northeast region, Brazil, developed by RIDESA breeding programs of sugarcane, to obtain estimates of the coefficient of repeatability ( $r$ ), the coefficient of determination or degree of predictability of each character ( $R^2$ ), identifying the continuity of industrial and agronomic performance of these genotypes. For this, were installed in 2010, three experiments in environments belonging to plant in Santa Teresa agroindustrial plant sugarcane, Goiana, north coast of state of the Pernambuco, and evaluated over three seasons. Twelve genotypes were measured in a randomized block design with four replications and the study of the repeatability of the performance was based on measurements of variables tons pol per hectare (TPH), tons of cane per hectare (TCH), fiber (FIB), pol% corrected (PCC), purity (PZA), content soluble solids (BRIX), and total recoverable sugar (TRS) of the long seasons. For comparative purposes, estimates of the repeatability of the data collected were obtained by means of statistical methods for the analysis of variance, the main components and the structural analysis method. Repeatability estimates of Terra Rica farm were the lowest of the entire study, with lower average reliability of 50%. The method of principal components of covariance was the most efficient in the estimation of repeatability for TCH and TPH in Prado farm, with over 85% accuracy, 6 cuts to both being required on average. The method of principal components correlation shows up as the most efficient tests of Massaranduba farm where maximum 8 measurements are necessary to determine the characteristics of real value.

**Keywords:** Sugarcane. Repeatability. Agricultural performance

## **Introdução**

A crescente ocupação da zona da mata pernambucana pelo setor industrial e imobiliário tem levado a redução das áreas de cultivo da cana-de-açúcar, bem como a escassez crescente de mão de obra. Conforme dados de estimativas da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), derivados do terceiro levantamento do acompanhamento da safra Brasileira, para o ano agrícola de 2013/2014, verifica-se que o Estado de Pernambuco apresenta uma redução da área destinada ao cultivo de cana-de-açúcar de 312.090 hectares da safra 2012/2013 para 286.030 hectares na safra 2013/2014, o que representa uma variação negativa de 8,35%.

Nesse quadro tem aumentado a necessidade no investimento em novas formas de alargar os rendimentos agrícolas dos canaviais, fazendo frente a essa redução territorial, sem que ocorra a penalização da produção. Deste modo é possível observar a funcionalidade e empregabilidade dos trabalhos desenvolvidos pelo melhoramento genético da cana-de-açúcar.

Ao longo de toda a metodologia que envolve as etapas de seleção e experimentação de um programa de melhoramento para a obtenção de novos indivíduos, observa-se a necessidade de que se tenha confiança no desempenho genético dos indivíduos estudados (MARTUSCELLO et al, 2007). Cruz e Regazzi (1994) afirmam que a veracidade desta expectativa poderá ser comprovada pelo coeficiente de repetibilidade ( $r$ ) da característica estudada e que é possível estimar este coeficiente quando a medição de um caráter é feita repetidas vezes num mesmo indivíduo. Segundo Danner et al (2010) a repetibilidade pode ser conceituado como um conjunto de avaliações feitas num mesmo indivíduo ou grupo de indivíduos, tomadas sob condições divergentes no tempo e no espaço.

Nos trabalhos de melhoramento, a escassez de recursos é muitas vezes um entrave na obtenção de novas formas cultivadas, de modo que a busca pelo pesquisador em diferenciar os genótipos deve ser cautelosa a fim de evitar erros de julgamento pelo excesso ou escassez do número de mensurações (CARDOSO, 2006). Tais erros podem ser evitados se o pesquisador



tiver em mãos dados de campo sobre o coeficiente de repetibilidade, já que este coeficiente possibilita determinar a quantidade de vezes que o profissional precisa repetir as observações fenotípicas para cada genótipo (CRUZ E REGAZZI, 1994). Cargnelutti Filho et al. (2009) afirmam que a quantidade de mensurações sobre uma ou mais variáveis está relacionada com a variabilidade existente entre as repetições de um mesmo tratamento, isto porque quanto maior for a variabilidade, maior também será o coeficiente de variação (CV) e menor a exatidão do experimento, o que levará a necessidade de um número maior de avaliações.

Para Della Bruna et al. (2012) a informação obtida com a repetibilidade proporciona uma ferramenta embasada na estatística e que vem para auxiliar o melhorista na condução de suas avaliações, otimizando a utilização de seus recursos na resolução da superioridade dos genótipos avaliados e que esta seja feita com confiança, permitindo até mesmo a redução do tempo para liberação de uma variedade. Uma determinada quantidade de avaliações pode proporcionar confiabilidade na predição do valor real de um indivíduo caso os valores da repetibilidade forem altos (VIANA et al., 2009).

São diversas as metodologias possíveis de serem empregadas na estimação da repetibilidade (OLIVEIRA et al., 2011). O método da análise de variância foi apresentado por Cruz e Regazzi (1994); há o método dos componentes principais introduzido por Abeywardena (1972), e há ainda o método da análise estrutural, tendo este sido recomendado por Mansour, Nordhein e Rutledge (1981), sendo o mesmo divergente do anterior apenas conceitualmente. O coeficiente de repetibilidade têm sido obtido também em outras culturas, tais como: laranjeiras-doce (Negreiros et al., 2008) guaraná (Nascimento Filho et al., 2009), maracujá (Santos et al., 2010), alfafa (Ferreira et al., 2010), Soja (Cargnelutti Filho e Gonçalves, 2011), e capim-elefante (Cavalcante et al., 2012).

Para cana-de-açúcar, Santos et al (2004) obtiveram por meio dos métodos dos componentes principais e análise de variância, uma previsibilidade maior que 80%, em cinco

cortes, para fibra, pol % corrigida, TCH e TPH. Os mesmos detectaram ser a primeira metodologia a mais competente. Já Ferreira et al., (2005) verificaram que as estimativas de repetibilidade para os parâmetros TCH, TPH e pol% corrigida, utilizando-se das três metodologias, foi maior que 0,60, o que comprova uma continuidade de performance dos indivíduos nas safras avaliadas, e que a adoção de três cortes são válidas para a seleção, com bases nesses caracteres, com uma previsibilidade superior a 80% para as condições da região do estudo. O uso da repetibilidade como instrumento para determinar o número de medições em cana-de-açúcar é justificado para Cargnelutti Filho et al. (2012), uma vez que se trata de uma cultura que pode ser colhida diversas vezes, havendo a possibilidade dos resultados experimentais sofrerem efeitos distintos.

Este trabalho procurou determinar as estimativas dos coeficientes de repetibilidade por todos os métodos além do coeficiente de determinação, para as variáveis agroindustriais de maior relevância para a indústria canavieira.

## **Material e Métodos**

Neste trabalho foram instalados e conduzidos três experimentos na Usina Santa Teresa, localizada no município de Goiana, Estado de Pernambuco, a 60 quilômetros da capital Recife, entre os meses de junho e julho de 2010, período este inserido na época do plantio de inverno da cana-de-açúcar no Estado, em área agrícola da usina que tem como coordenadas geográficas 07°33' S e 35°00' W e altitude de 13 metros.

As características agroindustriais estudadas foram: toneladas de pol por hectare (TPH), toneladas de cana por hectare (TCH), fibra (FIB), pol % corrigida (PCC), pureza (PZA), teor de sólidos solúveis (BRIX) e açúcar total recuperável (ATR).

As avaliações foram executados ao longo de três safras consecutivas: 2011/2012, 2012/2013 e 2013/2014. Os Engenhos que abrangeram os experimentos foram Terra Rica (lote

264), Prado (lote 40) e Massaranduba (lote 08), que encontram-se relacionados e caracterizados na Tabela 1, quanto a topografia, classe de solos e classe textural.

Tabela 1: Características de relevo e classe textural e de solo dos três Engenhos onde foram conduzidos os experimentos nas safras 2011/2012, 2012/2013 e 2013/2014 na Usina Santa Teresa. Recife (PE), 2014

Engenho	Topografia	Classe de solo	Classe textural (°)
Terra Rica, 264	Tabuleiro	Argissolo	Franco arenoso
Prado, 40	Chã	Argissolo	Areia franca
Massaranduba, 08	Encosta	Luvissolo	Franco

A precipitação pluvial mensal dos ciclos de cana-planta, soca e ressoca nos Engenhos onde foram conduzidos os experimentos encontram-se na Tabela 2, sendo o período de colheita em geral de setembro a março e o período de maior estiagem entre os meses de outubro a dezembro. Neste trabalho o primeiro ciclo do Engenho Terra Rica obteve um acumulado de 3188,33 mm, o segundo ciclo foi de 1535,00 mm e o terceiro de 1990,17mm. No engenho Prado, a cana-planta contou com um acumulado de 2638,50 mm, a cana-soca de 1183,83 mm e a cana-ressoca de 1380,33 mm. Para o Engenho Massaranduba a precipitação pluvial foi de 3792,12 mm no primeiro, 1718,50 mm no segundo e 2096,33 mm para o terceiro e último ciclo de experimentação. Estes quantitativos foram obtidos somando os dados numéricos encontrados na Tabela 2.

Tabela 2: Precipitação pluvial mensal em milímetros nos locais dos experimentos conduzidos no Litoral Norte de Pernambuco, Usina Santa Teresa, Goiana – PE, nos Engenhos Massaranduba, Prado e Terra Rica no período dos três ciclos considerados. Os meses em destaque referem-se ao do plantio em 2010 e das três colheitas realizadas. Recife (PE), 2014

Precipitação pluvial mensal (mm)												
Engenhos												
Meses	Prado, lote 40				Terra Rica, lote 264				Massaranduba, lote 08			
	2010	2011	2012	2013	2010	2011	2012	2013	2010	2011	2012	2013
JAN	-	140,00	277,50	57,00	-	149,50	324,00	36,50	-	187,50	228,50	45,00
FEV	-	58,00	121,50	22,50	-	155,00	140,00	108,00	-	264,50	175,50	70,00
MAR	-	86,00	68,00	45,50	-	144,50	61,50	84,00	-	157,00	37,50	37,50
ABR	-	266,00	10,00	201,50	-	482,50	22,00	201,00	-	562,50	44,50	273,00
MAI	-	417,00	92,50	252,00	-	338,50	144,50	261,50	-	423,00	157,00	255,00
JUN	314,00	225,50	212,00	313,00	318,50	284,50	315,50	462,00	417,00	288,00	500,00	521,00
JUL	103,50	458,00	172,50	263,50	126,00	613,00	312,50	305,00	214,50	683,00	302,00	401,00
AGO	103,00	208,50	64,50	96,00	161,00	140,00	64,00	243,00	165,50	206,50	136,50	232,00
SET	58,00	8,00	4,50	75,00	73,00	56,50	12,50	206,00	58,00	57,50	24,00	183,00
OUT	59,00	47,00	56,50	26,00	55,00	31,50	62,50	49,50	41,00	31,00	57,50	45,00
NOV	36,00	64,50	6,00	-	12,50	35,00	6,50	-	2,00	19,50	5,00	-
DEZ	51,00	39,83	22,33	-	46,83	41,00	27,17	-	33,67	36,00	28,83	-
Total	724,50	2018,33	1107,83	1352,00	792,83	2471,50	1492,66	1956,50	931,66	2916,00	1696,83	2062,50

Foi realizada amostragem de solo para a caracterização física e química nas áreas dos experimentos (Tabela 3), em duas profundidades (0-20, 20-40 centímetros) objetivando-se determinar a composição dos mesmos em cada local de condução dos ensaios.

Tabela 3: Caracterização química e física do solo das três áreas experimentais, em duas profundidades, Usina Santa Teresa, Goiana, PE. Recife (PE), 2014

Característica	Profundidade (cm)					
	Eng. Prado		Eng. Massaranduba		Eng. Terra Rica	
	00 - 20	20 - 40	00 - 20	20 - 40	00 - 20	20 - 40
Na (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	0,02	0,01	0,03	0,02	0,02	0,01
Al (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ca (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	2,00	0,70	4,10	3,30	4,00	1,30
Mg (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	0,30	0,30	0,00	0,30	1,90	0,30
H (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	1,30	2,60	2,50	2,00	1,60	5,20
S.B <sup>(1)</sup> (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	2,39	1,06	4,20	3,70	5,98	1,65
CTC <sup>(2)</sup> (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	3,69	3,66	6,70	5,70	7,58	6,85
V <sup>(3)</sup> (%)	64,79	29,00	62,70	64,94	78,89	24,05
C (%)	0,62	0,54	1,22	0,89	1,70	1,42
m <sup>(4)</sup> (%)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
M.O. (%)	1,07	0,93	2,10	1,53	2,93	2,45
Fe (mg/dm <sup>3</sup> )	37,00	96,10	41,50	56,40	14,60	15,10
Cu (mg/dm <sup>3</sup> )	0,20	0,20	0,30	0,00	0,30	0,10
Zn (mg/dm <sup>3</sup> )	3,00	3,80	2,70	1,90	3,40	6,40
Mn (mg/dm <sup>3</sup> )	4,20	1,30	4,70	1,00	5,70	1,60
P (mg/dm <sup>3</sup> )	7	12	4	2	30	7
pH	6,2	5,9	6,2	6,4	7,1	5,6
DS <sup>(5)</sup> (g/cm <sup>3</sup> )	1,42	1,32	1,28	1,26	1,32	1,30
DP <sup>(6)</sup> (g/cm <sup>3</sup> )	2,56	2,56	2,50	2,53	2,53	2,60
PT <sup>(7)</sup> (%)	44,71	48,48	48,66	50,07	47,82	50,00
Argila natural (%)	0,90	4,82	2,90	2,90	2,97	0,97
Grau de flocculação (%)	91,94	74,76	83,08	84,79	73,29	92,58
Areia total (%)	85,8	80,1	77,1	77,1	81,7	81,1
Silte (%)	3,1	0,8	5,7	3,9	7,2	5,9
Argila (%)	11,1	19,1	17,1	19,0	11,1	13,0
CC <sup>(8)</sup> (Mg/Mg)	0,0551	0,0852	0,1015	0,0937	0,1383	0,0993
PMP <sup>(9)</sup> (Mg/Mg)	0,0218	0,0246	0,0387	0,0307	0,0383	0,0452
AD <sup>(10)</sup> (Mg/Mg)	0,03	0,06	0,06	0,06	0,10	0,05

SB<sup>(1)</sup>: Soma de Bases; CTC<sup>(2)</sup>: Capacidade de Troca Catiônica; V<sup>(3)</sup>: Saturação por Bases; M<sup>(4)</sup>: Saturação por alumínio. DS<sup>(5)</sup>: Densidade do Solo; DP<sup>(6)</sup>: Densidade da Partícula; PT<sup>(7)</sup>: Porosidade Total; CC<sup>(8)</sup>: Capacidade de Campo; PMP<sup>(9)</sup>: Ponto de Murcha Permanente; AD<sup>(10)</sup>: Água Disponível.

Os genótipos de cana-de-açúcar foram avaliados em delineamento experimental de blocos casualizados, com quatro repetições e doze tratamentos, e cada parcela foi constituída de 5 sulcos de 8 metros de comprimento e 1,10 metro entre sulcos, o que corresponde uma unidade experimental com área de 44m<sup>2</sup>. Os genótipos estudados que constituíram os tratamentos em número de doze foram: RB962962, RB002504, RB931003, RB931011, RB951541, RB98710, RB99395, RB867515, RB92579, RB863129 e SP81-3250 e um clone da série 2000 (C1) do PMGCA da UFRPE. Todo esse material foi adquirido junto ao PMGCA/EECAC/UFRPE e encontram-se listados com seus respectivos genitores e procedência na Tabela 4. A densidade de plantio foi cerca de 18 a 20 gemas por metro linear de sulco.

