

ÁLVARO EUGÊNIO DUARTE DE FRANÇA

**PREDIÇÃO DE GANHO GENÉTICO COM DIFERENTES ÍNDICES DE SELEÇÃO
EM SORGO SACARINO [*Sorghum bicolor* (L.) MOENCH]**

**RECIFE
2015**

ÁLVARO EUGÊNIO DUARTE DE FRANÇA

**PREDIÇÃO DE GANHO GENÉTICO COM DIFERENTES ÍNDICES DE SELEÇÃO
EM SORGO SACARINO [*Sorghum bicolor* (L.) MOENCH]**

**RECIFE
2015**

Ficha Catalográfica

F814p França, Álvaro Eugênio Duarte de
Predição de ganho genético com diferentes índices de
seleção em sorgo sacarino [*Sorghum bicolor* (L.)
MOENCH] /
Álvaro Eugênio Duarte de França. – Recife, 2015.
82 f.: il.

Orientador(a): Gerson Quirino Bastos.
Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade
Federal Rural de Pernambuco, Departamento de
Agronomia,
Recife, 2015.
Referências.

1. Melhoramento genético de plantas 2. Seleção
simultânea
3. Estratégia de seleção I. Bastos, Gerson Quirino,
orientador
II. Título

CDD 581.15

ÁLVARO EUGÊNIO DUARTE DE FRANÇA

PREDIÇÃO DE GANHO GENÉTICO COM DIFERENTES ÍNDICES DE SELEÇÃO
EM SORGO SACARINO [*Sorghum bicolor* (L.) MOENCH]

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.

COMITÊ DE ORIENTAÇÃO:

Professor Dr. Gerson Quirino Bastos, Orientador – UFRPE

Dr. Rafael Augusto da Costa Parrela, Co-orientador – Embrapa Milho e Sorgo

RECIFE
2015

PREDIÇÃO DE GANHO GENÉTICO COM DIFERENTES ÍNDICES DE SELEÇÃO EM SORGO SACARINO [*Sorghum bicolor* (L.) MOENCH]

ÁLVARO EUGÊNIO DUARTE DE FRANÇA

Dissertação defendida e aprovada pela Banca Examinadora em 17/03/2015.

Orientador:

Professor Dr. Gerson Quirino Bastos – DEPA/UFRPE

Examinadores:

Pesquisador Dr. José Nildo Tabosa – IPA

Pesquisador PhD. Gabriel Alves Maciel – IPA

RECIFE – PE
MARÇO, 2015

A meus pais José Geraldo Eugênio de França e Selva Florencia Duarte de França e a meus irmãos Ulysses Eugênio Duarte de França e Ingmar Duarte Menucci, pelo total apoio e conselhos em todas as fases de minha vida.

OFEREÇO

À minha namorada Natália Feitoza do Nascimento, pelos conselhos, paciência e dedicação.

DEDICO

“Adoramos a perfeição, porque não a podemos ter; repugná-la-íamos se a tivéssemos. O perfeito é o desumano porque o humano é imperfeito.”

(Fernando Pessoa)

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me proteger e guiar em todos os meus momentos.

Ao Professor Dr. Gerson Quirino Bastos, pela orientação, ensinamentos, conselhos e confiança desde a época da graduação.

Ao pesquisador Dr. Rafael Augusto da Costa Parrella, pela co-orientação, ensinamentos e pela grande oportunidade de realização do trabalho de dissertação nas dependências da Embrapa Milho e Sorgo.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, por ser a grande escola profissional de minha vida.

Aos Coordenadores do Programa de Pós-graduação em Agronomia - Melhoramento Genético de Plantas, Profa. Dra. Vivian Loges e Prof. Dr. José Luiz Sandes de Carvalho Filho, pela dedicação e grande esforço dedicados ao Programa.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Melhoramento Genético de Plantas, em especial Edson Ferreira da Silva, Francisco José de Oliveira, José Wilson da Silva e Luiza Suely Semen e Dimas Menezes pelos valorosos ensinamentos dados dentro e fora da sala de aula.

Ao pesquisador PhD. Robert Eugene Schaffert, pelos conselhos e ajuda na montagem do experimento.

Aos Prof. José Airton Rodrigues Nunes, Antônio Carlos de Oliveira, José Luis Sandes de Carvalho Filho e João de Andrade Dutra Filho pela grande ajuda no ajuste dos dados, opiniões e colaborações na estatística e modelos utilizados neste trabalho.

Aos membros da banca, os pesquisadores PhD. Gabriel Alves Maciel e Dr. José Nildo Tabosa, por terem contribuído nas correções da dissertação.

Ao membro suplente da banca Prof. Roberto de Albuquerque Melo, pela correção, ajuda e revisão do trabalho de dissertação.

Aos amigos do Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Melhoramento Genético de Plantas e em especial Robson Ramos, João Albuquerque Filho, Tâmara Albuquerque, Romildo Oliveira, Lamonier Ramos, Natalia Oliveira, Paulo Rocha, Diogo Borges, Lenivânia Silva, Stella Áurea, Ana Maria, Jonathas Oliveira, Adônis Mendes e José Carlos da Costa pelos momentos de descontração, estudos e amizade.

Ao doutorando da Embrapa Milho e Sorgo, Vander Souza pelos grandes ensinamentos compartilhados bem como aos estudantes de mestrado Guilherme Eculica, Michele Jorge, Karla Jorge e Karine Costa, pelo convívio, amizade e trocas de informações.

A todos os funcionários da Embrapa Milho e Sorgo, dentre eles: Magela, Arlindo, Clarindo, Alexandre, Marcos André, Edmar, Ednilson, Rodrigo e Davidson pelas valiosas ajudas na condução do experimento.

Aos estagiários do Galpão de Melhoramento de Sorgo, Miguel Mesquita, Pedro Borges, Pedro César Ribeiro, Ronaldo Teixeira, Rafael Teixeira, Victor Carneiro, Dantiele Linhares, Crislene Santos, Ruane Alice, Mariana Morais, Cintia Marques, Sabrina Ribeiro, Douglas Saldanha, Luisa Machado, Samuel Moura, Luiz Carlos Andrade, Alexandre Cardinali, Ana Maria, Gabrielle Lombardi, Mateus Saturnino, Alan Andrade, Marcos Paulo e Renan Souza pela amizade, ajuda na tomada dos dados além dos momentos de alegria e descontração.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq, pela concessão da bolsa de estudo durante a realização do Mestrado.

E a todos os que fizeram parte desta jornada,

Muito Obrigado!

RESUMO

PREDIÇÃO DE GANHO GENÉTICO COM DIFERENTES ÍNDICES DE SELEÇÃO EM SORGO SACARINO [*Sorghum bicolor* (L.) MOENCH]

O sorgo sacarino mostra-se como uma cultura promissora ao setor sucroenergético de modo a oferecer mais uma alternativa à produção de etanol, utilizando os mesmos equipamentos industriais já implantados. Para tanto, é necessário obter ganhos genéticos consistentes a cada ano em vários caracteres. Estes caracteres são divididos em agrônômicos e tecnológicos ou industriais de modo a se complementarem visando o incremento na produção de etanol por unidade de área. Para seleção baseada em múltiplos caracteres se faz extremamente necessário o conhecimento dos caracteres a serem utilizados, como também suas correlações genéticas para auxiliar na escolha dos caracteres. Os índices de seleção permitem auxiliar a seleção simultânea para que se possa mensurar os maiores ganhos genéticos a cada geração selecionada em todos os caracteres estudados. Houve ganho genético em todos os caracteres avaliados. Foram avaliados 196 genótipos, sendo 189 progênies e 7 testemunhas de sorgo sacarino. O delineamento experimental utilizado foi do tipo látice quadrado triplo, com parcelas perdidas, na estação experimental da Embrapa Milho e Sorgo em Sete Lagoas, Minas Gerais no ano de 2014. O índice Baseado na Soma de Ranks (IR) apresentou correlação negativa com o Índice Padronizado pela Média (IPM), Índice Padronizado pela Média Modificado (IPM*) e o Índice Z (IZ), bem como os menores índices de coincidência de seleção entre os índices. As progênies selecionadas apresentaram um grande potencial para se tornarem variedades ou como parentais para a geração de híbridos.

Palavras-chave: *Sorghum bicolor*, seleção simultânea, estratégia de seleção

ABSTRACT

PREDICTION OF GENETIC GAIN WITH DIFFERENT SELECTION INDICES IN SWEET SORGHUM [*Sorghum bicolor* (L.) MOENCH]

The sweet sorghum shows up as a promising crop to sugarcane industry in order to offer an alternative to ethanol production, using the same industrial parks already in place. Therefore, it is necessary to obtain consistent genetic gains every year for several characters. These characters are divided in agronomic and technical or industrial in order to supplement each other aiming at the increase of ethanol production per unit area. For selection based on multiple characters it is extremely necessary to know the characters to be used, as well as their genetic correlations to assist in the choice of characters to be used. The objective of this study was to estimate the genetic gain based on multi-select agricultural and industry characters in sweet sorghum genotypes. The selection indexes allow helping the simultaneous selection so that it is possible to measure the genetic gain per generation of selection for all selected characters. There were evaluated 196 sweet sorghum genotypes, 189 progenies and 7 witnesses at the experimental station of the Embrapa Maize and Sorghum in Sete Lagoas, Minas Gerais in 2014. The experimental design was a unbalanced square lattice with three replications. There was genetic gain in all traits. The Sum of the Ranks index (IR) was negatively correlated with the Standardized by the Average index (IPM), Modified Standardized by the Average index (IPM*) and Z index (IZ) and had the lowest rates of coincidence between the indices. The selected progeny showed a great potential to become varieties or parental for generations of hybrids.

Keywords: *Sorghum bicolor*, simultaneous selection, selection strategy

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO II - SELEÇÃO SIMULTÂNEA PARA CARACTERES AGROINDUSTRIAIS EM PROGÊNIES DE SORGO SACARINO UTILIZANDO ÍNDICES DE SELEÇÃO NÃO-PARAMÉTRICOS

Tabela 1. Descrição dos tratamentos e médias genóticas (BLUP) dos genótipos de sorgo sacarino para os cinco principais caracteres.....66

Tabela 2. Médias das populações de todos os caracteres avaliados das populações.....71

Tabela 3. Resumo da análise de variância via Proc GLM. Quadrado médio dos componentes de variância. Média do experimento, Coeficiente de Variação (CV%) e Coeficiente de Determinação (R^2).....72

Tabela 4. Correlações genéticas entre os caracteres agroindustriais de sorgo sacarino.....73

Tabela 5. Ganhos genéticos (GS) das cinco principais características em relação ao experimento, utilizando-se os índices de seleção em que, Índice de Ranks (IR); Índice Padronizado pela Média Modificado (IPM*); Índice Padronizado pela Média (IPM); Índice Z (IZ) e Seleção de Ganhos Positivos (SGP).....74

Tabela 6. Ganhos genéticos (GS) das cinco principais características em relação às testemunhas, utilizando-se os índices de seleção em que, Índice de Ranks (IR); Índice

Padronizado pela Média Modificado (IPM*); Índice Padronizado pela Média (IPM); Índice Z (IZ) e Seleção de Ganhos Positivos (SGP).....75

Tabela 7. Correlação de Spearman entre os índices e porcentagem de coincidência na seleção em que, Índice de Ranks (IR); Índice Padronizado pela Média Modificado (IPM*); Índice Padronizado pela Média (IPM); Índice Z (IZ) e Seleção de Ganhos Positivos (SGP).....76

Tabela 8. Ordenamento do material selecionado pelo Índice Padronizado pela Média (IPM)77

Tabela 9. Ordenamento do material selecionado pelo Índice de Ranks (IR).....78

Tabela 10. Ordenamento do material selecionado pelo Índice Z (IZ).....79

Tabela 11. Ordenamento do material selecionado pelo Índice Padronizado pela Média Modificado (IPM*).....80

Tabela 12. Ordenamento do material selecionado pela Seleção de Ganhos Positivos (SGP)81

SUMÁRIO

RESUMO.....	10
ABSTRACT.....	11
CAPÍTULO I	
INTRODUÇÃO GERAL.....	16
1 Introdução.....	17
Referências.....	19
2 Revisão bibliográfica.....	21
2.1 Cenário para a exploração de sorgo no Brasil.....	21
2.2 Sorgo como opção energética.....	23
2.3 Centro de origem, classificação botânica e bancos de germoplasma.....	26
2.4 Aspectos morfoagronômicos e formas de reprodução da espécie.....	27
2.5 Composição química do sorgo sacarino.....	29
2.6 Melhoramento genético de sorgo sacarino.....	30
2.7 Experimentos em látice quadrado.....	32
2.7.1 Látice Quadrado parcialmente balanceado.....	32
2.8 Modelos mistos.....	32
2.9 Índices de seleção.....	34
Referências.....	36
CAPÍTULO II	
SELEÇÃO SIMULTÂNEA PARA CARACTERES AGROINDUSTRIAIS EM PROGÊNIES DE SORGO SACARINO UTILIZANDO ÍNDICES DE SELEÇÃO NÃO- PARAMÉTRICOS.....	42
RESUMO.....	43