Tabela 4: Identificação dos 12 genótipos de cana-de-açúcar plantados em 2010 em três experimentos na Usina Santa Teresa e colhidos nas safras 2011/2012, 2012/2013 e 2013/2014, com seus respectivos genitores e procedência. Recife (PE), 2014

Variedade / clones	Genitores		Procedência
	Feminino	Masculino	
C1*	RB835205	?	RIDESA
RB002504	SP80-1816	?	RIDESA
RB931003	RB72454	RB835089	RIDESA
RB931011	RB83160	RB72454	RIDESA
RB951541	RB72454	SP79-1011	RIDESA
RB962962	R397	?	RIDESA
RB98710	SP81-3250	RB93509	RIDESA
RB99395	RB867515	?	RIDESA
RB863129	RB763411	?	RIDESA
RB867515	RB72454	?	RIDESA
RB92579	RB75126	RB72199	RIDESA
SP81-3250	CP70-1547	SP71-1279	COPERSUCAR

\* Clone do PMGCA/UFRPE/RIDESA da série 2000.

O coeficiente de repetibilidade ( $r$ ) foi calculado pelos três métodos expostos por Cruz e Regazzi (2001), utilizando para tanto a média das quatro repetições de cada corte para todas as características agroindustriais, avaliando-se também cada metodologia: método da análise de

variância (ANAVA), método dos componentes principais (CP), introduzido por Abeywardena (1972) e o método da análise estrutural (AE).

Para o método da análise de variância (ANAVA), foi utilizado o modelo com dois fatores de variação, de modo a tornar mais preciso o cálculo do coeficiente de repetibilidade em função da extração dos efeitos de ambiente temporário:

$$Y_{ij} = \mu + g_i + a_j + \varepsilon_{ij}$$

$Y_{ij}$  corresponde à observação referente ao  $i$ -ésimo genótipo no  $j$ -ésimo ambiente (tempo ou espaço),  $\mu$  é a média geral,  $g_i$  o efeito aleatório do  $i$ -ésimo genótipo sob influência do ambiente permanente ( $i=1,2,3,4,\dots,p$ ),  $a_j$  é o efeito fixo do ambiente temporário na  $j$ -ésima medição ( $j=1,2,3,\dots,\eta$ ) e  $\varepsilon_{ij}$  equivale ao erro experimental estabelecido pelos efeitos temporários do ambiente na  $j$ -ésima medição do  $i$ -ésimo genótipo.

Por este modelo, o coeficiente de repetibilidade é avaliado por:

$$r = \frac{\hat{\sigma}_g^2}{\hat{\sigma}^2 + \hat{\sigma}_g^2}$$

Onde  $r$  é o coeficiente de repetibilidade,  $\hat{\sigma}_g^2$  é a variância correspondente aos efeitos de genótipo e ambiente e  $\hat{\sigma}^2$  é a variância residual. A variância correspondente aos efeitos de genótipo e ambiente é obtida por  $(QMG - QMR)/n$ .

O método dos componentes principais (CP) esquematizado por Abeywardena (1972), propõe que o coeficiente de repetibilidade pode ser calculado com base na matriz de variâncias e covariâncias fenotípicas a partir do modelo:

$$Y_{ij} = \mu + g_i + a_j + \varepsilon_{ij}$$

Sendo o estimador do coeficiente de repetibilidade expresso por:

$$r = \hat{p} = \frac{\hat{\lambda}_1 - \hat{\sigma}_y^2}{\hat{\sigma}_y^2(\eta - 1)},$$

Onde  $\hat{\lambda}_1$  é o autovalor de  $\hat{\Gamma}$  relacionado ao autovetor de dados com mesmo sinal e magnitude semelhante,  $\hat{\sigma}_y^2$  é a variância correspondente aos efeitos de genótipo e a variância residual e  $\eta$  é o número de cortes.

A metodologia propõe também a obtenção da repetibilidade por uma matriz de correlação, assumindo que a repetibilidade possa ser calculada pela correlação entre os genótipos estudados nas avaliações. Para este método, a repetibilidade foi obtida através da equação adaptada por Rutledge (1974):

$$r = \frac{\hat{\lambda}_1 - 1}{\eta - 1}$$

Onde  $\hat{\lambda}_1$  é o autovalor relacionado ao autovetor de elementos com mesmo sinal e magnitude semelhante, sendo influenciado pelo número de medições dos tratamentos (CRUZ e REGAZZI, 2001).

Por fim, tem-se o método confeccionado por Mansour, Nordhein e Rutledge (1981) que conforme Cruz e Regazzi (2001), detêm diferenças conceituais do método dos componentes principais. O estimador do coeficiente de repetibilidade pode ser calculado com base na matriz de covariância  $\hat{\Gamma}$  e no autovetor paramétrico, equivalendo ao obtido pela análise de variância:

$$r = \frac{\hat{\sigma}_g^2}{\hat{\sigma}^2 + \hat{\sigma}_g^2},$$

e pode ser obtido ainda pela matriz paramétrica de correlações entre os genótipos:

$$r = \hat{\alpha}' \hat{R} \hat{\alpha} - 1/\eta - 1,$$

onde  $\alpha' = \left[ 1/\sqrt{\eta} \dots 1/\sqrt{\eta} \right]$  corresponde ao autovetor de elementos relacionados ao maior autovalor de R.

O coeficiente de determinação ou grau de previsibilidade ( $R^2$ ) foi calculado através de:  $R^2 = \eta r / 1 + r(\eta - 1)$ , e fornece um nível (%) de precisão do valor real das características dos genótipos avaliados.



Determinou-se ainda a quantidade de avaliações que são necessárias, a partir de um grau de precisão desejada para as características agroindustriais com base na mensuração dos genótipos. Segundo Cruz e Regazzi (2001) é expresso por:

$$\eta_0 = \frac{R^2(1 - r)}{(1 - R^2)r}$$

Onde:

$\eta_0$  é o número de medições (cortes) com base na acurácia ( $R^2$ ) pré-definida;

$R^2$  corresponde ao coeficiente de determinação ou acurácia pré-definida;

$r$  é o coeficiente de repetibilidade obtido conforme o método utilizado.

Todas as análises foram executadas com o uso do programa computacional genético-estatístico GENES (Cruz, 2006).

## Resultados e Discussão

Os resultados obtidos no experimento conduzido na usina Santa Teresa, Engenho Terra Rica, lote 264, foram analisados estatisticamente. Na Tabela 5, encontra-se a análise de variância referente ao estudo conjunto do experimento avaliando-se três safras consecutivas.

Tabela 5: Análise de variância conjunta de três safras, contendo os quadrados médios, coeficiente de variação e médias calculadas do experimento conduzido no Engenho Terra Rica, instalado na Região litoral Norte de Pernambuco, Usina Santa Teresa, Goiana – PE, colhidos nas safras 2011/2012, 2012/2013 e 2013/2014. Recife (PE), 2014.

Eng. Terra Rica, lote 264								
FV	GL	QM						
		TPH (t.ha <sup>-1</sup> )	TCH (t.ha <sup>-1</sup> )	FIB (%)	PCC (%)	PZA (%)	BRIX (° brix)	ATR (kg.t <sup>-1</sup> )
Genótipos	11	16,08**	916,49**	1,04 <sup>NS</sup>	1,19*	8,48 <sup>NS</sup>	1,64*	81,92*
Corte	2	13,67**	584,06*	19,98**	13,82*	2,48 <sup>NS</sup>	11,97*	1160,69**
G x C	22	12,30**	624,16**	0,67 <sup>NS</sup>	0,87*	5,69 <sup>NS</sup>	1,24*	65,72*
Resíduo	99	3,21	108,59	0,79	0,77	6,59	0,75	51,31
Médias		11,73	83,97	14,80	13,99	87,36	19,67	136,60
CV %		15,27	12,41	5,60	6,29	2,94	4,41	5,24

\*\* e \* Significativo a 1 e 5% de probabilidade respectivamente, pelo teste F;

<sup>NS</sup>, não significativo, pelo teste F;

Analisando a Tabela 5, observa-se que os coeficientes de variação (CV%) encontram-se dentro do limite de 15,27% para TPH recomendado por Gomes (1990) o que conjecturam boa condução experimental para determinação das características TPH e TCH e ótima precisão para FIB, PCC, PZA, BRIX e ATR. O coeficiente obtido para BRIX (4,41%) foi inferior ao calculado por Almeida (2010), em dois anos agrícolas.

A fonte de variação genótipos mostra a existência de variabilidade genética entre os tratamentos em algumas variáveis estudadas, em dois níveis de significância distintos: para TPH e TCH, constatou-se diferenças significativas a 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ ) e para PCC, BRIX e ATR, a 5% de probabilidade ( $p < 0,05$ ). Não houveram diferenças entre os genótipos

quando observamos as características FIB e PZA. O teste F mostra ainda que, para a fonte de variação corte, apenas a variável PZA não apresentou diferenças significativas entre os tratamentos. Para TPH, FIB e ATR verificam-se diferenças expressivas a 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ ) e para TCH, PCC e BRIX observam-se distinções ao nível de 5% de probabilidade ( $p < 0,05$ ). Diferenças significativas para esta fonte de variação indicam que houve comportamento desigual dos ambientes entre as safras analisadas.

Analisando a interação genótipo corte, conclui-se que apenas as variáveis FIB e PZA não sofreram influência de fatores ambientais, uma vez que não houve diferenças significativas entre os tratamentos. Para as demais, o desempenho dos tratamentos não foi constante, pois foram detectadas diferenças a 1% de probabilidade e a 5% de probabilidade para as variáveis TPH e TCH ( $p < 0,01$ ) e PCC, BRIX, além de ATR ( $p < 0,05$ ). Os resultados encontrados para a fonte de variação G x C das variáveis TPH e TCH, se assemelham aos obtidos por Silva (2008), em relação ao nível de significância de 1% de probabilidade, ao estudar esta interação em cana-de-açúcar nos anos de 2004 e 2005.

Serão apresentados os valores do coeficiente de repetibilidade e determinação ou grau de previsibilidade das principais características da agroindústria canavieira, referentes as avaliações executadas no Engenho Terra Rica, lote 264 e cujos valores médios de desempenho podem ser observados na Tabela 6.

Tabela 6: Valores médios dos caracteres toneladas de pol por hectare (TPH), toneladas de cana por hectare (TCH), fibra (FIB), pol % corrigida (PCC), pureza (PZA), teor de sólidos solúveis (BRIX) e açúcares totais recuperáveis (ATR), em experimento conduzido no Litoral Norte de Pernambuco, Usina Santa Teresa, Goiana – PE, no Engenho Terra Rica, lote 264, nas safras 2011/2012, 2012/2013 e 2013/2014. Recife (PE), 2014.

GENÓTIPOS	Caracteres						
	TPH	TCH	FIBRA	PC	PUREZA	BRIX	ATR
RB931011	13,42 a	94 a	14,69 a	14,19 a	88,39 a	19,86 a	137,773 a
RB867515	13,13 a	94 a	14,66 a	13,99 a	87,76 a	19,69 a	136,302 a
RB92579	12,90 a	91 a	14,37 a	14,18 a	86,75 a	20,09 a	138,886 a
RB863129	12,40 a	94 a	14,49 a	13,15 a	85,80 a	18,87 a	129,976 a
RB951541	12,23 a	86 a	13,88 a	14,15 a	86,97 a	19,86 a	138,559 a
RB962962	12,04 a	89 a	14,09 a	13,61 a	87,67 a	19,00 a	132,900 a
RB98710	11,72 a	83 a	13,87 a	14,04 a	87,47 a	19,57 a	137,095 a
RB99395	11,41 a	81 b	14,25 a	14,01 a	87,23 a	19,70 a	136,962 a
RB931003	10,92 a	77 b	14,07 a	14,07 a	87,17 a	19,75 a	137,569 a
RB002504	10,68 a	77 b	14,67 a	13,96 a	86,94 a	19,87 a	136,720 a
SP81-3250*	10,09 a	71 b	14,38 a	14,33 a	89,15 a	19,80 a	138,527 a
C1*	9,93 a	70 b	14,49 a	14,11 a	87,14 a	19,97 a	137,998 a
Média	11,74	84	14,33	13,98	87,37	19,67	136,606

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, pertencem ao mesmo grupo estatístico, ao nível de 5 % de probabilidade, pelo teste de grupamento de Scott e Knott.

\* Clone do PMGCA/UFRPE/RIDESDA da série 2000.

Os coeficientes de repetibilidade, segundo Cruz e Regazzi (2001), variaram de baixos a intermediários, sendo amplamente diversificados em função dos métodos empregados para avaliação dos tratamentos. De maneira geral, os maiores índices do coeficiente de repetibilidade foram localizados quando este foi calculado utilizando a metodologia dos componentes principais, tanto a de covariância como a de correlação. Sobre isso, Abeywardena (1972)

ênfatisa a superioridade no uso deste método para a estimativa da repetibilidade, sobretudo na determinação de características cujos tratamentos apresentem desempenho recorrente.

Na tabela 7, o coeficiente de repetibilidade para a variável TPH apresentou variação de 0,07 a 0,48 pelos métodos da análise estrutural de covariância e componentes principais de covariância, respectivamente, o que confirma uma assimetria entre as medições para esta variável, ou seja, é uma característica que não se expressa continuamente, sendo difícil ao melhoramento genético da cana-de-açúcar indicar genótipos com base nesta.

Tabela 7: Coeficiente de repetibilidade ( $r$ ) e de determinação ( $R^2$ ) avaliados pelos métodos da Análise de variância, Componentes principais - Covariância, Componentes principais - Correlação, Análise estrutural - Correlação e Análise estrutural - Covariância, em experimento instalado no Engenho Terra Rica, lote 264, Usina Santa Teresa, Goiana - PE. Recife (PE), 2014.

		Variáveis agroindustriais						
Método		TPH (t.ha <sup>-1</sup> )	TCH (t.ha <sup>-1</sup> )	FIB (%)	PCC (%)	PZA (%)	BRIX (° brix)	ATR (kg.t <sup>-1</sup> )
ANAVA	$r$	0,09	0,13	0,15	0,10	0,14	0,09	0,07
	$R^2$	23,52	31,89	35,36	26,92	32,83	24,39	19,77
C. principais covariância	$r$	0,48	0,50	0,28	0,27	0,32	0,29	0,24
	$R^2$	73,76	75,70	54,21	53,53	59,05	55,25	49,90
C. principais correlação	$r$	0,41	0,44	0,25	0,13	0,27	0,21	0,14
	$R^2$	68,20	70,41	50,26	32,72	53,49	44,91	34,29
A. estrutural covariância	$r$	0,07	0,10	0,22	0,09	0,15	0,05	0,05
	$R^2$	19,01	25,16	45,84	24,39	35,03	15,82	15,07
A. estrutural correlação	$r$	0,09	0,13	0,15	0,10	0,14	0,09	0,07
	$R^2$	23,52	31,89	35,36	26,92	32,83	24,39	19,77
Média	$r$	0,23	0,26	0,21	0,14	0,20	0,15	0,11
	$R^2$	41,60	47,01	44,21	32,90	42,65	32,95	27,76

Foram detectados também baixos índices do coeficiente de determinação ( $R^2$ ), que indica a confiabilidade dos dados calculados, sendo os maiores valores obtidos pelos métodos dos componentes principais de covariância (73,76%) e dos componentes principais de correlação

(68,20%). Tais resultados contrastam com os obtidos por Silva (2012), ao avaliar clones e que encontrou repetibilidade superior a 0,79, com uma confiabilidade maior que 93%.

Apenas as metodologias dos componentes principais (covariância e correlação) apresentaram valores de confiabilidade acima de 70% (75,70% e 71,41%, respectivamente) para a característica TCH, denotando a necessidade de novos ensaios a fim de melhorar esses índices. Tais estimativas se assemelham com as encontradas por Santos et al. (2004), que determinaram confiabilidade superior a 80% para as características TCH e FIB, em três cortes ao avaliar cinco propriedades agroindustriais em cana-de-açúcar. O valor do coeficiente de repetibilidade, para esta variável, foi considerado intermediário apenas pelo método dos componentes principais de covariância (0,50), sendo baixo aos demais. Cruz e Regazzi (2001) afirmam que quando são obtidos baixos valores da repetibilidade, a realização de novos experimentos pode proporcionar um ganho expressivo de confiabilidade nos dados coletados.

As maiores eficiências na determinação da repetibilidade, para a variável FIB, foram obtidas pelos métodos dos componentes principais de covariância (0,28) e correlação (0,25), com uma confiabilidade nos dados calculados moderada, superior a 50%. Os coeficientes de repetibilidade obtidos pelos métodos da análise de variância e análise estrutural de correlação estão abaixo de 0,20 e são semelhantes (0,15), sendo análogos também, seus coeficientes de determinação ( $R^2$ ) (35,36%). Por apresentar baixos índices através dos métodos empregados, a característica FIB, nas condições estudadas do Engenho Terra Rica, lote 264, não se mostra como alternativa ao melhoramento genético para recomendação dos tratamentos estudados.

Tanto a característica PCC quanto a PZA também apresentaram baixos valores do coeficiente de repetibilidade, oscilando de 0,09 (método da análise estrutural de covariância) a 0,27 (método dos componentes principais de covariância) para PCC, e de 0,14 (métodos da ANOVA e análise estrutural de correlação) a 0,32 (componentes principais de covariância) para a característica PZA. Tais índices concordam com os encontrados por Santos et al. (2004), uma

vez que o autor também obteve valores inferiores a 0,5 da repetibilidade para as referidas características, além de Tonelada de pol por hectare (TPH). O mencionado autor faz referência a Cruz e Regazzi (1997), que destacam a influência expressiva da ação dos fatores ambientais como fonte promotora dos desvios observados em seu estudo através das mensurações realizadas, situação semelhante a observada nesta pesquisa. Para a característica PCC apenas o método dos componentes principais de covariância apresentou valor real dos indivíduos superior a 50%, enquanto que para PZA as duas metodologias dos componentes principais apresentaram precisão acima de 50% (53,49% e 59,05%).

Os métodos análise de variância e análise estrutural de correlação foram concordantes entre si na determinação do coeficiente de repetibilidade, tanto para a característica BRIX (0,09) quanto para ATR (0,07) e, da mesma forma, para o coeficiente de determinação (24,39 % e 19,77 %, respectivamente). Oliveira et al. (2011) também determinaram equivalência entre essas duas metodologias na predição do valor real dos tratamentos, apesar de obter valores mais expressivos (95%). Essas duas variáveis apresentaram estimativas equiparadas pelo método da análise estrutural de covariância (0,05).

Na Tabela 8, estão dispostas as quantidades de mensurações necessárias para a predição do valor real dos tratamentos, baseadas em um grau de previsibilidade ( $R^2$ ) pré-estabelecido, para as variáveis TPH, TCH, FIB, PCC, PZA, BRIX e ATR.

Analisando a característica TPH, observa-se que os métodos mais indicados e que ocasionaram menor custo ao programa de melhoramento para calcular o valor real dos tratamentos, foram os dos componentes principais de correlação e covariância.

Tabela 8: Número de avaliações para as características TPH ( $t \cdot ha^{-1}$ ), TCH ( $t \cdot ha^{-1}$ ), FIB (%), PCC (%), PZA (%), BRIX ( $^{\circ}$  brix) e ATR ( $kg \cdot t^{-1}$ ), a partir de coeficientes de determinação ( $R^2$ ) em diversas metodologias, para o experimento instalado no Engenho Terra Rica, lote 264, Usina Santa Teresa, Goiana - PE. Recife (PE), 2014

ANAVA (Modelo 1)							
$R^2$	TPH	TCH	FIBRA	PCC	PUREZA	BRIX	ATR
0,80	39,019	25,622	21,932	32,570	24,546	37,198	48,698
0,85	55,277	36,297	31,071	46,141	34,773	52,697	68,989
0,90	87,793	57,649	49,348	73,283	55,228	83,696	109,570
0,95	185,341	121,703	104,179	154,709	116,592	176,691	231,315
0,99	965,723	634,135	542,826	806,116	607,508	920,655	1205,275
Componente principal (Covariância)							
$R^2$	TPH	TCH	FIBRA	PCC	PUREZA	BRIX	ATR
0,80	5,595	5,041	11,873	24,671	10,433	14,719	22,994
0,85	7,926	7,141	16,820	34,951	14,780	20,852	32,575
0,90	12,589	11,342	26,714	55,51	23,474	33,118	51,736
0,95	26,576	23,943	56,397	117,188	49,557	69,915	109,221
0,99	138,474	124,757	293,856	610,612	258,219	364,295	569,100
Componente principal (Correlação)							
$R^2$	TPH	TCH	FIBRA	PCC	PUREZA	BRIX	ATR
0,80	4,268	3,851	10,134	10,417	8,320	9,719	12,043
0,85	6,047	5,455	14,357	14,757	11,787	13,768	17,061
0,90	9,603	8,664	22,802	23,438	18,721	21,867	27,098
0,95	20,274	18,290	48,137	49,481	39,521	46,164	57,206
0,99	105,637	95,302	250,820	257,822	205,928	240,540	298,074
Análise estrutural							
$R^2$	TPH	TCH	FIBRA	PCC	PUREZA	BRIX	ATR
0,80	51,121	35,686	11,178	37,195	22,256	63,845	67,593
0,85	72,421	50,556	20,085	52,693	31,529	90,447	95,756
0,90	115,022	80,295	31,900	83,689	50,076	143,652	152,083
0,95	242,824	169,511	67,344	176,676	105,717	303,265	321,065
0,99	1265,241	883,241	350,899	920,578	550,839	1580,170	1672,916

Tonelada de pol por hectare (TPH), tonelada de cana por hectare (TCH), fibra (FIB), pol % corrigida (PCC), pureza (PZA), teor de sólidos solúveis (BRIX) e açúcares totais recuperáveis (ATR).

Para tais metodologias, com um nível de precisão de 80% de confiabilidade na estimação do valor, são necessários aproximadamente de quatro a cinco avaliações, precisamente de 4,26 a 5,59 medições. Para o mesmo nível de precisão (80%) os métodos da análise de variância e análise estrutural, mostraram-se desfavoráveis para predição do valor real, visto que por estes



métodos, são necessárias aproximadamente 39 e 51 mensurações, respectivamente. Ao passo que se aumenta o grau de precisão do coeficiente de determinação, aumentam-se também as quantidades de cortes indispensáveis ao cálculo do valor real dos tratamentos para esta variável. Estimativa semelhante foi encontrada por Nascimento Filho et al. (2009), onde este determinou serem necessários em média quatro cortes, com a mesma precisão, para avaliação efetiva pelo método dos componentes principais de covariância.

O método de análise estrutural mostrou-se o mais inviável na determinação do valor dos genótipos para a característica TCH. O referido apresentou oscilação aproximada de 35 a 883 medições necessárias, a medida que o melhorista busque um grau de confiabilidade mais conciso. As estimações alcançadas pela metodologia dos componentes principais de correlação, listam as menores necessidade de avaliações dentre os demais métodos avaliados, uma vez que bastam aproximadamente quatro repetições, a um grau de confiabilidade de 80%, para a predição do valor dos tratamentos para esta importante variável agroindustrial. Deste modo, a referida metodologia configura-se como a mais eficiente para a finalidade.

Na avaliação da característica FIB, os métodos dos componentes principais de correlação, covariância e da análise estrutural apresentaram desempenhos relativamente próximos entre si, sendo o método da correlação o que apresenta as menores necessidade de avaliações, indo de aproximadamente 10 com acurácia de 80%, a 250 medições com precisão de 99%. Conforme descrição de Abeywardena (1972), observada em Cruz e Regazzi (2001), o método dos componentes principais é o mais confiável na determinação das propriedades ligadas a repetibilidade do desempenho, uma vez que a variação que pode haver entre uma medição e outra pode não ser eliminada do erro experimental, ficando a repetibilidade subestimada.

Os contrastes que se pode observar com relação ao número de medições, denota que a quantidade de mensurações (três cortes) utilizadas nesta pesquisa não foram significativas na determinação de um coeficiente de repetibilidade satisfatório para as propriedades

agroindustriais dos tratamentos. Um bom exemplo disso pode ser observado ao analisar a repetibilidade da variável PCC exposta na Tabela 7. Nela, pelo método da análise de variância, as três mensurações executadas resultaram num coeficiente baixo (0,10), com uma acurácia de apenas 26,92%, enquanto que, analisando a Tabela 8, pelo mesmo método, aproximadamente 32 medições seriam necessárias para determinar o valor real da característica, em nível de confiabilidade superior de 80%.

Contudo esse ainda não seria o método mais hábil ao melhoramento genético da cultura para avaliar a característica PCC. Pelo método dos componentes principais de correlação, dez mensurações seriam necessárias para execução da tarefa pelo mesmo nível de precisão. Como se observa, o aumento o número de avaliações acarreta no aumento da exatidão dos dados, até que se chega a números impraticáveis por qualquer programa de melhoramento, como pode ser observado através da metodologia da análise estrutural, onde são necessárias 920 coletas de dados para se ter uma precisão de 99% sobre estes.

As variáveis PZA e BRIX, quando estudadas pelo método dos componentes principais de correlação, apresentaram semelhante necessidade de mensurações para avaliação dos tratamentos, em dois níveis de certeza: a 80 % (8,32 e 9,71, respectivamente) e a 85% (11,78 e 13,76, respectivamente). Esses resultados foram positivamente inferiores aos obtidos por Braz (2012), ao apontar o número de medições de uma característica em duas progênies, com acurácia de 85%. A quantidade de medições relativamente baixas das referidas variáveis que foram obtidas neste estudo, pressupõem valores satisfatórios do coeficiente de repetibilidade e que o desempenho deteria a ser reproduzido. Para Ferreira et al. (2010), altas estimativas de repetibilidade refletem em uma quantidade menor de avaliações indispensáveis na predição do valor de um genótipo.

A variável ATR foi a que indicou maior necessidade de avaliações, para todos os métodos e em qualquer grau de previsibilidade, variando de 12 cortes pelo método de correlações ( $R^2 =$

0,80) a impraticáveis 1672 cortes pelo método da análise estrutural ( $R^2 = 0,99$ ). Números tão elevados assim também foram obtidos pelas variáveis TPH e BRIX (1265 e 1580 avaliações, respectivamente) pelo método da análise estrutural e com igual precisão. Em nenhuma das literaturas consultadas no desenvolvimento deste trabalho, foram encontrados valores de tamanha magnitude para expressão do valor real de uma característica. O valor mais aproximado foi o obtido por Santos et al. (2010), que foi de 582 mensurações para a característica espessura da casca do fruto em maracujazeiro-azedo.

Quanto ao experimento conduzido Prado (lote 40) os resultados obtidos foram analisados estatisticamente através de análise de variância conjunta para os três cortes, conforme apresenta a Tabela 9.

Tabela 9: Resumo da análise de variância conjunta contendo os quadrados médios, coeficiente de variação e médias calculadas dos experimentos presentes no Engenho Prado, 40, instalado na Região Costeira Norte de Pernambuco, Usina Santa Teresa, Goiana – PE e avaliado nas safras 2011/2012, 2012/2013 e 2013/2014. Recife (PE), 2014.

Eng. Prado, lote 40								
FV	GL	QM						
		TPH (t.ha <sup>-1</sup> )	TCH (t.ha <sup>-1</sup> )	FIB (%)	PCC (%)	PZA (%)	BRIX (° brix)	ATR (kg.t <sup>-1</sup> )
Genótipos	11	8,68**	390,66**	0,27 <sup>NS</sup>	0,42 <sup>NS</sup>	4,90 <sup>NS</sup>	0,90 <sup>NS</sup>	35,23 <sup>NS</sup>
Corte	2	560,08**	2007,27**	29,90**	52,12**	125,79**	51,42**	3662,56**
G x C	22	2,99 <sup>NS</sup>	148,62*	0,97 <sup>NS</sup>	0,22 <sup>NS</sup>	5,83 <sup>NS</sup>	0,55 <sup>NS</sup>	19,53 <sup>NS</sup>
Resíduo	99	2,10	89,07	0,99	0,69	7,31	1,00	53,43
Médias		10,32	74,02	14,65	13,79	88,73	19,21	133,74
CV %		14,05	12,75	6,80	6,03	3,05	5,22	5,46

\*\* e \* Significativo a 1 e 5% de probabilidade respectivamente, pelo teste F;

<sup>NS</sup>, não significativo, pelo teste F;

É possível observar que para a fonte de variação genótipo, apenas as variáveis TPH e TCH apresentaram efeito significativo entre os tratamentos e em ambos os casos, com o mesmo nível de significância de 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ ). Ressalva-se, com isso, a existência de

variabilidade genética entre os genótipos para estas duas características amplamente exploradas da indústria canavieira. Verifica-se ausência de variabilidade dos tratamentos para as demais variáveis, uma vez que os quadrados médios das mesmas foram não significativos. Os resultados deparados são assemelhados com os de DUTRA FILHO et al. (2012), que obtiveram significância a 1% de probabilidade para TCH e resultados não significativos para PCC, BRIX e ATR e discordam com o nível de significância de 5% de probabilidade em TPH. Esse mesmo autor encontrou coeficientes de variação (CV%) de maiores magnitudes, variando de 6,40% para ATR a 22,01% para TPH, em comparação aos calculados nesta pesquisa e que oscilaram de 3,05 para PZA a 14,05 para TPH. Deste modo têm-se assegurada a boa condução dos ensaios.

A fonte de variação corte, que detecta se os anos agrícolas (ambientes) apresentaram variação, mostrou-se como sendo significativa a 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ ) para todas as variáveis em questão, o que implica afirmar que cada safra comportou-se e atuou de maneira diferente.

Na expressão fenotípica das características avaliadas, os genótipos do estudo realizado no Engenho Prado não sofreram tanta influência da ação dos elementos ambientais. Esta afirmação pode ser comprovada pela ausência de níveis de significância, tanto a 1% ou 5% de probabilidade, apresentadas pela fonte de variação interação genótipo x corte (Tabela 9). A ressalva ocorreu para TCH ( $p < 0,05$ ), sendo uma variável historicamente muito influenciada pelo meio em que se desenvolve. Souza et al. (2012) encontraram resultados contrastantes ao apresentados (nível de significância a 1% de probabilidade para TPH, TCH, PCC, PZA, BRIX e ATR e significativo efeito ( $p < 0,05$ ) para FIB).

Os valores médios de desempenho dos genótipos avaliados no Engenho Prado podem ser observados na tabela 10. Por meio destas informações, foram calculados os coeficientes de repetibilidade das características agroindustriais estudadas.

Tabela 10: Valores médios dos caracteres toneladas de pol por hectare (TPH), toneladas de cana por hectare (TCH), fibra (FIB), pol % corrigida (PCC), pureza (PZA), teor de sólidos solúveis (BRIX) e açúcares totais recuperáveis (ATR), em experimento conduzido no Litoral Norte de Pernambuco, Usina Santa Teresa, Goiana – PE, no Engenho Prado, lote 40, nas safras 2011/2012, 2012/2013 e 2013/2014. Recife (PE), 2014.