ABSTRACT.....	44
1 Introdução.....	45
2 Material e métodos.....	46
2.1 Localização do experimento.....	46
2.2 Experimento e tratos culturais.....	47
2.3 Caracteres avaliados.....	48
2.3.1 Época de Colheita e Amostragens.....	48
2.3.2 Variáveis analisadas.....	48
2.4 Análise estatística e índices de seleção.....	51
3 Resultados e discussão.....	56
4 Conclusões.....	61
5 Apoio institucional e financeiro.....	62
Referências.....	63

CAPÍTULO I
REVISÃO DE LITERATURA

1 INTRODUÇÃO

O sorgo, *Sorghum bicolor* (L.) Moench, tem sua origem no nordeste africano, onde se encontra, atualmente, a maior variabilidade de espécies silvestres e cultivadas (SANTOS et al., 2005). Uma segunda dispersão aconteceu e migrou ao continente asiático, devido às rotas de navegação da época. Nessa dispersão ocorreu o processo formação de centros de origem secundários, principalmente na China e na Índia (SLEPER & POEHLMAN, 2006).

O sorgo foi introduzido no Brasil pelos escravos africanos no século XVIII, onde era conhecido como milho d`angola (LIRA, 1981).

No Brasil, foram criados alguns programas de incentivo a produção de biocombustível após a crise do petróleo em 1972. Um desses programas foi o Pró-Álcool ou Programa Nacional do Álcool, que foi criado para proporcionar subsídios para tornar possível a substituição em larga escala dos combustíveis veiculares derivados de petróleo por etanol. A partir do lançamento do programa, foi renovado o interesse pelo sorgo sacarino (SCHAFFERT, 1992).

Por apresentar açúcares simples disponíveis para a fermentação, o sorgo sacarino pode ser utilizado para produção de etanol de primeira e segunda gerações em destilarias, tal como a cultura da cana-de-açúcar, alterando muito pouco o processo produtivo das usinas já existentes (KIM & DAY, 2010).

Devido a uma autosustentabilidade energética, a utilização e domínio tecnológico sobre os biocombustíveis se faz extremamente importante, pois a demanda mundial por esse tipo de energia tende a crescer e o seu uso é sustentável, além de apresentar oportunidade de aquecimento da economia agrícola (PARRELLA et. al.,2010).

Visando um aumento na produção total de etanol, é necessário melhorar características agroindustriais da cultura tais como produção de massa verde (PMV),

eficiência de extração (EXT), sólidos solúveis totais (BRIX), teor de sacarose no caldo (POL), os caracteres foram escolhidos de acordo com as prioridades estabelecidas pelo programa de melhoramento genético de sorgo sacarino da Embrapa Milho e Sorgo, localizado em Sete Lagoas, Minas Gerais. Contudo, ao se melhorar uma característica desejada poderá levar ao ganho negativo de muitas outras.

A teoria da seleção baseada em índices de seleção se faz muito oportuno, pois considera-se uma seleção baseada em múltiplos caracteres, neste caso tanto agronômicas como industriais (CRUZ et al., 2012).

Ademais, cabe ao melhorista verificar quais caracteres devem participar do índice de seleção para predizer melhores ganhos, em grandeza e sentido, para os caracteres em avaliação, bem como associar a seleção direta e indireta para o incremento nos ganhos do caráter de maior interesse (TEIXEIRA et al., 2012).

Nesse contexto, a seleção simultânea para vários caracteres com a utilização de índices de seleção é uma estratégia promissora no sentido de selecionar as melhores progênies de sorgo sacarino visando um incremento na produção de etanol.

O presente estudo tem por objetivo mensurar e comparar os ganhos de seleção obtidos a partir de diferentes índices, determinando as mais adequadas estratégias de modo a se obter ganhos baseados em seleção múltipla.

REFERÊNCIAS

CONAB, **Companhia Nacional de abastecimento**. Décimo levantamento da safra agrícola 2014/2015, Maio, 2015.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 4.ed. Viçosa: Editora UFV, 2012. 514p.

KIM, M.; DAY, D.F. Composition of sugar cane, energy cane, and sweet sorghum suitable for ethanol production at Louisiana sugar mills. **Journal of industrial microbiology & biotechnology**, Fairfax, v.38, p. 803-807, 2010.

LIRA, M.A. **Considerações sobre o potencial do sorgo em Pernambuco**. In: CURSO DE EXTENSÃO SOBRE A CULTURA DO SORGO, 1980, Vitória de Santo Antão, PE. Curso de Extensão sobre a Cultura do Sorgo. Brasília: EMBRAPA-DID, p.87-88, 1981.

PARRELLA, R.A.C.; MENEGUCHI, J.L.P.; RIBEIRO, A.; SILVA, A.R.; PARRELLA, N.L.D.; RODRIGUES, J.A.S.; TARDIN, F.D.; SCHAFFERT, R.D. Desempenho de cultivares de sorgo sacarino em diversos ambientes visando produção de etanol. CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 28; SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE LAGARTA DO CARTUCHO, 4, 2010, Goiânia. **Anais**. Sete Lagoas: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2010. p. 256-263.

SANTOS, F. G.; CASELA, C. R.; WAQUIL, J. M. Melhoramento de sorgo. In: BORÉM, A. **Melhoramento de espécies cultivadas**, 2ª ed. Viçosa: UFV, 2005. P. 605-658.

SCHAFFERT, R.E. **Sweet sorghum substrate for industrial alcohol**. Pages 131-137 in Utilization of sorghum and millets (Gomez, M.I., House, L.R., Rooney, L.W., and Dendy,

D.A.V., eds.). Patancheru, A.P. 502 324, India: International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics, 1992.

SLEPER, D.A.; POEHLMAN, J.M. **Breeding Field Crops**. 5^a ed. Ames: Blackwell Publishing, 2006. 424p.

TEIXEIRA, D.H.L.; DE OLIVEIRA, M.D.S.P.; GONÇALVES, F.M.A.; NUNES, J.A.R.
Índices de seleção no aprimoramento simultâneo dos componentes da produção de frutos em
açazeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, n. 2, p. 237- 243, 2012.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Cenário para a exploração de sorgo no Brasil

O sorgo é o quinto cereal mais plantado no mundo, ficando atrás de culturas estritamente alimentares como o arroz e o trigo e de culturas alimentares e também de uso industrial como o milho e a cevada (FAO, 2014).