Genótipos	Caracteres						
	TPH	TCH	FIBRA	PC	PUREZA	BRIX	ATR
RB931011	11,68 a	82 a	14,61 a	14,15 a	88,95 a	19,64 a	136,918 a
RB962962	11,30 a	81 a	14,65 a	13,63 a	87,72 a	19,21 a	132,983 a
RB951541	10,73 a	78 a	14,51 a	13,60 a	89,17 a	18,83 a	131,642 a
RB99395	10,65 a	74 a	14,86 a	14,13 a	88,56 a	19,80 a	137,058 a
RB863129	10,47 a	75 a	14,81 a	13,82 a	89,08 a	19,24 a	133,773 a
RB98710	10,42 a	76 a	14,47 a	13,60 a	87,67 a	19,13 a	132,751 a
RB931003	10,38 a	74 a	14,65 a	13,86 a	88,42 a	19,38 a	134,607 a
RB002504	10,25 a	74 a	14,86 a	13,80 a	89,80 a	19,08 a	133,001 a
RB92579	10,11 a	73 a	14,48 a	13,79 a	88,40 a	19,23 a	134,037 a
RB867515	9,96 a	72 a	14,73 a	13,78 a	89,45 a	19,06 a	133,023 a
SP81-3250	9,65 a	69 a	14,47 a	13,75 a	88,99 a	19,04 a	133,204 a
C1*	8,27 a	60 a	14,78 a	13,60 a	88,65 a	19,00 a	131,994 a
Média	10,32	74	14,66	13,79	88,74	19,22	133,749

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, pertencem ao mesmo grupo estatístico, ao nível de 5 % de probabilidade, pelo teste de grupamento de Scott e Knott.

\* Clone do PMGCA/UFRPE/RIDESDA da série 2000.

Na Tabela 11, estão dispostas as estimativas calculadas do coeficiente de repetibilidade e grau de previsibilidade, referentes ao ensaio implantado na Usina Santa Teresa, no Engenho Prado.

Tabela 11: Coeficiente de repetibilidade (r) e de determinação ( $R^2$ ) avaliados pelos métodos da Análise de variância, Componentes principais - Covariância, Componentes principais - Correlação, Análise estrutural - Correlação e Análise estrutural - Covariância, em experimento instalado no Engenho Prado, lote 40, Usina Santa Teresa, Goiana - PE. Recife (PE), 2014

		Variáveis agroindustriais						
Método		TPH (t.ha <sup>-1</sup> )	TCH (t.ha <sup>-1</sup> )	FIB (%)	PCC (%)	PZA (%)	BRIX (° brix)	ATR (kg.t <sup>-1</sup> )
ANAVA	r	0,38	0,35	0,31	0,22	0,05	0,17	0,21
	$R^2$	65,48	61,95	55,64	47,15	19,73	38,47	44,55
C. principais covariância	r	0,70	0,71	0,36	0,36	0,33	0,24	0,24
	$R^2$	87,78	88,33	64,08	62,97	60,41	49,82	49,69
C. principais correlação	r	0,43	0,38	0,41	0,35	0,28	0,27	0,30
	$R^2$	70,15	65,40	68,00	62,64	54,11	52,79	56,36
A. estrutural covariância	r	0,41	0,34	0,34	0,25	0,03	0,17	0,24
	$R^2$	67,85	61,11	43,34	50,30	10,34	39,25	48,87
A. estrutural correlação	r	0,38	0,35	0,31	0,22	0,05	0,17	0,21
	$R^2$	65,48	61,95	55,64	47,15	19,73	38,47	44,55
Média	r	0,46	0,43	0,35	0,28	0,15	0,20	0,24
	$R^2$	71,35	67,75	57,14	54,04	32,86	43,76	48,80

Em termos gerais, as variáveis estudadas apresentaram coeficientes de repetibilidade que variaram de baixos a altos, sendo estes últimos, segundo a literatura, confirmados por bons níveis do coeficiente de determinação ( $R^2 > 80\%$ ). Os valores significativos, calculados através do método dos componentes principais, confirmam mais uma vez a elevada eficiência deste na determinação dos atributos relacionados a avaliação da reprodução de desempenho das características que os genótipos podem vir a apresentar. Ainda generalizando, nota-se que as metodologias empreendidas pelos modelos da análise de variância e análise estrutural de

correlação foram concordantes na determinação da repetibilidade e do grau de previsibilidade, para todas as características examinadas.

A variável TPH apresentou um coeficiente médio de repetibilidade de 0,46, sendo seus extremos de 0,38, considerado baixo, a 0,70, podendo ser considerado alto, respectivamente pelos métodos da análise de variância e componentes principais de covariância. Avaliando características produtivas e morfológicas em soja, Cargnelutti Filho e Gonçalves (2011) também encontraram baixas estimativas médias de repetibilidade. Através do método dos componentes principais de covariância, observa-se alta confiabilidade nos dados calculados, de aproximadamente 88%. A precisão apresentada pelas demais metodologias foram intermediárias e concordantes entre os métodos da análise de variância e análise estrutural de correlação (65,48%).

Semelhante a variável TPH, verifica-se precisão mediana para o atributo TCH (67,75%), com extremos constatados entre 61,11%, calculado pelo método da análise estrutural de covariância, e 88,33% pelo método dos componentes principais de covariância. A semelhança do ocorrido no experimento delineado no Engenho Terra Rica e observado por Silva (2012), os métodos dos componentes principais configuram-se como as mais seguras metodologias para estudos relativos a repetibilidade. Porém, ainda há a necessidade que o programa de melhoramento execute de novas avaliações com o intuito de elevar a precisão dos dados referentes a característica TCH.

Os cálculos da repetibilidade ( $r$ ) para TCH, demonstraram que esta variável possui a maior estimativa dentre as demais analisadas (0,71), com ótimo coeficiente de determinação ( $R^2 = 88,33\%$ ), o que leva a concluir que as três coletas de dados executadas neste estudo, foram satisfatórias para a predição do valor real da característica dos genótipos em questão e que o desempenho demonstrado pelos mesmos, tende a se repetir ao longo de outras safras. Em se tratando da quantidade de avaliações realizadas, Cruz e Regazzi (2001) afirmam que quando

são alcançados bons valores da repetibilidade, o ganho que se pode obter com a precisão ao se executar novas avaliações é pequeno.

Para o caráter fibra (FIB), Tabela 11, a metodologia mais confiável na determinação da repetibilidade, foi a dos componentes principais de correlação, cuja importância foi de 0,41. Após este método, o mais eficiente foi o dos componentes principais de covariância, método este que foi concordante também para o resultado estimado da variável PCC (0,36). Entretanto, para os coeficientes de determinação das duas variáveis, houve discreta variação: FIB ( $R^2 = 64,08\%$ ) e PCC ( $R^2 = 62,97\%$ ). Ao estudar a repetibilidade em alfafa, Ferreira et al. (2010) encontraram resultados semelhantes na determinação do valor real do genótipo, em uma das variáveis que analisou pelos métodos da análise de variância (62,77%), componentes principais de correlação (64,43%) e análise estrutural de covariância (61,09%), bem como resultados inferiores na estimação de outra característica pelos métodos da análise de variância (51,52%) e análise estrutural de covariância (49,13%). Para ambas variáveis, os métodos de menor eficiência para os cálculos da repetibilidade e acurácia foram os da análise de variância e análise estrutural de correlação e cujos respectivos valores foram:  $r = 0,31$  e  $0,22$ ;  $R^2 = 55,64\%$  e  $47,15\%$ .

As três avaliações executadas no Engenho Prado no estudo da variável PZA, não foram suficientes para obter índices satisfatórios do coeficiente de repetibilidade, uma vez que todas as metodologias empregadas no estudo resultaram em valores inferiores a 0,5, sendo o método de maior eficiência o dos componentes principais de covariância, de precisão equivalente a 60,41%, de modo que torna-se tarefa difícil ao programa de melhoramento avaliar e indicar variedades no caso de haver interesse nessa característica, uma vez que o pesquisador não pode contar com a certeza da recorrência do desempenho desta em outras situações. Os piores desempenhos foram identificados em ambos procedimentos da análise estrutural (0,03 e 0,05), bem como as menores precisões (10,34% e 19,73%).



As médias dos coeficientes de repetibilidade das variáveis BRIX e ATR foram aproximadas (0,20 e 0,24, respectivamente), bem como a precisão dessas estimativas (43,76% e 48,80%). Para o BRIX, houve concordância entre ambos os métodos da análise estrutural (correlação e covariância) com o da análise de variância (0,17); para ATR os métodos da ANAVA e análise estrutural de correlação se equivaleram (0,21), sendo também verificada equivalência entre as metodologias da análise estrutural de covariância com a dos componentes principais de covariância (0,24). Entretanto, para ambas características agroindustriais, nenhum dos procedimentos citados foi o de maior vigor.

Finalizando todas as informações vistas na Tabela 11 referentes as avaliações executadas, ao longo de três safras, no experimento instalado no Engenho Prado, observa-se que a caracterização dos genótipos com relação a repetibilidade do desempenho das variáveis TPH e TCH fica provida do necessário com a quantidade de avaliações realizadas nessa pesquisa, sendo necessárias novas avaliações que permitam aumentar tanto a certeza da recorrência do desempenho, quanto a acurácia deste teste, de acordo com a característica (FIB, PCC, PZA, BRIX ou ATR) de interesse.

Altas estimativas de repetibilidade são acompanhadas de valores igualmente elevados da predição do valor real das características dos tratamentos, sendo estes recursos extremamente importantes a qualquer pesquisador da cultura da cana-de-açúcar. Essa importância torna-se ainda mais elevada e desejada se os índices forem obtidos a partir de poucas mensurações, o que torna a aquisição de informações sobre os genótipos, um procedimento racional quanto ao uso dos recursos do programa de melhoramento, sendo este realizado com confiabilidade.

Na Tabela 12, estão dispostas as necessidades de mensurações de sete características agroindustriais, atreladas a um grau de previsibilidade do valor real de cada característica ( $R^2$ ) pré-estabelecidos pela análise e amplamente empreendidos pelo meio acadêmico.

Tabela 12: Número de avaliações para as características TPH (t.ha-1), TCH (t.ha-1), FIB (%), PCC (%), PZA (%), BRIX (° brix) e ATR (kg.t-1), a partir de coeficientes de determinação (R<sup>2</sup>) em diversas metodologias, para o experimento instalado no Engenho Prado, lote 40, Usina Santa Teresa, Goiana - PE. Recife (PE), 2014

ANOVA (Modelo 1)							
R <sup>2</sup>	TPH	TCH	FIBRA	PCC	PUREZA	BRIX	ATR
0,80	5,326	7,369	16,694	13,450	72,809	19,191	14,932
0,85	8,262	10,439	23,650	19,054	103,145	27,188	21,153
0,90	14,233	16,579	37,561	30,262	163,819	43,182	33,596
0,95	30,048	35,001	79,296	63,887	345,841	91,158	70,926
0,99	156,567	182,374	413,176	332,883	1802,012	474,982	369,559
Componente principal (Covariância)							
R <sup>2</sup>	TPH	TCH	FIBRA	PCC	PUREZA	BRIX	ATR
0,80	5,106	6,347	5,646	8,157	10,173	10,729	9,289
0,85	7,733	8,992	7,998	10,139	14,412	15,199	13,159
0,90	11,488	14,281	12,703	16,102	22,89	24,140	20,900
0,95	24,252	30,149	26,818	33,994	48,323	50,962	44,121
0,99	126,366	157,093	139,737	177,127	251,788	265,540	229,895
Componente principal (Correlação)							
R <sup>2</sup>	TPH	TCH	FIBRA	PCC	PUREZA	BRIX	ATR
0,80	1,870	1,584	7,022	7,055	7,863	12,086	12,147
0,85	2,366	2,244	9,948	9,995	11,139	17,122	17,208
0,90	3,758	3,564	15,799	15,874	17,691	27,193	27,331
0,95	7,935	7,525	33,354	33,511	37,348	57,408	57,698
0,99	41,343	39,207	173,792	174,610	194,604	299,125	300,637
Análise estrutural							
R <sup>2</sup>	TPH	TCH	FIBRA	PCC	PUREZA	BRIX	ATR
0,80	5,685	7,634	15,895	11,856	128,021	18,571	12,551
0,85	8,053	10,815	21,951	16,796	181,364	26,309	17,781
0,90	12,79	17,177	34,864	26,675	288,048	41,784	28,24
0,95	27,002	36,263	73,601	56,315	608,102	88,211	59,617
0,99	140,692	188,949	383,502	293,429	3168,530	459,626	310,637

Tonelada de pol por hectare (TPH), tonelada de cana por hectare (TCH), fibra (FIB), pol % corrigida (PCC), pureza (PZA), teor de sólidos solúveis (BRIX) e açúcares totais recuperáveis (ATR).

Com relação a variável TPH, estima-se que aproximadamente dois cortes são suficientes, empregando-se a metodologia dos componentes principais de correlação, para a determinação do valor real dos genótipos, considerando-se esta variável em dois níveis acatados

como superiores de precisão (80% e 85%), ao passo que, sendo de interesse do pesquisador ter 99% de certeza de seus dados, ele irá necessitar de aproximadamente 42 avaliações. Tais níveis de exatidão já denotam um elevado índice de repetibilidade, de modo que, conforme Cruz e Regazzi (2001), aumentar o número de repetições não proporcionará ganho efetivo de precisão, gerando apenas custos extras desnecessários.

Ainda sob as condição de 80% de precisão sobre os dados, o total de avaliações das demais metodologias foram concordantes entre si, de modo que fica difícil determinar a eficiência destes uma vez que o diferencial entre eles é decimal: análise de variância (5,32), componentes principais de covariância (5,10) e análise estrutural (5,68). Concordância de estimativas também podem ser observadas entre estes mesmos métodos quando se aumenta o coeficiente de determinação para 85% em aproximadamente oito avaliações.

O método dos componentes principais de correlação mostrou-se, a exemplo da característica TPH, igualmente eficiente na determinação da quantidade de mensurações para a variável TCH, afirmando serem necessárias, aproximadamente, apenas duas coletas de dados na predição do valor dos genótipos e nos mesmos níveis de exatidão demonstrados para a característica anterior (80% e 85%). Ao calcular o número de captações para escolha de clones em cana-de-açúcar, Ferreira et al. (2005) obtiveram estimativas semelhantes em um dos seus experimentos, com uma precisão de 80%, as encontradas nesta pesquisa (perto de 2 cortes), porem estas foram discordantes quanto aos dois métodos empregados: pelos métodos da análise de variância e análise estrutural. Nesta pesquisa, estas metodologias estimam serem necessários perto de cinco cortes para predição do valor dos tratamentos. Aproximadamente cinco safras também é a estimativa calculada para a característica fibra (FIB), pelo método dos componentes principais de covariância ( $R^2 = 80\%$ ), conotando este como o mais eficiente, seguida pelo outro procedimento, também dos componentes principais, com sete avaliações. Os demais foram concordantes entre si (16 cortes).

Na Tabela 12, observa-se que as variáveis PCC e ATR, concordaram quanto ao número de medições necessárias por três métodos distintos e com uma acurácia de 80%: análise de variância (13,45 e 14,93, respectivamente), componentes principais de covariância (8,15 e 9,28, respectivamente) e análise estrutural (11,85 e 12,55, respectivamente), sendo que para o último, houve concordância entre as características também em outro patamar de precisão (85%). O exposto se assemelha ao trabalho desenvolvido com *Panicum maximum* por Léo et al. (2008), onde doze e treze medições foram necessárias pelo método da análise de variância para duas características e oito avaliações, pelo procedimento dos componentes principais de covariância em uma variável. Para ambas situações, foi utilizado o mesmo coeficiente de determinação (80%).

A variável PZA apresentou o número de medições mais impraticáveis a qualquer programa de melhoramento da cana-de-açúcar, no estudo feito no Engenho Prado: a análise de variância calcula que sejam necessárias 1.802 avaliações para se determinar o real valor dessa característica para os genótipos estudados, enquanto que o método da análise estrutural, ainda mais ineficiente, estima que são precisas 3.168 coletas. Entretanto o pesquisador conta com 99% de confiabilidade nos dados obtidos.

Através do método dos componentes principais de covariância, o BRIX apresentou estimativas que variaram de aproximadamente 11 a 265 avaliações necessárias, considerando uma precisão de 80% a 99%. Estes dados surgem para confirmar que o número de coletas da pesquisa realizada no Engenho Prado, assim como a executada no Engenho Terra Rica, foi inferior a realidade necessária para uma boa estimativa do valor real dos genótipos. Apesar de ser o procedimento mais eficiente, apresentando o menor número de avaliações, Santos et al. (2004), afirmar que a execução de mais de cinco cortes para avaliação de características inerentes a cultura da cana-de-açúcar, não proporciona aumento significativo na precisão.

Referente aos experimentos conduzidos no Engenho Massaranduba, na Tabela 13 encontram-se os resultados da análise de variância, quadrados médios, com relação as sete variáveis agroindustriais estudadas, relevantes a qualquer unidade que processa cana-de-açúcar.

Tabela 13: Resumo da análise de variância conjunta contendo os quadrados médios, coeficiente de variação e médias calculadas dos experimentos presentes no Engenho Massaranduba, 08, instalado na Região Costeira Norte de Pernambuco, Usina Santa Teresa, Goiana – PE e avaliado nas safras 2011/2012, 2012/2013 e 2013/2014. Recife (PE), 2014.

Eng. Massaranduba, lote 08								
FV	GL	QM						
		TPH (t.ha <sup>-1</sup> )	TCH (t.ha <sup>-1</sup> )	FIB (%)	PCC (%)	PZA (%)	BRIX (° brix)	ATR (kg.t <sup>-1</sup> )
Genótipos	11	40,56**	1871,50**	2,29**	1,51*	20,53 <sup>NS</sup>	0,62 <sup>NS</sup>	81,73*
Corte	2	230,18**	9819,30**	14,26**	18,23**	185,03**	6,45 <sup>NS</sup>	971,62**
G X C	22	6,87**	309,89**	0,80 <sup>NS</sup>	1,04 <sup>NS</sup>	23,53*	0,63 <sup>NS</sup>	49,38 <sup>NS</sup>
Resíduo	99	2,80	111,82	0,69	0,66	12,23	0,57	36,67
Médias		10,25	70,75	14,80	14,47	88,17	20,35	140,53
CV %		16,33	14,95	5,60	5,64	3,96	3,71	4,31

\*\* e \* Significativo a 1 e 5% de probabilidade respectivamente, pelo teste F;

<sup>NS</sup>, não significativo, pelo teste F;

Por meio da análise de variância, observa-se que houve diferença significativa em todas as características, variando de acordo com a fonte de variação e com os efeitos abordados. Para genótipos (G), houveram níveis de significância de 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ ) para as variáveis TPH, TCH e FIB e para PCC e ATR, a 5% de probabilidade ( $p < 0,05$ ). O exposto para TPH também foi determinado por Silveira et al. (2012), em avaliação fenotípica de cana-de-açúcar no Estado de Minas Gerais, sendo concordante também com os resultados obtidos por Mattos et al. (2013), ao estudarem ambientes de produção no Estado do Paraná. Ao pesquisar sobre condições de manejo em dois cortes, Gava et al. (2011), obtiveram resultados que discordam com o observado para as variáveis TCH ( $p < 0,05$  e não significativo) e TPH ( $p < 0,05$ ). A ocorrência de significância entre os tratamentos é um efeito desejável no melhoramento

genético, fato que adverte para a existência de variabilidade genética, sendo esta variabilidade ferramenta primordial aos trabalhos de pesquisa e obtenção de novas variedades. As variáveis PZA e BRIX não apresentaram diferenças significativas, o que dificulta a caracterização dos tratamentos com base nessas variáveis.

Cada corte realizado no Engenho Massaranduba foi caracterizado como um ambiente e, através da Tabela 13, é possível concluir que cada ambiente comportou-se de maneira distinta durante esta pesquisa. Isto pode ser apurado pela existência de diferenças entre os cortes (C), obtido pelo teste de significância, observados para esta fonte de variação. Seis das principais características agroindustriais da cana-de-açúcar (TPH, TCH, FIB, PCC, PZA e ATR) apresentaram efeito significativo, com uma probabilidade de 1%. Apenas para a variável BRIX os três cortes (ambientes) realizados comportaram-se da mesma forma, uma vez que a análise de variância não detectou diferenças significativas. A significância apresentada pela variável TPH nesta fonte de variação, foi concordante com a calculada por Guerra et al. (2009), ao avaliarem a adaptabilidade e estabilidade em clones precoces de cana-de-açúcar.

A fonte de variação interação genótipo x corte mostrou-se novamente significativa a 1% de probabilidade para TPH e TCH e a 5% de probabilidade para PZA, ao passo que para as demais características não foram identificadas diferenças significativas. Os resultados encontrados para TPH e TCH corroboram com os obtidos por Silva (2008) para alguns dos ambientes que o mesmo avaliou. Deste modo, observa-se que onde foi detectada significância, houve ativo efeito do ambiente sobre a expressão fenotípica do caráter.

Todas as informações apresentadas anteriormente são corroboradas pela boa condução dos experimentos que pode ser traduzida por bons coeficientes de variação. Estes apresentaram oscilação de 3,71 (BRIX) a 16,33 (TPH), sendo estes classificados por Gomes (1990) como baixo a médio. Bueno et al. (2012) avaliando épocas de corte e produtividade em cana-de-açúcar, encontraram coeficientes menores estudando as características TPH, TCH e PCC.

Com o objetivo de calcular os coeficientes de repetibilidade das características TPH, TCH, FIB, PCC, PZA, BRIX e ATR no Engenho Massaranduba, foi realizada análise do desempenho dos genótipos estudados neste, conforme Tabela 14.

Tabela 14: Valores médios dos caracteres toneladas de pol por hectare (TPH), toneladas de cana por hectare (TCH), fibra (FIB), pol % corrigida (PCC), pureza (PZA), teor de sólidos solúveis (BRIX) e açúcares totais recuperáveis (ATR), em experimento conduzido no Litoral Norte de Pernambuco, Usina Santa Teresa, Goiana – PE, no Engenho Massaranduba, lote 08. Recife (PE), 2014.

Genótipos	Caracteres							
	TPH	TCH	FIBRA	PCC	PUREZA	BRIX	ATR	
RB92579	12,91 a	86 a	14,53 a	15,01 a	90,36 a	20,52 a	143,993 a	
SP81-3250	12,62 a	85 a	14,48 a	14,81 a	88,93 a	20,52 a	143,123 a	
RB962962	11,79 a	85 a	15,51 a	13,82 a	85,69 a	20,26 a	136,264 a	
RB931011	11,06 b	76 b	14,94 a	14,45 a	88,36 a	20,35 a	140,192 a	
RB863129	10,64 b	73 b	14,44 a	14,53 a	89,85 a	19,93 a	139,843 a	
RB931003	10,44 b	72 b	14,78 a	14,54 a	87,87 a	20,52 a	141,422 a	
RB867515	10,38 b	73 b	14,85 a	14,32 a	88,61 a	20,04 a	138,800 a	
RB002504	10,09 b	70 b	15,47 a	14,41 a	88,27 a	20,49 a	139,813 a	
RB98710	9,81 b	68 b	14,73 a	14,30 a	87,44 a	20,25 a	139,505 a	
RB951541	9,03 c	62 c	14,89 a	14,30 a	86,75 a	20,46 a	139,993 a	
C1*	7,47 c	54 c	15,01 a	14,11 a	87,07 a	20,16 a	137,907 a	
RB99395	6,81 c	45 c	13,92 a	15,05 a	88,79 a	20,70 a	145,520 a	
Média	10,25	71	14,80	14,47	88,17	20,35	140,531	

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, pertencem ao mesmo grupo estatístico, ao nível de 5 % de probabilidade, pelo teste de grupamento de Scott e Knott.

\*\* Clone do PMGCA/UFRPE/RIDESDA da série 2000.

As estimativas do coeficiente de repetibilidade e grau de previsibilidade das características TPH, TCH, FIB, PCC, PZA, BRIX e ATR estão dispostas na Tabela 15 e se referem aos estudos realizados no experimento delineado no Engenho Massaranduba.

Tabela 15: Coeficiente de repetibilidade ( $r$ ) e de determinação ( $R^2$ ) avaliados pelos métodos da Análise de variância, Componentes principais - Covariância, Componentes principais - Correlação, Análise estrutural - Correlação e Análise estrutural - Covariância, em experimento instalado no Engenho Massaranduba, lote 08, Usina Santa Teresa, Goiana - PE. Recife (PE), 2014

		Variáveis agroindustriais						
Método		TPH	TCH	FIB	PCC	PZA	BRIX	ATR
		(t.ha <sup>-1</sup> )	(t.ha <sup>-1</sup> )	(%)	(%)	(%)	(° brix)	(kg.t <sup>-1</sup> )
ANAVA	$r$	0,62	0,62	0,38	0,12	0,04	0,00	0,17
	$R^2$	83,07	83,44	64,88	30,71	14,58	1,86	39,58
C. principais covariância	$r$	0,76	0,75	0,57	0,34	0,64	0,58	0,33
	$R^2$	90,48	90,31	80,52	60,72	84,69	73,79	60,68
C. principais correlação	$r$	0,67	0,72	0,39	0,16	0,17	0,25	0,21
	$R^2$	86,31	88,9	66,20	37,85	39,41	50,45	45,26
A. estrutural covariância	$r$	0,62	0,62	0,38	0,12	0,04	0,00	0,17
	$R^2$	83,07	83,44	64,88	30,71	14,58	1,86	39,58
A. estrutural correlação	$r$	0,67	0,70	0,37	0,16	0,01	0,09	0,20
	$R^2$	86,18	87,87	64,05	37,58	3,80	23,00	43,32
Média	$r$	0,67	0,68	0,42	0,18	0,18	0,18	0,22
	$R^2$	85,82	86,79	68,11	39,51	31,41	30,19	45,68

A exemplo do ocorrido para o Engenho Prado, o coeficiente de repetibilidade para o Engenho Massaranduba apresentou oscilação variando de baixa a alta, onde observa-se que os coeficientes médios de quatro variáveis foram baixos, de uma característica foi intermediário e de duas foram altos. Essa variação ocorreu também em função da metodologia empregada, onde constata-se novamente que o método dos coeficientes principais são os mais eficientes na determinação das propriedades referentes a repetibilidade de desempenho. Para Ferreira et al.



(2005), essas discrepâncias ocorrem em função dos tratamentos estudados, da execução das atividades referentes aos ensaios e das modificações acarretadas pelos anos agrícolas.

O nível de repetibilidade da variável TPH apresentou-se elevado para todos os métodos utilizados, tendo sido a menor estimativa obtida pela metodologia da análise de variância (0,62) e a maior pelo componentes principais de covariância (0,76). Esses resultados confirmam que houve uma regularidade entre as avaliações desta característica, de modo que a expressão (desempenho) foi continuada, o que facilita ao programa de melhoramento genético discriminar e indicar os melhores tratamentos com base nesta. A repetibilidade e o grau de previsibilidade foram concordantes entre os métodos da análise de variância e análise estrutural de covariância (0,62 e 83,07%, respectivamente) e entre os métodos dos componentes principais de correlação e análise estrutural de correlação (0,67), havendo leve diferença na precisão da determinação entre essas metodologias (86,31% e 86,16%, respectivamente). De modo geral, todos os métodos apresentaram acurácia superior a 80%, visto na literatura como índice satisfatório, sendo o de maior precisão o exposto pela metodologia dos componentes principais de covariância (90,48%). Ao avaliar a repetibilidade em capim-elefante pelo método dos componentes de covariância, Cavalcante et al. (2012), encontraram estimativas em diversas grandezas: três características cujas estimativas eram superiores as encontradas, quatro que se assemelhavam as expostas e uma com valores inferiores.

Valores do coeficiente de determinação ( $R^2$ ) superiores a 80% também foram obtidos para a variável TCH, tendo sido a média de 86,79%. Semelhante a variável TPH, encontrou-se concordância entre os métodos da análise de variância e análise estrutural de covariância (83,44%), da mesma forma que a metodologia dos componentes principais de covariância calculou um coeficiente de repetibilidade com exatidão superior a 90%. Com base na confiabilidade média encontrada em todos os métodos, há o indicativo de que o rendimento da variável TCH tende a ser reproduzido, sendo isso de grande relevância ao melhoramento da

cultura. Os dados calculados por Ferreira et al. (2005), corroboram com os expostos, uma vez que, ao analisar a mesma característica, os referidos autores obtiveram valores médios da repetibilidade semelhantes a média encontrada (0,68), utilizando para tanto os métodos da análise de variância (0,66), componentes principais (0,68) e análise estrutural (0,67), com uma acurácia média superior a alcançada nesta pesquisa (90,20%, 91,40% e 90,62%, respectivamente).

Para variável FIB, o grau de repetibilidade (Tabela 15) apresentou concordância entre a maioria dos métodos empregados: análise de variância (0,38), componentes principais de correlação (0,39), análise estrutural de covariância (0,38) e de correlação (0,37), havendo concordância também para o nível de precisão (65% em média). Embora os dados não se mostrem consistentes para serem utilizados no melhoramento da cana-de-açúcar na discriminação dos tratamentos, a regularidade entre as metodologias conota simetria nos dados. Da mesma forma que ocorreu para o Engenho Terra Rica, a característica FIB foi melhor descrita pelo método dos componentes principais de covariância, onde o  $r$  obtido foi de 0,57 com precisão de 80,52%

O método dos componentes principais de covariância também foi considerado o mais eficiente na descrição da repetibilidade para a variável PCC, visto que foi o maior coeficiente encontrado (0,34). Esse valor concordou com o encontrado para a característica ATR (0,33) pelo mesmo procedimento empregado, sendo assim o mais eficiente novamente. Proximidade também foi encontrada entre essas variáveis através do método da análise estrutural de covariância (0,12 e 0,17). Houve ainda equivalência entre os métodos dentro da mesma variável: análise de variância (0,12) foi análoga a análise estrutural de covariância (0,12) e o método dos componentes principais de correlação (0,16) foi equivalente ao da análise estrutural de correlação (0,16). Situação similar também pode ser verificada para ATR pelos mesmos métodos. A confiabilidade médias dos dados das duas variáveis ficou abaixo de 50%, o que

mostra a necessidade de realizar novas mensurações neste Engenho de modo a aumentar a precisão dos dados.

As características PZA e BRIX, juntamente com o PCC, apresentaram as menores estimativas médias de repetibilidade do ensaio em questão. Contudo o pesquisador não se deve prender a esse dado e sim ao alcançado pelo método dos componentes principais de covariância. A variável PZA obteve coeficiente de 0,64, com precisão superior a 80% (84,69%), sendo assim considerada satisfatória. Esta estimativa foi superior a encontrada na avaliação de cinco características estudadas por Soares et al. (2008), sendo equivalente a outras três. Para BRIX, o coeficiente foi de 0,58, podendo ser considerado intermediário e cuja exatidão foi de 73,79%. Para Cruz e Regazzi (2001), quando se obtêm valores medianos deste coeficiente, cabe ao pesquisador avaliar a necessidade de realizar novas mensurações, uma vez que nem sempre é proveitosa a realização de mais de três ensaios nas características dos genótipos.