O sorgo tem um papel fundamental na base alimentar em muitos países africanos e asiáticos em desenvolvimento, onde o sorgo granífero é o cereal mais consumido, podendo constituir cerca de 70% da dose diária de calorias por habitante. Em 2005, 35% da produção do sorgo foi produzido para o consumo humano e o restante usado, principalmente, na alimentação animal (ROONEY & AWIKA, 2005).

No Brasil, há muito pouco consumo de sorgo na alimentação humana. O cereal é cultivado, principalmente, visando à produção de grãos para suprir a demanda das indústrias de ração animal e como forragem, para alimentação de ruminantes (DYKES et al., 2005; TABOSA et al., 1993).

Nas décadas de 80 e 90, estudos no Brasil mostraram que diversos tipos de farinhas mistas, incluindo sorgo e trigo, poderiam ser utilizadas na panificação, com pouca alteração na qualidade e sabor do produto. Na ocasião, a Embrapa Milho e Sorgo, em parceria com a Embrapa Agroindústria de Alimentos, chegou a desenvolver uma linha de pesquisa com o objetivo de identificar e avaliar genótipos de sorgo que pudessem atender a esse mercado. Buscava-se, preferencialmente, cultivares de grãos brancos ou claros que fornecessem farinhas isentas de taninos (SCHAFFERT, 1986).

O Brasil é o décimo maior produtor de sorgo no mundo, com 2 milhões de toneladas produzidas, ficando atrás dos líderes norte-americanos como Estados Unidos e México,

países asiáticos como Índia e China, países africanos como Nigéria, Sudão e Etiópia e do representante da Oceania, a Austrália (WORLDSORGHUMPRODUCTION, 2014).

O Centro Oeste é a principal região de cultivo de sorgo granífero, enquanto o Rio Grande do Sul e Minas Gerais, de sorgos forrageiros. O sorgo granífero é cultivado, sob três sistemas de produção. No Rio Grande do Sul, planta-se sorgo na primavera e colhe-se no outono. No Brasil Central, a semeadura é feita em sucessão às culturas de verão, principalmente a soja. No Nordeste, a cultura é plantada na estação das chuvas (TEIXEIRA & TEIXEIRA, 2004).

O sorgo granífero tem maior representatividade no seu cultivo como safrinha, sucedendo o cultivo da soja ou algodão, representando 91% da produção total do sorgo granífero no Brasil (EMBRAPA, 2010).

De acordo com dados da Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB, haverá um decréscimo na produção brasileira de sorgo da safra 2014/2015 em relação a safra 2013/2014, de 1,89 para 1,86 milhões de toneladas de grãos, em virtude de uma redução da área plantada do cereal no país, de 731 para 698 mil hectares (CONAB, 2015).

Na região Nordeste, haverá um aumento na área plantada de aproximadamente 5,2%, de 148,7 para 156,5 mil hectares, contudo, se observará um decréscimo na produção, de 137 a 136,2 mil toneladas de grãos em virtude da diminuição da produtividade (CONAB, 2015).

No estado de Pernambuco, a previsão é de um significativo crescimento de área plantada, de 1,8 a 6,2 mil hectares, e de produção, de 1,0 a 2,7 mil toneladas, um crescimento de 170% (CONAB, 2015).

Em Pernambuco, o sorgo tem um histórico de pesquisa e iniciativas para a implementação da cultura no Estado. O atual Instituto Agrônomo de Pernambuco - IPA foi responsável pelo desenvolvimento e lançamento de várias variedades de sorgo granífero com grande utilização e aceitação no Brasil.

Destes materiais, destacou-se a cultivar IPA-7301011, de elevado potencial de produção e sem tanino no grão, que só no estado de Pernambuco, foi cultivado nos anos 80, área de 10-15 mil hectares. No momento, este material é bastante cultivado em outras unidades da federação, em sucessão à cultura da soja, como é o caso de algumas áreas de Mato Grosso, Maranhão e Piauí.

2.2 Sorgo como opção energética

Algumas culturas energéticas são conhecidas e utilizadas para a produção de etanol. Segundo Macedo (1993), essas culturas podem ser divididas em três categorias: Entre os produtos chamados sacaríneos, assim conhecidos por possuírem o açúcar sacarose, que após a fermentação poderá dar origem ao etanol, podemos citar: cana-de-açúcar, sorgo sacarino (colmo), beterraba, sucos de frutas em geral, entre outros. Amiláceos, que possuem esse nome por conterem o polissacarídeo amido em maior proporção, que temos a mandioca, raízes tuberosas, cereais de um modo geral, sorgo (grãos) e batata (tubérculo). A outra categoria é a de matérias-primas celulósicas, na qual o etanol é produzido a partir da celulose existente em sua composição, no qual se destacam: eucalipto, sorgo biomassa, capim-elefante, serragem, bagaço de cana, pericarpo de babaçu, casca de arroz, entre outros.

A partir da crise mundial de petróleo, ocorrido no ano de 1973, o governo brasileiro passou a buscar formas alternativas para reduzir a dependência do país aos combustíveis fósseis e amenizar os efeitos do choque na economia brasileira. Com a deterioração do balanço de pagamentos e aumento da inflação, causados pelo preço elevado do petróleo, o Brasil, que importava 80% da sua necessidade, se viu obrigado a buscar formas alternativas de combustíveis renováveis.

No momento dessa grave crise, o governo brasileiro decidiu investir no desenvolvimento e utilização de combustíveis renováveis. Em 1975, o Governo lança o Programa Nacional do Alcool – Pró-Alcool, a fim de diminuir a importação dos combustíveis fósseis e incentivar a produção de álcool no Brasil.

A cana-de-açúcar já era uma das principais culturas econômicas do Brasil e possuía um parque industrial muito desenvolvido para a produção de açúcar. Os processos fermentativos foram desenvolvidos de modo que muitas usinas, anteriormente apenas produtoras de açúcar, passaram a anexar destilarias para a produção de etanol em suas indústrias. Com essas vantagens, quase todo o etanol produzido na época vinha da cana-de-açúcar e rapidamente assumiu o papel da principal cultura para a produção do etanol no mundo.

Devido ao grande sucesso do Pró-Alcool, algumas instituições começaram a pensar na possibilidade de outras culturas alternativas fazerem parte dessa matriz energética nacional. Alguns estudos envolvendo cana-de-açúcar, mandioca e sorgo sacarino foram realizado por Silva, 1976, e mostraram grande competitividade do sorgo sacarino, sendo uma cultura com menor potencial energético quando comparado à cana-de-açúcar, 31.686 e 36.297 Mcal/ha. Ano, respectivamente, porém superior a cultura da mandioca 22.283 Mcal/ha. Ano.