A menor eficiência para estimativa da repetibilidade em PZA foi obtida pelo método da análise estrutural de correlação (0,01) e com precisão menor que 10% (baixíssima para ser considerada). Para BRIX, as piores avaliações foram feitas pelos métodos da análise de variância e análise estrutural de covariância (0,00), que conseguiu o pior coeficiente de determinação dentre todos os Engenhos estudados (1,86%). Sendo necessário adotar estas metodologias ao realizar o estudo da repetibilidade, é imprescindível ao programa de melhoramento realizar novas mensurações, de modo a aumentar a estimativa e sua confiabilidade.

Na Tabela 16 estão arranjas as mensurações imperativas, estimativas baseadas a partir de um grau de confiabilidade de 80%, 85%, 90%, 95% e 99%, em quatro metodologias.

Tabela 16: Número de avaliações para as características TPH (t.ha-1), TCH (t.ha-1), FIB (%), PCC (%), PZA (%), BRUX (° brix) e ATR (kg.t-1), a partir de coeficientes de determinação (R<sup>2</sup>) em diversas metodologias, para o experimento instalado no Engenho Massaranduba, lote 08, Usina Santa Teresa, Goiana - PE. Recife (PE), 2014

Anova (Modelo 1)							
R <sup>2</sup>	TPH	TCH	FIBRA	PC	PUREZA	BRUX	ATR
0,80	2,445	2,381	6,493	27,075	94,273	655,328	18,311
0,85	3,464	3,374	9,199	38,356	133,553	928,382	25,940
0,90	5,502	5,358	14,61	60,919	212,113	1474,488	41,200
0,95	11,615	11,311	30,842	128,607	447,795	3112,809	86,977
0,99	60,521	58,938	160,705	670,110	2333,248	16219,372	453,195
Componente principal (Covariância)							
R <sup>2</sup>	TPH	TCH	FIBRA	PC	PUREZA	BRUX	ATR
0,80	1,903	1,651	6,126	19,702	18,444	11,785	14,508
0,85	2,695	2,339	8,678	27,911	26,129	16,696	20,553
0,90	4,281	3,715	13,783	44,329	41,499	26,517	32,643
0,95	9,037	7,842	29,097	93,584	87,609	55,981	68,912
0,99	47,090	40,862	151,611	487,622	456,487	291,689	359,070
Componente principal (Correlação)							
R <sup>2</sup>	TPH	TCH	FIBRA	PC	PUREZA	BRUX	ATR
0,80	1,261	1,287	2,902	7,760	2,169	4,262	7,775
0,85	1,787	1,824	4,111	10,994	3,073	6,037	11,015
0,90	2,838	2,897	6,529	17,46	4,881	9,589	17,494
0,95	5,991	6,115	13,784	36,861	10,304	20,243	36,932
0,99	31,215	31,862	71,821	192,063	53,688	105,478	192,435
Análise estrutural							
R <sup>2</sup>	TPH	TCH	FIBRA	PC	PUREZA	BRUX	ATR
0,80	1,923	1,656	6,734	19,929	326,983	40,166	15,701
0,85	2,724	2,346	9,540	28,233	463,226	56,901	22,243
0,90	4,327	3,726	15,152	44,84	735,711	90,372	35,327
0,95	9,134	7,866	31,988	94,663	1553,169	190,786	74,579
0,99	47,592	40,985	166,674	493,243	8092,826	994,097	388,596

Tonelada de pol por hectare (TPH), tonelada de cana por hectare (TCH), fibra (FIB), pol % corrigida (PCC), pureza (PZA), teor de sólidos solúveis (BRUX) e açúcares totais recuperáveis (ATR).

A partir de um grau de previsibilidade de 80%, por todos os métodos considerados, são necessárias aproximadamente duas avaliações, de modo a estimar o valor real dos tratamentos para variável TPH. Cargnelutti Filho e Guadagnin (2011), ao realizarem estudo sobre planejamento de ensaios em milho e empregando a mesma precisão, obtiveram média de

experimentos superiores as encontradas para altura de planta e de espiga (5,3 e 5,5, respectivamente). Os índices que se verificam para as quatro metodologias, atendem satisfatoriamente as necessidade de um programa de melhoramento, proporcionando um nível elevado do coeficiente de repetibilidade para a característica, com um custeio racional, em uma precisão que expõem confiabilidade de que o desempenho a ser obtido irá se perpetuar em outras situações equivalentes. O número de avaliações mais inviável a ser realizado nesta variável e que conta com máxima precisão (99%), pode ser conferido pelo método da análise de variância, no qual segundo os cálculos estatísticos, são necessários aproximadamente 60 cortes para determinação do valor real dos tratamentos.

Para a variante TCH, considerando um grau de previsibilidade um pouco mais apurado (85%), observa-se que a metodologia mais eficiente é a dos componentes principais na qual o desempenho dos tratamentos pode ser estimado por meio de 1,82 medições. Contudo, trata-se de uma quantidade de cortes que não se pode realizar, sendo mais indicado fazer dois cortes. Assim sendo, este método passa a se equiparar com o outro dos componentes principais (2,33 cortes) e com o da análise estrutural (2,34 cortes). O método da análise de variância apresentou as maiores necessidades de avaliações para as estimativas a medida que a precisão aumentava, de modo que houve oscilação de 2,38 cortes ( $R^2 = 80\%$ ) a aproximadamente 59 cortes, onde o melhorista teria 99% de certeza dos dados que obteve. No caso do programa de melhoramento dispor de recursos e quiser precisão de quase 100% nos seus dados, seria indicado avaliar esses tratamentos, nas condições do Engenho Massaranduba, pelo método dos componentes principais de covariância ou pela análise estrutural. Nos dois casos são necessários perto de 41 medições.

Pela Tabela 16, ao estimar o número de medições para FIB, observa-se equivalência entre as metodologias da análise de variância (6,49 cortes), dos componentes principais de covariância (6,12 cortes) e análise estrutural (6,73 cortes), considerando uma confiabilidade de

80% para os valores reais dessa variável. Contudo é a metodologia dos componentes principais de correlação a mais eficiente para determinação desta propriedade, uma vez que perto de três safras satisfazem para originar um certeza da repetibilidade do desempenho da variável em questão. As estimativas calculadas nesta pesquisa não concordam com as obtidas por Manfio et al. (2011), já que estes julgaram ser necessário apenas uma avaliação para a maioria das características de seu estudo, em todas as metodologias e com níveis de precisão que oscilaram de 80% a 95%.

Avaliando as características PCC e ATR em uma precisão de 80%, observa-se que houve uma equivalência quanto a necessidade de avaliações pelo método dos componentes principais de correlação, sendo esta de quase oito cortes. Ressalta-se ainda que a concordância entre essas variáveis persistiu à medida que outros níveis de exatidão eram explorados, ou seja, que a confiabilidade aumentava: 85% (11 cortes), 90%(18 cortes), 95% (37 cortes) e 99% (192 cortes). Com confiabilidade de 85%, 90% e 95%, os dados contraídos nesse Engenho ao serem confrontados pelos obtidos por Negreiros et al. (2008), quando estes avaliaram características de produção, foram similares pelo método da análise estrutural, inferiores pela análise de variância e superiores pelos componentes principais de correlação e covariância.

Situação semelhante foi verificada, no experimento nas condições do Engenho Prado entre PCC e ATR, porém apenas para 80% de confiabilidade pelos métodos da análise de variância (13,45 e 14,93, respectivamente), componentes principais de covariância (8,15 e 9,28, respectivamente) e análise estrutural (11,85 e 12,55, respectivamente). Ao aumentar a precisão, aumentava também a disparidade nas mensurações.

As maiores necessidades de avaliações das condições do Engenho Massaranduba foram observadas para os atributos PZA pelo método da análise estrutural (8092 cortes) e para BRIX, pela análise de variância (16219 folhas). Em ambos os casos com uma precisão de quase 100% dos dados coletados, números esse que fogem a realidade de qualquer programa de

melhoramento, independente da cultura. Entretanto, o método mais eficiente e que garante confiabilidade de 80% é o dos componentes principais de correlação, onde para PZA bastam perto de duas mensurações e para BRIX quatro, o que torna esse tipo de análise estatística próxima da realidade do melhoramento.

## **Conclusões**

1. A metodologia mais eficiente na determinação da repetibilidade e do número mínimo de avaliações para obtenção do valor real das variedades que foram avaliadas no Engenho Terra Rica, foi a dos componentes principais. Entretanto esta eficiência não leva a menores custos para o programa de melhoramento pois é expressiva a quantidade de avaliações complementares necessárias para a tarefa.
2. As avaliações feitas no Engenho Prado não foram suficientes para a predição do valor real das características fibra, pol% cana, pureza, brix e ATR, advertindo a necessidade da realização de novas mensurações para melhor estimar a continuidade do desempenho dos tratamentos.
3. As variáveis TCH e TPH demonstraram regularidade entre as safras colhidas no Engenho Massaranduba.
4. A repetibilidade foi falha em permitir redução dos custos do programa de melhoramento.



### Referencial Teórico

ABEYWARDENA, V. **An application of principal component analysis in genetics**. In: CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. **Modelos Biométricos Aplicados ao Melhoramento Genético**. 2. ed. rev. Viçosa: Ed. UFV, 2001. 390p.

ALMEIDA, L. M. **Seleção de famílias de irmãos-completos de cana-de-açúcar e estimativa da diversidade genética via marcador de DNA (ISSR)**. 2010. 83f. Dissertação (Mestrado em genética e melhoramento de plantas) – Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, 2010.

BRAZ, T. G. S. **Parâmetros genéticos, repetibilidade e diversidade genética em híbridos de *Panicum maximum***. 2012. 117f. Tese (Doutorado em zootecnia) – Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2012.

BUENO, P. M. C. *et al.* Épocas de corte e a produtividade em genótipos de cana-de-açúcar, em cana-soca. **Revista Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, suplemento 1, p. 2715-2726, 2012.

CARDOSO, A. I. I. Número mínimo de colheitas em pepino híbrido estimado por meio do coeficiente de repetibilidade. **Revista Bragantia**, v. 65 n. 4, p 591-595, 2006.

CARGNELUTTI FILHO, A.; GUADAGNIN, J. P. Planejamento experimental em milho. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 4, p. 1009-1016, 2011.

CARGNELUTTI FILHO, A.; GONÇALVES, E. C. P. Estimativa do número de repetições para a avaliação de caracteres de produtividade e de morfologia em genótipos de soja. **Revista Comunicata Scientiae**, v. 2, n. 1, p.25-33, 2011.

CARGNELUTTI FILHO, A.; BRAGA JUNIOR, R. L. C.; LÚCIO, A. D. Medidas de precisão experimental e número de repetições em ensaios de genótipos de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.47, n.10, p.1413-1421, 2012.

CARGNELUTTI FILHO, A.; RIBEIRO, N. D.; STORCK, L. Número de repetições para a comparação de cultivares de feijão. **Revista Ciência Rural**, v. 39, n. 9, p.2419-2424, 2009.

CAVALCANTE, M. *et al.* Coeficiente de repetibilidade e parâmetros genéticos em capim-elefante. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.47, n.4, p.569-575, 2012.

CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento de Safra brasileira: cana-de-açúcar, terceiro levantamento, dezembro/2013. Disponível em: [http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13\\_12\\_20\\_10\\_56\\_08\\_boletim\\_cana\\_portugues\\_-\\_dez\\_2013\\_3o\\_lev\\_-\\_original.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13_12_20_10_56_08_boletim_cana_portugues_-_dez_2013_3o_lev_-_original.pdf). Acesso em: 02 jan. 2014.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. **Modelos Biométricos Aplicados ao Melhoramento Genético**. 1. ed. Viçosa: Ed. UFV, 1994. 390p.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J. Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. *In*: SANTOS, M. S. M. et al. Repetibilidade de características agroindustriais em cana-de-açúcar. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.39, n.4, p.301-306, 2004.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. **Modelos Biométricos Aplicados ao Melhoramento Genético**. 2. ed. rev. Viçosa: Ed. UFV, 2001. 390p.

CRUZ, C.D. **Programa Genes: estatística experimental e matrizes**. 1.ed. Viçosa, MG: Ed. da UFV, 2006. 285p.

DANNER, M. A. *et al.* Repetibilidade de caracteres de fruto em araçazeiro e pitangueira.

**Revista Ciência Rural**, v.40, n.10. p.2086-2091, 2010.

DELLA BRUNA, E.; MORETO, A. L.; DALBÓ, M. A. Uso do coeficiente de repetibilidade na seleção de clones de pessegueiro para o litoral sul de Santa Catarina. **Revista Brasileira de**

**Fruticultura**, v. 34, n. 1, p. 206-215, 2012.

DUTRA FILHO, J.A. *et al.* Estimativa do ganho por seleção para produtividade em famílias de cana-de-açúcar. **Revista Comunicata Scientiae**, v. 3 n. 1. p.35-40, 2012.

FERREIRA, A. *et al.* Repetibilidade e número de colheitas para seleção de clones de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40, n.8, p.761-767, 2005.

FERREIRA, R.P. *et al.* Determinação do coeficiente de repetibilidade e estabilização genotípica das características agronômicas avaliadas em genótipos de alfafa no ano de estabelecimento. **Revista Ceres**, v. 57, n.5. p. 642-647, 2010.

GAVA, G. J. C. *et al.* Produtividade de três cultivares de cana-de-açúcar sob manejos de sequeiro e irrigado por gotejamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.3, p.250–255, 2011.

GOMES, F.P. **Curso de estatística experimental**. 13. Ed. Piracicaba, SP: Ed. Da USP, 1990. 467p.

GUERRA, E. P. *et al.* Stability and adaptability of early maturing sugarcane clones by AMMI analysis. **Crop Breeding and Applied Biotechnology** 9 p.260-267, 2009.

LÉDO, F. J. S. *et al.* Estimativas de repetibilidade para caracteres forrageiros em *Panicum maximum*. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 4, p. 1299-1303, 2008.

MANSOUR, H.; NORDHEIM, E. V.; RULEDGE, J. J. **Estimators of repeatability**. In: CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. **Modelos Biométricos Aplicados ao Melhoramento Genético**. 2. ed. rev. Viçosa: Ed. UFV, 2001. 390p.

MANFIO, C. E. *et al.* Repetibilidade em características biométricas do fruto de macaúba. **Revista Ciência Rural**, v.41, n.1, p.70-76, 2011.

MARTUSCELLO, J. A. *et al.* Repetibilidade de caracteres agronômicos em *Panicum maximum* Jacq. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, p.1975-1981, 2007.

MATTOS, P. H. C. *et al.* Evaluation of sugarcane genotypes and production environments in Paraná by GGE biplot and AMMI analysis. **Crop Breeding and Applied Biotechnology** 13: p.83-90, 2013.

NASCIMENTO FILHO, F. J. *et al.* Repetibilidade da produção de sementes em clones de guaraná. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.44, n.6, p.605-612, 2009.

NEGREIROS, J. R. S. *et al.* Estimativas de repetibilidade de caracteres de produção em laranjeiras-doces no Acre. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.43, n.12, p.1763-1768, 2008.

OLIVEIRA, T.N. *et al.* Estimativa de Coeficientes de Repetibilidade para Mancha Ocular em Clones de *Pennisetum*. **Archivos de zootecnia**, v. 60, n. 231, p. 797-808, 2011.

RUTLEDGE, J.J. (1974) A scaling which remove bias of Abeywardena's estimator of repeatability. In: Cruz, C.D.; Regazzi, A.J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, 394p. 1994.

SANTOS, M. S. M. *et al.* Repetibilidade de características agroindustriais em cana-de-açúcar. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.39, n.4, p.301-306, 2004.

SANTOS, C. E. M. *et al.* Repetibilidade em características do fruto do maracujazeiro. **Revista Ceres**, v. 57, n.3, p.343-350, 2010.