O sorgo sacarino ainda apresenta uma série de vantagens em relação à mandioca. A principal é o fato de se poder usar para o sorgo a mesma estrutura de colheita mecanizada e o mesmo processo industrial da cana, amortizando grandes custos fixos (SORDI, 2011). A principal diferença está no plantio: ele é realizado com plantadoras de sementes semelhantes às utilizadas para plantios de milho, usando-se o sistema de plantio convencional ou plantio direto com os mesmos espaçamentos adotados para a cultura da cana. Após o plantio, todas as operações de aplicação de herbicidas e inseticidas e todas as atividades de colheita,

carregamento e transporte podem ser feitos com os mesmos equipamentos utilizados para a cana, com pequenas regulagens (SANTOS, 2011).

Além da vantagem mencionada, o sorgo sacarino surge como uma cultura suplementar a cultura da cana-de-açúcar, não em concorrência. Plantios de sorgo sacarino estão sendo testados no início de safra, para geração de bagaço para as caldeiras, e na utilização da entressafra da cana-de-açúcar. Sua utilização na entressafra vem trazendo grandes perspectivas, pelo fato da possibilidade funcionarem interruptamente, ou diminuir seu período ocioso. Outras motivações, são o ciclo e o custo de produção menor do sorgo, assim como possibilidade do aumento da área explorada, utilizando pastagens e outras não cultivadas com cana, agregando e atraindo produtores de outras cadeias (SORDI, 2011).

Após o período de ascensão do etanol como combustível, alguns fatores vieram a fazer com que o programa decaísse e atingisse seu ponto crítico em 1999, onde os preços internacionais de petróleo caíram abruptamente, e o preço do açúcar era mais convidativo, prevalecendo a destinação da cana-de-açúcar para sua produção (VEIGA FILHO & RAMOS, 2006).

Após 2000, houve uma retomada e novas adequações foram feitas no Pró-Álcool, principalmente através de ações corporativas, articulando cada vez mais segmentos econômicos, sociais e políticos, introdução dos veículos flex fuel, possibilidades de aumento nas exportações de etanol e patamares de preços elevados, nos curto e médio prazos, de petróleo no mercado mundial (VEIGA FILHO & RAMOS, 2006).

2.3 Centro de origem, classificação botânica e bancos de germoplasma

O sorgo foi originado na África e seus primeiros registros de cultivo datam cerca de 5.000 anos atrás. As grandes variações genéticas de sorgo foram encontradas na Etiópia e em países adjacentes no nordeste da África. Uma segunda dispersão foi realizada por volta de 4.000 anos atrás, além da área de origem e várias raças evoluídas foram encontradas na Índia, estabelecendo-se como centro de origem secundário, e posteriormente na China (SLEPER & POEHLMAN, 2006).

Sistematicamente o sorgo pertence a Divisão *Magnoliophyta*, Classe *Liliopsida*, Sub-Classe *Commelinidae*, Ordem *Cyperales*, Família *Poaceae*, Tribo *Andropogonae*, Gênero *Sorghum*. Para este Gênero ocorrem cinco seções: *Stiposorghum*, *Parasorghum*, *Sorghum* (cultivado), *Heterosorghum* e *Chaetosorghum*. Na seção *Sorghum*, cultivada atualmente, se reconhecem três espécies: *Sorghum halepense* (L.) Pers ($2n = 40$), *Sorghum propinquum* (Kunth) Hitchc. ($2n = 20$) e *Sorghum bicolor* (L.) Moench ($2n = 20$). A espécie *S. bicolor* se divide em três subespécies: *bicolor*, *drummondii* e *arundinaceum*. Esse último subdivide-se em quatro ecotipos: *aethiopicum*, *virgatum*, *arundinaceum* e *verticilliflorum* (HOUSE, 1985).

Os principais Bancos de Germoplasma no mundo são: O banco de germoplasma do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos, USDA - NCGRP – National Center for Genetic Resourcer Preservation, localizado em Fort Collins - Colorado, EUA. O outro está no ICRISAT - Internacional Crop Research Institute for the Semiarid Tropics, localizado em Hyderabad, Índia. O ICRISAT está inserido em um contexto mundial no CGIAR - Grupo Consultivo em Pesquisa Agrária Internacional. Os dois bancos de Germoplasma compreendem a 36.719 acessos (CGIAR, 2014).

No Brasil, o principal Banco de Germoplasma encontra-se na Embrapa Milho e Sorgo, localizado em Sete Lagoas, Minas Gerais. O referido Banco conta com 7.213 acessos de sorgo. As principais Instituições fornecedoras foram: ICRISAT; CIAT; USDA – Purdue

University; Texas A&M University; Kansas State University e Oklahoma State University (SANTOS et al., 2005).

2.4 Aspectos morfoagronômicos e formas de reprodução da espécie

Segundo Rooney (2004), existem quatro tipos principais de sorgo utilizados comercialmente: granífero; forrageiro; sacarino; vassoura e um novo tipo para a suplementação da energia mundial, o sorgo biomassa.

O sorgo sacarino é uma planta anual, tem como principais características o seu grande porte, com plantas de altura superiores a dois metros, elevada produção de massa verde, de 60 a 80 t.ha⁻¹, colmos suculentos e altos teores de açúcares fermentescíveis no caldo devido à translocação de fotoassimilados para o caule, tendo esse acúmulo iniciado na fase de floração, apresentando picos até a fase de maturação fisiológica (RATNAVATI et al., 2010).

O sorgo sacarino tem se mostrado uma planta de ampla versatilidade, pelo fato de poder utilizar a planta inteira, como os grãos, o caule e as folhas. São utilizadas mundialmente como fonte de alimentos, rações, fibras e vem chamando atenção pelo seu grande potencial energético (WOODS, 2001), devido ao fato de poder acumular açúcares solúveis em seu caule (RATNAVATI et al., 2010).

É uma planta de clima tropical e subtropical, possui mecanismo fotossintético C4, de dia curto e alta eficiência fotossintética, com um dos maiores índices de energia acumulada, com taxas de fotossíntese das folhas que vão de 30 a 100 mg dm⁻² h⁻¹ CO₂, dependendo do material genético, da intensidade de luz e da idade das folhas, com percentagem de açúcares fermentescíveis de 12-15% (RATNAVATI et al., 2003). Além disso, o sorgo é uma planta típica de clima quente que apresenta características xerófilas. Apresenta tolerância e resistência aos fatores abióticos como estresse hídrico, desenvolvendo-se bem em ambientes

com precipitações anuais inferiores a 600 mm, a salinidade, e riqueza mineral do solo, além de apresentar elevada eficiência de uso de água, sendo necessários, em média, 250 a 400g de água para produzir 1g de matéria seca. Nesta cultura, a eficiência de uso de água é superior a grande maioria das poáceas tropicais (TABOSA et al., 1987).