SILVA, M. A. Interação genótipo x ambiente e estabilidade fenotípica de cana-de-açúcar em ciclo de cana de ano. **Revista Bragantia**, v.67, n.1, p.109-117, 2008.

SILVA, H.C. **Avaliação e repetibilidade de caracteres agroindustriais de genótipos RB de cana-de-açúcar no litoral norte de Pernambuco**. 2012. 106 f. Dissertação (Mestrado em Melhoramento genético de plantas) – Programa de pós-graduação em Agronomia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2012.

SILVEIRA, L. C. I. *et al.* Adaptabilidade e estabilidade fenotípica de genótipos de cana-de-açúcar no Estado de Minas Gerais. **Revista Ciência Rural**, v.42, n.4, 2012.

SOARES, E. B. S. *et al.* Repetibilidade e correlações entre caracteres morfo-agronômicos de cajazeira. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 6, p. 1851-1857, 2008.

SOUZA, P. H. N. *et al.* Avaliação de genótipos de cana-de-açúcar para início de safra na Microrregião Centro de Pernambuco. **Revista Ceres**, v. 59, n. 5, p. 677-683, 2012.

VIANA, B. L. *et al.* Repetibilidade e respostas de características morfofisiológicas e produtivas de capim-elefante de porte baixo sob pastejo. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.44, n.12, p.1731-1738, 2009.

**ANEXOS**

---

**NORMAS DAS REVISTAS**



## NORMAS PARA PUBLICAÇÃO REVISTA CIÊNCIA RURAL

**1. CIÊNCIA RURAL** - Revista Científica do Centro de Ciências Rurais da Universidade Federal de Santa Maria publica artigos científicos, revisões bibliográficas e notas referentes à área de Ciências Agrárias, que deverão ser destinados com exclusividade.

**2. Os artigos científicos, revisões e notas** devem ser encaminhados via [eletrônica](#) e editados em idioma Português ou Inglês. Todas as linhas deverão ser numeradas e paginadas no lado inferior direito. O trabalho deverá ser digitado em tamanho A4 210 x 297mm com, no máximo, 25 linhas por página em espaço duplo, com margens superior, inferior, esquerda e direita em 2,5cm, fonte Times New Roman e tamanho 12. **O máximo de páginas será 15 para artigo científico, 20 para revisão bibliográfica e 8 para nota, incluindo tabelas, gráficos e figuras.** Figuras, gráficos e tabelas devem ser disponibilizados ao final do texto e individualmente por página, sendo que **não poderão ultrapassar as margens e nem estar com apresentação paisagem.**

**3. O artigo científico deverá conter os seguintes tópicos:** Título (Português e Inglês); Resumo; Palavras-chave; Abstract; Key words; Introdução com Revisão de Literatura; Material e Métodos; Resultados e Discussão; Conclusão e Referências; Agradecimento(s) e Apresentação; Fontes de Aquisição; Informe Verbal; Comitê de

Ética e Biossegurança devem aparecer antes das referências. **Pesquisa envolvendo seres humanos e animais obrigatoriamente devem apresentar parecer de aprovação de um comitê de ética institucional já na submissão** (Modelo [.doc](#), [.pdf](#)).

**4.A revisão bibliográfica deverá conter os seguintes tópicos:** Título (Português e Inglês); Resumo; Palavras-chave; Abstract; Key words; Introdução; Desenvolvimento; Conclusão; e Referências. Agradecimento(s) e Apresentação; Fontes de Aquisição e Informe Verbal; Comitê de Ética e Biossegurança devem aparecer antes das referências. **Pesquisa envolvendo seres humanos e animais obrigatoriamente devem apresentar parecer de aprovação de um comitê de ética institucional já na submissão** (Modelo [.doc](#), [.pdf](#)).

**5.A nota deverá conter os seguintes tópicos:** Título (Português e Inglês); Resumo; Palavras-chave; Abstract; Key words; Texto (sem subdivisão, porém com introdução; metodologia; resultados e discussão e conclusão; podendo conter tabelas ou figuras); Referências. Agradecimento(s) e Apresentação; Fontes de Aquisição e Informe Verbal; Comitê de Ética e Biossegurança devem aparecer antes das referências. **Pesquisa envolvendo seres humanos e animais obrigatoriamente devem apresentar parecer de aprovação de um comitê de ética institucional já na submissão.** (Modelo [.doc](#), [.pdf](#)).

6. Não serão fornecidas separatas. Os artigos encontram-se disponíveis no formato pdf no endereço eletrônico da revista [www.scielo.br/cr](http://www.scielo.br/cr).

7. Descrever o título em português e inglês (caso o artigo seja em português) - inglês e português (caso o artigo seja em inglês). Somente a primeira letra do título do artigo deve ser maiúscula exceto no caso de nomes próprios. Evitar abreviaturas e nomes científicos no título. O nome científico só deve ser empregado quando estritamente necessário. Esses devem aparecer nas palavras-chave, resumo e demais seções quando necessários.



8. As citações dos autores, no texto, deverão ser feitas com letras maiúsculas seguidas do ano de publicação, conforme exemplos: Esses resultados estão de acordo com os reportados por MILLER & KIPLINGER (1966) e LEE et al. (1996), como uma má formação congênita (MOULTON, 1978).

9. As Referências deverão ser efetuadas no estilo ABNT (NBR 6023/2000) conforme normas próprias da revista.

#### 9.1. Citação de livro:

JENNINGS, P.B. **The practice of large animal surgery**. Philadelphia :Saunders, 1985. 2v.

TOKARNIA, C.H. et al. (Mais de dois autores) **Plantas tóxicas da Amazônia a bovinos e outros herbívoros**. Manaus : INPA, 1979. 95p.

#### 9.2. Capítulo de livro com autoria:

GORBAMAN, A. A comparative pathology of thyroid. In: HAZARD, J.B.; SMITH, D.E. **The thyroid**. Baltimore : Williams & Wilkins, 1964. Cap.2, p.32-48.

#### 9.3. Capítulo de livro sem autoria:

COCHRAN, W.C. The estimation of sample size. In: \_\_\_\_\_. **Sampling techniques**. 3.ed. New York : John Willey, 1977. Cap.4, p.72-90.

TURNER, A.S.; McILWRAITH, C.W. Fluidoterapia. In: \_\_\_\_\_. **Técnicas cirúrgicas em animais de grande porte**. São Paulo : Roca, 1985. p.29-40.

#### 9.4. Artigo completo:

O autor deverá acrescentar a url para o artigo referenciado e o número de identificação DOI (Digital Object Identifiers), conforme exemplos abaixo:

MEWIS, I.; ULRICH, CH. Action of amorphous diatomaceous earth against different stages of the stored product pests *Tribolium confusum* (Coleoptera: Tenebrionidae), *Tenebrionolitor* (Coleoptera: Tenebrionidae), *Sitophilus granarius* (Coleoptera: Curculionidae) and *Plodia interpunctella* (Lepidoptera: Pyralidae). **Journal of Stored Product Research**, Amsterdam (Cidade opcional), v.37, p.153-164, 2001. Disponível em: <[http://dx.doi.org/10.1016/S0022-474X\(00\)00016-3](http://dx.doi.org/10.1016/S0022-474X(00)00016-3)>. Acesso em: 20 nov. 2008. doi: 10.1016/S0022-474X(00)00016-3.

PINTO JUNIOR, A.R. et al (Mais de 2 autores). Resposta de *Sitophilus oryzae* (L.), *Cryptolestes ferrugineus* (Stephens) e *Oryzaephilus surinamensis* (L.) a diferentes concentrações de terra de diatomácea em trigo armazenado a granel. **Ciência Rural**, Santa Maria (Cidade opcional), v. 38, n. 8, p.2103-2108, nov. 2008. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-84782008000800002&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782008000800002&lng=pt&nrm=iso)>. Acesso em: 25 nov. 2008. doi: 10.1590/S0103-84782008000800002.

#### 9.5. Resumos:

RIZZARDI, M.A.; MILGIORANÇA, M.E. Avaliação de cultivares do ensaio nacional de girassol, Passo Fundo, RS, 1991/92. In: JORNADA DE PESQUISA DA UFSM, 1., 1992, Santa Maria, RS. **Anais...** Santa Maria :Pró-reitoria de Pós-graduação e Pesquisa, 1992. V.1. 420p. p.236.

#### 9.6. Tese, dissertação:

COSTA, J.M.B. **Estudo comparativo de algumas características digestivas entre bovinos (Charolês) e bubalinos (Jafarabad)**. 1986. 132f. Monografia/Dissertação/Tese

(Especialização/ Mestrado/Doutorado em Zootecnia) - Curso de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Santa Maria.

#### 9.7. Boletim:

ROGIK, F.A. **Indústria da lactose**. São Paulo : Departamento de Produção Animal, 1942. 20p. (Boletim Técnico, 20).

#### 9.8. Informação verbal:

Identificada no próprio texto logo após a informação, através da expressão entre parênteses.

Exemplo: ... são achados descritos por Vieira (1991 - Informe verbal). Ao final do texto, antes das Referências Bibliográficas, citar o endereço completo do autor (incluir E-mail), e/ou local, evento, data e tipo de apresentação na qual foi emitida a informação.

#### 9.9. Documentos eletrônicos:

MATERA, J.M. **Afecções cirúrgicas da coluna vertebral: análise sobre as possibilidades do tratamento cirúrgico**. São Paulo : Departamento de Cirurgia, FMVZ-USP, 1997. 1 CD.

GRIFON, D.M. Artroscopicdiagnosisofelbow displasia. In: WORLD SMALL ANIMAL VETERINARY CONGRESS, 31., 2006, Prague, Czech Republic. **Proceedings...** Prague: WSAVA, 2006. p.630-636. Acessado em 12 fev. 2007. Online. Disponível em: <http://www.ivis.org/proceedings/wsava/2006/lecture22/Griffon1.pdf?LA=1>

UFRGS. **Transgênicos**. Zero Hora Digital, Porto Alegre, 23 mar. 2000. Especiais. Acessado em 23 mar. 2000. Online. Disponível em: <http://www.zh.com.br/especial/index.htm>

ONGPHIPHADHANAKUL, B. Prevention of postmenopausal bone loss by low and conventional doses of calcitriol or conjugated equine estrogen. **Maturitas**, (Ireland), v.34, n.2, p.179-184, Feb 15, 2000. Obtido via base de dados MEDLINE. 1994-2000. Acessado em 23

mar. 2000. Online. Disponível em: [http://www. Medscape.com/server-java/MedlineSearchForm](http://www.Medscape.com/server-java/MedlineSearchForm)

MARCHIONATTI, A.; PIPPI, N.L. Análise comparativa entre duas técnicas de recuperação de úlcera de córnea não infectada em nível de estroma médio. In: SEMINARIO LATINOAMERICANO DE CIRURGIA VETERINÁRIA, 3., 1997, Corrientes, Argentina. **Anais...**Corrientes :Facultad de CienciasVeterinarias - UNNE, 1997. Disquete. 1 disquete de 31/2. Para uso em PC.

**10.** Desenhos, gráficos e fotografias serão denominados figuras e terão o número de ordem em algarismos arábicos. A revista não usa a denominação quadro. As figuras devem ser disponibilizadas individualmente por página. Os desenhos figuras e gráficos (com largura de no máximo 16cm) devem ser feitos em editor gráfico sempre em

qualidade máxima com pelo menos 300 dpi em extensão .tiff. As tabelas devem conter a palavra tabela, seguida do número de ordem em algarismo arábico e não devem exceder uma lauda.

**11.** Os conceitos e afirmações contidos nos artigos serão de inteira responsabilidade do(s) autor(es).

**12.** Será obrigatório o cadastro de todos autores nos metadados de submissão. O artigo não tramitará enquanto o referido item não for atendido. Excepcionalmente, mediante consulta prévia para a Comissão Editorial outro expediente poderá ser utilizado.

**13.** Lista de verificação (Checklist [.doc](#), [.pdf](#)).

**14.** Os artigos serão publicados em ordem de aprovação.

**15.** Os artigos não aprovados serão arquivados havendo, no entanto, o encaminhamento de uma justificativa pelo indeferimento.

**16.** Em caso de dúvida, consultar artigos de fascículos já publicados antes de dirigir-se à Comissão Editorial.



## INSTRUÇÕES AOS AUTORES

Atenção: As normas da Revista Ciência Agronômica podem sofrer alterações, portanto não deixe de consultá-las antes de fazer a submissão de um artigo. Elas são válidas para todos os trabalhos submetidos neste periódico. Um modelo de artigo pode ser visto em “MODELO ARTIGO” no endereço <http://www.ccarevista.ufc.br>.

1. Política Editorial A Revista Ciência Agronômica destina-se à publicação de artigos científicos, artigos técnicos e notas científicas que sejam originais e que não foram publicados (as) ou submetidos (as) a outro periódico, inerentes às áreas de Ciências Agrárias e Recursos Naturais. A RCA também aceita e incentiva submissões de artigos redigidos em Inglês e em Espanhol. Em caso de autores não nativos destas línguas, o artigo deverá ser editado por uma empresa prestadora deste serviço e o comprovante enviado para a sede da RCA no ato da submissão através da nossa página no campo “Transferir Documentos Suplementares”. Os trabalhos submetidos à RCA serão avaliados preliminarmente pelo Comitê Editorial e só então serão enviados para pelo menos dois (2) revisores da área e publicados, somente, se aprovados por eles e pelo Comitê Editorial. A publicação dos artigos será baseada na originalidade,

qualidade e mérito científico, cabendo ao Comitê Editorial a decisão final do aceite. O sigilo de identidade dos autores e revisores será mantido durante todo o processo. A administração da revista tomará o cuidado para que os revisores de cada artigo sejam, obrigatoriamente, de instituições distintas daquela de origem dos autores. O artigo que apresentar mais de cinco autores não terá a sua submissão aceita pela Revista Ciência Agronômica, salvo algumas condições especiais (ver Autores). Não serão permitidas mudanças nos nomes de autores a posteriori.

2. Custo de publicação O custo é de R\$ 35,00 (trinta e cinco reais) por página editorada no formato final. No ato da submissão é requerido um depósito de R\$ 80,00 (oitenta reais) não reembolsáveis, valor este que será deduzido no custo final do artigo editorado e aceito para publicação. Se o trabalho for rejeitado na avaliação prévia do Comitê Editorial, a taxa paga não poderá ser reutilizada para outras submissões dos autores. O comprovante de depósito ou transferência deve ser enviado ao e-mail da RCA (ccarev@ufc.br). No caso do trabalho conter impressão colorida deverá ser pago um adicional de R\$ 80,00 (oitenta reais) por página. Os depósitos ou transferências deverão ser efetuados em nome de:

REVCIENTAGRON ALEK Banco do Brasil: Agência bancária: 4439-3 - Conta poupança:  
13.215-2 Var 51

As opiniões emitidas nos trabalhos são de exclusiva responsabilidade de seus autores. A Revista Ciência Agronômica reserva-se o direito de adaptar os originais visando manter a uniformidade da publicação. A RCA não mais fornece separatas ou exemplares aos autores. A distribuição na forma impressa da RCA é de responsabilidade da Biblioteca de Ciência e Tecnologia da Universidade Federal do Ceará sendo realizada por meio de permuta com bibliotecas brasileiras e do exterior. Na submissão online é requerido: 1. A concordância com a declaração de responsabilidade de direitos autorais; 2. Que o autor que fizer a submissão do trabalho cadastre

todos os autores no sistema; 3. Identificação do autor de correspondência com endereço completo.

3. Formatação do Artigo DIGITAÇÃO: no máximo 20 páginas digitadas em espaço duplo (exceto Tabelas), fonte Times New Roman, normal, tamanho 12, recuo do parágrafo por 1 cm. Todas as margens deverão ter 2,5 cm. As linhas devem ser numeradas de forma contínua.

ESTRUTURA: o trabalho deverá obedecer à seguinte ordem: título, título em inglês, resumo, palavras-chave, abstract, key words, introdução, material e métodos, resultados e discussão, conclusões, agradecimentos (opcional) e referências.

TÍTULO: deve ser escrito com apenas a inicial maiúscula, em negrito e centralizado na página com no máximo 15 palavras. Como chamada de rodapé numérica, extraída do título, devem constar informações sobre a natureza do trabalho (se extraído de tese/dissertação, se pesquisa financiada,...) e referências às instituições colaboradoras. Os subtítulos: Introdução, Material e métodos, Resultados e discussão, Conclusões, Agradecimentos e Referências devem ser escritos em caixa alta, em negrito e centralizados.

AUTORES: na primeira versão do artigo submetido, os nomes dos autores e a nota de rodapé deverão ser omitidos. Somente na versão final o artigo deverá conter o nome de todos os autores com identificação em nota de rodapé, inclusive a do título. Os nomes completos (sem abreviaturas) deverão vir abaixo do título, somente com a primeira letra maiúscula, um após outro, separados por vírgula e centralizados na linha. Como nota de rodapé na primeira página, deve-se indicar, de cada autor, afiliação completa (departamento, centro, instituição, cidade, estado e país), endereço eletrônico e endereço completo do autor correspondente. O autor de correspondência deve ser identificado por um "\*". Só serão aceitos artigos com mais de cinco

autores, quando, comprovadamente, a pesquisa tenha sido desenvolvida em regiões distintas (diferentes).

**RESUMO e ABSTRACT:** devem começar com estas palavras, na margem esquerda, em caixa alta e em negrito, contendo no máximo 250 palavras.

**PALAVRAS-CHAVE e KEY WORDS:** devem conter entre três e cinco termos para indexação. Os termos usados não devem constar no título. Cada palavra-chave e key word deve iniciar com letra maiúscula e ser seguida de ponto.

**INTRODUÇÃO:** deve ser compacta e objetiva contendo citações atuais que apresentem relação com o assunto abordado na pesquisa. As citações presentes na introdução devem ser empregadas para fundamentar a discussão dos resultados, criando, assim, uma contextualização entre o estudo da arte e a discussão dos resultados. Não deve conter mais de 550 palavras.

**CITAÇÃO DE AUTORES NO TEXTO:** a NBR 10520/2002 estabelece as condições exigidas para a apresentação de citações em documentos técnico-científicos e acadêmicos. Nas citações, quando o sobrenome do autor, a instituição responsável ou título estiver incluído na sentença, este se apresenta em letras maiúsculas/minúsculas, e quando estiverem entre parênteses, em letras maiúsculas. Ex: Santos (2002) ou (SANTOS, 2002); com dois autores ou três autores, usar Pereira e Freitas (2002) ou (PEREIRA; FREITAS, 2002) e Cruz, Perota e Mendes (2000) ou (CRUZ; PEROTA; MENDES, 2000); com mais de três autores, usar Xavier et al. (1997) ou (XAVIER et al., 1997).

**VÁRIOS AUTORES CITADOS SIMULTANEAMENTE:** havendo citações indiretas de diversos documentos de vários autores mencionados simultaneamente e que expressam a mesma idéia, separam-se os autores por ponto e vírgula, em ordem alfabética, independente do ano de publicação. Ex: (FONSECA, 2007; PAIVA, 2005; SILVA, 2006).



**SIGLAS:** quando aparecem pela primeira vez no texto, deve-se colocar o nome por extenso, seguido da sigla entre parênteses. Ex: De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) [...].

**TABELAS:** devem ser numeradas consecutivamente com algarismos arábicos na parte superior. Não usar linhas verticais. As linhas horizontais devem ser usadas para separar o título do cabeçalho e este do conteúdo, além de uma no final da tabela. Cada dado deve ocupar uma célula distinta. Usar espaço simples. Não usar negrito ou letra maiúscula no cabeçalho.

**FIGURAS:** gráficos, fotografias ou desenhos levarão a denominação geral de Figura sucedida de numeração arábica crescente e legenda na parte superior. Para a preparação dos gráficos deve-se utilizar “softwares” compatíveis com “Microsoft Windows”. As figuras devem apresentar 8,2 cm de largura, não sendo superior a 17 cm. A fonte Times New Roman, corpo 10 e não usar negrito na identificação dos eixos. A Revista Ciência Agronômica reserva-se ao direito de não aceitar tabelas e/ou figuras com o papel na forma “paisagem” ou que apresentem mais de 17 cm de largura. Tabelas e Figuras devem ser inseridas logo após a sua primeira citação. Obs.: As figuras devem ser também enviadas em arquivos separados e com **RESOLUÇÃO** de no mínimo 500 dpi através do campo “Transferir Documentos Suplementares”.

**EQUAÇÕES:** devem ser digitadas usando o editor de equações do Word, com a fonte Times New Roman. As equações devem receber uma numeração arábica crescente. O padrão de tamanho deverá ser: Inteiro = 12 pt Subscrito/sobrescrito = 8 pt Sub-subscrito/sobrescrito = 5 pt Símbolo = 18 pt Subsímbolo = 14 pt

**ESTATÍSTICA:** 1. Caso tenha realizado análise de variância, apresentar o "F" e a sua significância; 2. Dados quantitativos devem ser tratados pela técnica de análise de regressão; 3.

Apresentar a significância dos parâmetros da equação de regressão; 4. Dependendo do estudo (ex: função de produção), analisar os sinais associados aos parâmetros. 5. É requerido, no mínimo, quatro pontos para se efetuar o ajuste das equações de regressão. 6. Os coeficientes do modelo de regressão devem apresentar o seguinte formato:  $y = a + bx + cx^2 + \dots$ ; 7. O Grau de Liberdade do resíduo deve ser superior a 12.

AGRADECIMENTOS: logo após as conclusões poderão vir os agradecimentos direcionados a pessoas ou instituições, em estilo sóbrio e claro, indicando as razões pelas quais os faz.

REFERÊNCIAS: são elaboradas conforme a ABNT NBR 6023/2002. Inicia-se com a palavra REFERÊNCIAS (escrita em caixa alta, em negrito e centralizada). Devem ser digitadas em fonte tamanho 12, espaço duplo, justificadas e separadas uma da outra por um espaço simples em branco. UM PERCENTUAL DE 60% DO TOTAL DAS REFERÊNCIAS DEVERÁ SER ORIUNDO DE PERIÓDICOS CIENTÍFICOS INDEXADOS COM DATA DE PUBLICAÇÃO INFERIOR A 10 ANOS. Com relação aos periódicos, é dispensada a informação do local de publicação, porém os títulos não devem ser abreviados. Recomenda-se um total de 20 a 30 referências.

Alguns exemplos: - Livro NEWMANN, A. L.; SNAPP, R. R. Beef cattle. 7. ed. New York: John Willey, 1977. 883 p.

- Capítulo de livro MALAVOLTA, E.; DANTAS, J. P. Nutrição e adubação do milho. In: PATERNIANI, E.; VIEGAS, G. P. Melhoramento e produção do milho. 2. ed. Campinas: Fundação Cargil, 1987. cap. 13, p. 539-593.

- Monografia/Dissertação/Tese EDVAN, R. L. Ação do óleo essencial de alecrim pimenta na germinação do matapasto. 2006. 18 f. Monografia (Graduação em Agronomia) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2006.

SILVA, M. N. da. População de plantas e adubação de nitrogenada em algodoeiro herbáceo irrigado. 2001. 52 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2001.

- Artigo de revista XAVIER, D. F.; CARVALHO, M. M.; BOTREL, M. A. Resposta de *Cratylia argentea* à aplicação em um solo ácido. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 27, n. 1, p. 14-18, 1997.

ANDRADE, E. M. et al. Mapa de vulnerabilidade da bacia do Acaraú, Ceará, à qualidade das águas de irrigação, pelo emprego do GIS. *Revista Ciência Agronômica*, v. 37, n. 3, p. 280- 287, 2006.

- Resumo de trabalho de congresso SOUZA, F. X.; MEDEIROS FILHO, S.; FREITAS, J. B. S. Germinação de sementes de cajazeira (*Spondias mombin* L.) com pré-embebição em água e hipoclorito de sódio. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SEMENTES, 11., 1999, Foz do Iguaçu. Resumos... Foz do Iguaçu: ABRATES, 1999. p. 158.

- Trabalho publicado em anais de congresso BRAYNER, A. R. A.; MEDEIROS, C. B. Incorporação do tempo em SGBD orientado a objetos. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE BANCO DE DADOS, 9., 1994, São Paulo. Anais... São Paulo: USP, 1994. p. 16-29.

- Trabalho de congresso em formatos eletrônicos SILVA, R. N.; OLIVEIRA, R. Os limites pedagógicos do paradigma da qualidade total na educação. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UFPe, 4., 1996, Recife. Anais eletrônicos... Recife: UFPe, 1996. Disponível em: <<http://www.propesq.ufpe.br/anais/anais/educ/ce04.htm>>. Acesso em: 21 jan. 1997.

GUNCHO, M. R. A educação à distância e a biblioteca universitária. In: SEMINÁRIO DE BIBLIOTECAS UNIVERSITÁRIAS, 10., 1998, Fortaleza. Anais... Fortaleza: Tec Treina, 1998. 1 CD-ROM.

UNIDADES e SÍMBOLOS: As unidades e símbolos do Sistema Internacional adotados pela Revista Ciência Agronômica. Grandezas básicas Unidades Símbolos Exemplos Comprimento metro m Massa quilograma kg Tempo segundo s Corrente elétrica amper A Temperatura termodinâmica Kelvin K Quantidade de substância mol mol Unidades derivadas Velocidade --- m s<sup>-1</sup> 343 m s<sup>-1</sup> Aceleração --- m s<sup>-2</sup> 9,8 m s<sup>-2</sup> Volume metro cúbico, litro m<sup>3</sup>, L\* 1 m<sup>3</sup>, 1 000 L\* Freqüência Hertz Hz 10 Hz Massa específica --- kg m<sup>-3</sup> 1.000 kg m<sup>-3</sup> Força newton N 15 N Pressão pascal Pa 1,013.105 Pa Energia joule J 4 J Potência watt W 500 W Calor específico --- J (kg °C)<sup>-1</sup> 4186 J (kg °C)<sup>-1</sup> Calor latente --- J kg<sup>-1</sup> 2,26. 106 J kg<sup>-1</sup> Carga elétrica coulomb C 1 C Potencial elétrico volt V 25 V Resistência elétrica ohm  $\Omega$  29  $\Omega$  Intensidade de energia Watts/metros quadrado W m<sup>-2</sup> 1.372 W m<sup>-2</sup> Concentração mol/metro cúbico mol m<sup>-3</sup> 500 mol m<sup>-3</sup> Condutância elétrica siemens S 300 S Condutividade elétrica desiemens/metro dS m<sup>-1</sup> 5 dS m<sup>-1</sup> Temperatura grau Celsius °C 25 °C Ângulo grau ° 30° Percentagem --- % 45% Números mencionados em seqüência devem ser separados por ponto e vírgula (;). Ex: 2,5; 4,8; 25,3.

4. Lista de verificação - Revista Ciência Agronômica Visando a maior agilidade no processo de submissão de seu artigo, o Comitê Editorial da Revista Ciência Agronômica, elaborou uma lista de verificação para que o autor possa conferir toda a formatação do manuscrito de sua autoria, ANTES de submetê-lo para publicação. A lista foi elaborada de acordo com as normas da Revista Ciência Agronômica. Respostas NEGATIVAS significam que seu artigo ainda deve ser adaptado às normas da revista e a submissão de tais artigos implicará na sua devolução e

retardo na tramitação. Respostas POSITIVAS significam que seu artigo está em concordância com as normas, implicando em maior rapidez na tramitação.

A. Referente ao trabalho 1. O trabalho é original? 2. O trabalho representa uma contribuição científica para a área de Ciências Agrárias? 3. O trabalho está sendo enviado com exclusividade para a Revista Ciência Agronômica?

B. Referente à formatação 4. O trabalho pronto para ser submetido online está omitindo os nomes dos autores na versão Word? 5. O trabalho contém no máximo 20 páginas, está no formato A4, digitado em espaço duplo, incluindo as referências; fonte Times New Roman tamanho 12, incluindo títulos e subtítulos? 6. As margens foram colocadas a 2,5 cm, a numeração de páginas foi colocada na margem superior, à direita e as linhas foram numeradas de forma contínua? 7. O recuo do parágrafo de 1 cm foi definido na formatação do parágrafo? Lembre-se que a revista não aceita recuo de parágrafo usando a tecla “TAB” ou a “barra de espaço”. 8. A estrutura do trabalho está de acordo com as normas, ou seja, segue a seguinte ordem: título, título em inglês, autores, resumo, palavras-chave, abstract, key words, introdução, material e métodos, resultados e discussão, conclusões, agradecimentos (opcional) e referências? 9. O título contém no máximo 15 palavras? 10. O resumo e o abstract apresentam no máximo 250 palavras? 11. As palavras-chave (key words) contêm entre três e cinco termos, iniciam com letra maiúscula e são seguidas de ponto? 12. A introdução contém citações atuais que apresentam relação com o assunto abordado na pesquisa e apresenta no máximo 550 palavras? 13. As citações apresentadas na introdução foram empregadas para fundamentar a discussão dos resultados? 14. As citações estão de acordo com as normas da revista? 15. As tabelas e figuras estão formatadas de acordo com as normas da revista e estão inseridas logo em seguida à sua primeira citação? Lembre-se, não é permitido usar “enter” nas células que compõem a(s) tabela(s). 16. As tabelas estão no formato retrato? 17. As figuras apresentam boa

qualidade visual? 18. As unidades e símbolos utilizados no seu trabalho se encontram dentro das normas do Sistema Internacional adotado pela Revista Ciência Agronômica? 19. Os números estão separados por ponto e vírgula? As unidades estão separadas do número por um espaço? Lembre-se, não existe espaço entre o número e o símbolo de %. 20. O seu trabalho apresenta entre 20 e 30 referências sendo 60% destas publicadas com menos de 10 anos em periódicos indexados? 21. Todas as referências estão citadas ao longo do texto?

22. Todas as referências citadas ao longo do texto estão corretamente descritas, conforme as normas da revista, e aparecem listadas?

C. Observações: 1. Lembre-se que SE as normas da revista não forem seguidas rigorosamente, seu trabalho não irá tramitar. Portanto, é melhor retardar o envio por mais alguns dias e conferir todas as normas. A consulta de um trabalho já publicado na sua área pode lhe ajudar a sanar algumas dúvidas e pode servir como um modelo (acesse aos periódicos no site <http://www.ccarevista.ufc.br/busca>). 2. Caso suas respostas sejam todas AFIRMATIVAS seu trabalho será enviado com maior segurança. Caso tenha ainda respostas NEGATIVAS, seu trabalho irá retornar retardando o processo de tramitação. Lembre-se: A partir da segunda devolução, por irregularidade normativa, principalmente em se tratando das referências, o mesmo terá a submissão cancelada e não haverá devolução da taxa de submissão. Portanto é muito importante que os autores verifiquem cuidadosamente as normas requeridas pela Revista Ciência Agronômica. 3. Procure SEMPRE acompanhar a situação de seu trabalho pela página da revista (<http://ccarevista.ufc.br>) no sistema online de gerenciamento de artigos. 4. Esta lista de verificação não substitui a revisão técnica da revista, a qual todos os artigos enviados serão submetidos.