Em algumas espécies no gênero *Sorghum*, são encontradas algumas espécies propagadas vegetativamente sob a forma de rizomas. Contudo, a principal espécie cultivada, *Sorghum bicolor*, só é propagada sexualmente sob a forma de sementes.

O sorgo é uma espécie autógama com aproximadamente 5% de polinização cruzada, devido a sua morfologia floral. Contudo, essa variação de alogamia pode chegar até 30%, precisando-se tomar um relativo cuidado em seu manejo. A taxa de polinização cruzada varia de acordo com a morfologia da panícula, quanto mais aberta, maiores chances de polinização cruzada, e na localização, o terço superior tem uma taxa de polinização cruzada maior do que o terço médio e o terço inferior (DOGGET, 1970).

Os estigmas expostos antes da deiscência da antera estão sujeitas ao cruzamento. A parte reprodutiva do sorgo encontra-se no ápice terminal onde se encontra a panícula.

As espiguetas são nascidas em pares: uma séssil, bissexual e fértil, outra estéril ou com flor estaminada e nascida em um pedicelo curto, com excessão da espiguetas terminal que se encontra em conjunto e é acompanhada de duas espiguetas pediceladas.

A espiguetas séssil contém duas floretas, uma perfeita e fértil e outra estéril. As anteras e os estigmas são empurrados para fora quando o glúmen se abre. Uma panícula de sorgo produz, em média, 25-45 milhões de pólen. A viabilidade do pólen perde-se após poucas horas. A polinização ocorre pela ação do vento (SLEPER & POEHLMAN, 2006).

2.5 Composição química do sorgo sacarino

O colmo do sorgo sacarino atinge a maturação com cerca de 73% de umidade e os sólidos são divididos em carboidratos estruturais e não estruturais. Cerca de 13% dos carboidratos são não-estruturais, compostos de sacarose, glicose e frutose, quantidades variáveis de acordo com a cultivar, época de colheita, estágio de maturidade, entre outros fatores agronômicos (MAMMA et al., 1996). Anglani (1998) sugere uma classificação de sorgo sacarino com base na proporção de açúcares solúveis no caldo. O primeiro grupo com um elevado teor de sacarose (tipo sacarino) e o segundo com maiores teores de monossacarídeos (glicose e frutose) em comparação com outros carboidratos solúveis (de tipo xarope). Smith et al. (1987) não encontraram diferenças significativas no teor de açúcar ou composição na sua avaliação de seis variedades de sorgo sacarino ao longo de quatro anos, em nove locais diferentes, mantendo a composição de que 70% dos açúcares solúveis são sacarose e os 30% são divididos em outros açúcares.

Kim e Day (2011) em estudos comparativos sobre a produção de etanol de sorgo sacarino e outras matérias-primas em usinas de cana-de-açúcar apresentaram valores de açúcares totais em torno de 12% do caldo de sorgo sacarino, sendo em sua maior parte constituído por sacarose (7,6%), e em seguida por glicose (2,6%) e frutose (1,6%). No mesmo trabalho, o teor de fibra correspondeu a 13% da biomassa, que por sua vez foi constituído de 44,6% de celulose, 27,1% de hemicelulose, e 20,7% de lignina. Zhang et al. (2010) observaram valores médios iguais a 60 t.ha⁻¹ de biomassa, 18% de Brix no caldo e produção de 3,75 t.ha⁻¹ de etanol. Além de uma substancial produção de grãos, em de torno 4 t.ha⁻¹.

2.6 Melhoramento genético de sorgo sacarino

O sorgo sacarino apresenta uma série de vantagens que podem ser melhoradas para os diversos fins. Algumas dessas vantagens, dentre outras são: rapidez no ciclo (quatro meses); cultura totalmente mecanizável, desde o plantio até a colheita; produção de grãos em torno de 2,5 t. ha⁻¹, que podem ser utilizados para alimentação humana, animal ou para a produção de biocombustível; utilização do bagaço como fonte de energia para industrialização, cogeração de eletricidade ou forragem para animais, contribuindo para um balanço energético favorável.

Nesse sentido, o sorgo sacarino apresenta as três frações de carboidratos que podem ser melhorados, em paralelo, para a produção de etanol: açúcares pouco complexos como monossacarídeos e dissacarídeos presentes no caldo; amiláceos, com a presença de amido nos grãos e lignocelulósicas presentes no bagaço (BARCELOS et al., 2011).

Após a criação do Pró-Álcool a Embrapa Milho e Sorgo iniciou um programa melhoramento buscando o desenvolvimento de cultivares de sorgo sacarino (PURCINO, 2011). Neste período, houve forte incentivo do Governo Federal para o desenvolvimento de micro e minidestilarias com capacidade de 100 a 1000 L.hr⁻¹ que utilizariam o sorgo sacarino como matéria-prima.

Nos anos 80, o Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo (CNPMS) selecionou seis variedades de sorgo sacarino – BR 500, BR 501, BR 502, BR 503, BR504 e BR505 – derivadas das variedades Rio, Brandes, Roma, Theis, Dale e Wray, respectivamente, todas com produtividade de colmos superior a 40 t ha⁻¹ e teor de sólidos solúveis médios entre 18 e 20° Brix (PARRELLA, 2011).

Em 1987, as primeiras variedades brasileiras foram desenvolvidas com potencial para produção de etanol, sendo o BRS 506 e BRS 507, e o híbrido BRS 601.

Entretanto, com o insatisfatório êxito do Pro-Álcool e da política nacional voltada

para grandes destilarias, o eixo das pesquisas com sorgo sacarino foi redirecionado para a produção de cultivares forrageiras, provocando um intervalo no desenvolvimento tecnológico do sorgo sacarino (PARRELLA, 2011).

A Embrapa Milho e Sorgo reiniciou seu programa de desenvolvimento de cultivares de sorgo sacarino a partir de 2008, devido ao potencial desta cultura na geração de energia renovável e devido a grande demanda por matéria-prima alternativa para a produção de etanol nas grandes destilarias (PARRELLA, 2011).

Schaffert, 2012, estabeleceu uma série de metas a serem alcançadas ao Programa de Melhoramento de Sorgo Sacarino da Embrapa. De acordo com essas metas, os materiais selecionados devem apresentar: uma produtividade mínima de biomassa de 60 t/ha; extração mínima de açúcar total de 120 kg/t biomassa, considerando a eficiência de extração de 90-95%; conteúdo mínimo de açúcar total no caldo de 14%; produção mínima de álcool de 60 l/t biomassa; Período de Utilização Industrial (PUI) mínimo de 30 dias com extração mínima de açúcar total de 100 kg/t biomassa. Além da meta atual, o autor projeta uma meta futura (SCHAFFERT, 2012) (**Tabela 1**).

Tabela 1. Metas estabelecidas de rendimento e qualidade para o Programa de Melhoramento de Sorgo Sacarino da Embrapa Milho e Sorgo.

Característica	Metas de rendimento e qualidade de sorgo sacarino		
	1975	2011	(Futuro)
Rendimento mínimo de biomassa* t ha ⁻¹ (t ha ⁻¹ /mês)	40 (10)	50-60 (12-15)	80 (20)
Brix mínimo* (grau°, 245 kg cm ⁻¹ /60 seg)	16-17	18-19	20-22
Pico Brix (grau°)	21	23	23
Mínimo de extração de açúcar total* (kg t ⁻¹ biomassa)	80	100-120	120-150
Eficiência de extração (%)*	60-65	90-95	95
Teor mínimo de açúcar total no caldo (%)**	12,5	14	14-16
Rendimento mínimo de Álcool** (L t ⁻¹ biomassa)	40	60-70	70-85
Eficiência de fermentação (%)**	90	95	95
Eficiência de destilação (%)**	90	95	95
Eficiência Industrial (%)**	81	90	90
Período de Utilização Industrial (PUI, dias)*	30	30	30
Tipo de cultivar*	Variedade	variedade	variedade e híbridos

Parâmetros: *Agrônômico; **Industrial

2.7 Experimentos em látice quadrado

Experimentos em látice quadrado é um tipo de delineamento de blocos incompletos e pode ser analisado como blocos casualizados completos. A grande vantagem do látice quadrado consiste em poder analisar um grande número de tratamentos utilizando-se blocos de tamanho reduzido (RAMALHO et al., 2012).

2.7.1 Látice quadrado parcialmente balanceado

O experimento em látice parcialmente balanceado é utilizado quando o melhorista não dispõe das condições necessárias para fazer um delineamento balanceado, dado um elevado número de repetições que lhe é requerido.

O látice quadrado parcialmente balanceado ocorre quando nem todos os tratamentos estarão juntos em um mesmo bloco nas diferentes repetições. Conforme este delineamento, tomando-se um tratamento qualquer, é possível agrupar os demais em dois grupos distintos, de modo que os tratamentos do primeiro grupo ocorram juntos com o dado tratamento em um bloco do experimento, e os tratamentos do segundo grupo não ocorram juntos, com esse tratamento, em nenhum bloco. Os tratamentos do primeiro e segundo grupos são chamados, respectivamente, de primeiros associados e segundos associados do tratamento em questão (RAMALHO et al., 2012).

2.8 Modelos mistos

Em algumas situações, como perdas de parcelas, os valores genotípicos não podem ser mensurados diretamente. Nessa situação os valores genotípicos passam-se a ser preditos a partir dos correspondentes valores fenotípicos observados.

Na predição dos valores genotípicos, a escolha do método apropriado é o fator mais importante. Esse método deve gerar a inferência mais concisa e absoluta possível, necessitando ser analisado segundo parâmetros estatísticos apropriados (RESENDE & DUARTE, 2007).

Com isso, a análise de experimentos com dados desbalanceados tem merecido, nas últimas décadas, atenção especial por parte dos pesquisadores. No entanto, a maioria de tais estudos tem considerado apenas os modelos para fatores de efeitos fixos. Por outro lado, em muitas situações práticas um ou mais fatores podem estar associados a processos de amostragem, caracterizando os fatores de efeitos aleatórios e, nesse contexto, assumem grande importância os modelos de efeitos aleatórios bem como os modelos de efeitos mistos (MARCELINO & IEMMA, 2010).

Atualmente, estão universalmente consagrados nove métodos derivados de três conceitos clássicos da estimação estatística: os momentos, a função de verossimilhança e as funções quadráticas. Dentre os métodos derivados dos momentos estão o método de Fisher (1918), ANOVA, e os métodos I, II e III de Henderson (1953); dentre os derivados da função de verossimilhança estão o método da máxima verossimilhança, ML, de Hartley & Rao (1967) e da máxima verossimilhança restrita, REML, de Patterson & Thompson (1971) e, dentre aqueles derivados da estimação sobre funções quadráticas estão os métodos dos estimadores quadráticos de norma mínima, MINQUE (Rao, 1971a), de variância mínima, MIVQUE (Rao, 1971b) e iterativo de norma mínima, I-MINQUE (SEARLE, 1987).

O estimador Best Linear Unbiased Prediction ou BLUP, permite estabelecer valores genéticos preditos, em detrimento de dados perdidos. A metodologia via BLUP consiste basicamente na predição de valores genéticos dos efeitos aleatórios do modelo estatístico associado às observações fenotípicas, ajustando os dados aos efeitos fixos e ao número

desigual de informações nas parcelas por meio da metodologia de modelos mistos (RESENDE, 2002).

Segundo Bernardo, 2002, o procedimento BLUP promove uma melhor análise dos dados sob condições de desigualdade, tornando predições mais confiáveis do que as obtidas pelo método dos quadrados mínimos.

2.9 Índices de seleção

Os diferentes métodos de índice de seleção são utilizados quando se deseja obter materiais geneticamente superiores, baseado em uma série de atributos favoráveis, simultaneamente, que lhe confira rendimento comparativamente mais elevado quando comparado às populações ou progênies anteriores. A teoria de índice de seleção se faz eficiente, pois permite combinar as múltiplas informações contidas na unidade experimental, de modo que seja possível a seleção com base em um complexo de variáveis que reúna vários atributos de interesse agrônômico (CRUZ, 2006).

De modo geral, o ganho em relação a um caráter individual é reduzido, contudo esta redução é compensada por uma melhor distribuição de ganhos favoráveis nos demais caracteres.

A utilização de diferentes índices representa diferentes alternativas de seleção e de ganhos genéticos e se faz necessário para uma eventual comparação entre índices de modo a se escolher o mais favorável de acordo com a necessidade do melhorista.

Existem vários índices de seleção disponíveis para a utilização dos melhoristas que são utilizados de acordo com o tipo de seleção a ser empregado em um programa de melhoramento genético e, principalmente, em relação aos dados disponíveis ao melhorista.

Contudo, quando há perdas de parcela em um experimento, a média genotípica é predita pela metodologia Best Linear Unbiased Prediction ou Melhor Predição Linear Não-Viciada (BLUP), no qual os dados fenotípicos não são mais levados em consideração.

Utilizando somente os valores genotípicos, muitos dos índices utilizados com frequência como os propostos por Smith, 1936 e Hazel, 1943, que necessitam de valores fenotípicos, não são possíveis de serem mensurados.

Uma alternativa nesse caso, é a utilização de índices não-paramétricos ou não-lineares, que não necessitam de estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos que podem ser exemplificados pelo Índice de Ranks ou soma de postos (Mulamba & Mock, 1978), e os índices padronizados Z, proposto por Mendes (2009) e alguns índices padronizados propostos nesse trabalho.

Segundo Bertini et al. (2010), A utilização do índice de soma de ranks permite identificar genótipos superiores e divergentes assegurando a escolha de parentais com maior potencial produtivo e que pudessem ser utilizados na formação de populações segregantes.

O índice de seleção obtido por meio da padronização de variáveis, Índice Z, possibilita selecionar populações segregantes superiores, considerando simultaneamente os caracteres produtividade de grãos, notas de porte e de acamamento (MENDES et al., 2009).

Garcia e Souza Júnior (1999) estudaram a utilização de índices de seleção não-paramétricos, índice de ranks, índice multiplicativo e índice baseado na distância ao ideótipo, para a seleção de cultivares de milho e concluíram que tais índices foram ineficientes na seleção de cultivares.

REFERÊNCIAS

ANGLANI, C. Sorghum carbohydrates- A review. **Plant Foods for Human Nutrition**. New York, Vol. 52, No.1, pp. 77-83. ISSN 0921-9668, 1998.

BARCELOS, C.A.; SANTA ANNA, L.M.M.; MAEDA, R.N.; PEREIRA JÚNIOR, N. Boletim Técnico da Petrobras, Rio de Janeiro, v. 54, n. 3, p. 29-46, 2011.

BERNARDO, R. **Breeding for quantitative traits in plants**. Misesota: Woodbury, 2002. 369p.

BERTINI, C.H.C.M.; ALMEIDA, W.S.; SILVA, A.P.M.; LIMA E SILVA, J.W.; TEÓFILO, E.M. Análise multivariada e índice de seleção na identificação de genótipos superiores de feijão-caupi. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 32, n. 4, p. 613-619, 2010.

Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB. Acomp. safra bras. grãos, v. 2 - Safra 2014/15, n. 9 - Nono levantamento, Brasília, p. 1-104, junho 2015.

CRUZ, C. D. - **Programa Genes - Biometria**. 1. ed. Viçosa, MG: Editora UFV, v. 1. 382 p. , 2006.

DOGGET, H. – **SORGHUM**, Tropical Agriculture Series, Longmans, 1970.

DYKES, L.; ROONEY, L. W. Sorghum and millet phenols and antioxidants: review. **Journal of Cereal Science**, London, v. 44, p. 236-251, 2006.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA. Disponível em: <www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo_6_ed/mercado.htm>. Acesso em 20 de Junho de 2015.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAOSTAT 2014. Disponível em: <www.faostat.org/site/567/> Acesso em: 12 de Junho de 2015.

FISHER, R.A. The correlation between relatives on the supposition of Mendelian inheritance. **Philosophical Transactions of the Royal Society of Edinburgh**, Edinburgh, v.52, p.399-433, 1918.

GARCIA, A.A.F.; SOUZA JÚNIOR, C.L. Comparação de Índices de Seleção não Paramétricos para a Seleção de Cultivares. **Bragantia**, Campinas, 58(2):253-267, 1999.

HAZEL, L. N. The genetic basis for constructing selection indexes. **Genetics**, Austin, v. 28, n. 6, p. 476–490, 1943.

HARTLEY, H.O.; RAO, J.N.K. Maximum-likelihood estimation for the mixed analysis of variance model. **Biometrika**, v.54, p.93-108, 1967.

HENDERSON, C.R. Estimation of variance and variance components. **Biometrics**, v.9, p.226-252, 1953.

HOUSE, L.R. - **A Guide to Sorghum Breeding**. Hyderabad: ICRISAT, 1985. 238p.

MACEDO, L. C. H. de. **Álcool etílico: da cachaça ao cereal**. São Paulo: Ícone, 1993. 160p.

MAMMA, D., KOULLAS, D., FOUNTOUKIDIS, G., KEKOS, D., MACRIS, B.J. & KOUKIOS, E. Bioethanol from sweet sorghum: simultaneous saccharification and fermentation of carbohydrates by a mixed microbial culture. **Process Biochemistry**, Kansas City, Vol. 31, No.4, pp. 377-381, ISSN 1359-5113, 1996.

MENDES, F.F. et al. Index to select the best segregating populations of common beans. **Annual Report of Bean Improvement Cooperative**, East Lansing, v.52, p.14-15, 2009.

MENDES, F.F.; RAMALHO, M.A.P.; ABREU, A.F.B. Índice de seleção para escolha de populações segregantes de feijoeiro-comum. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.44, n.10, p.1312-1318, 2009.

MULAMBA, N. N.; MOCK, J. J. Improvement of yield potential of the Eto Blanco maize (*Zea mays* L.) population by breeding for plant traits. **Egyptian Journal of Genetics and Cytology**, Alexandria, v. 7, n. 1, p. 40–51, 1978.

PARRELLA, R.A.C. Melhoramento Genético do sorgo sacarino. **Revista Agroenergia**, Brasília, v.2, n.3, p.8-9, ago.2011.

PURCINO, A.A.C. Elementos do plano de negócios do sorgo sacarino da Embrapa. **Revista Agroenergia**, Brasília, v.2, n.3, p.46, ago. 2011.

RAMALHO, M.A.P.; FERREIRA, D.F.; OLIVEIRA, A.C. **Experimentação em genética e melhoramento de plantas**. 2.ed. Lavras: UFLA, 2005. 322p.

RATNAVATI, C.V.; DAYAKAR, B.; SEETHARAMA, N. Sweet sorghum stalk: A suitable raw material for fuel alcohol production. **Research Bulletin**, Hyderabad, v.17, n.5, p. 8. 2003.

RATNAVATHI, C. V.; SURESH, K.; VIJAY KUMAR, B. S.; PALLAVI, M.; KOMALA, V. V. E.; SEETHARAMA, N. Study on genotypic variation for ethanol production from sweet sorghum juice. **Karnataka J. Agric. Sci.** Hyderabad, v.34, p.947-952, 2010.

RAO, C.R. Minimum variance quadratic unbiased estimation of variance components. **Journal of Multivariate Analysis**, v.1, p.445-456, 1971b.

RESENDE, M.D.V.; DUARTE, J.B. Precisão e controle de qualidade em experimentos de avaliação de cultivares. **Pesquisa Agropecuária Tropical**. Goiânia, V.37, p.182-194, 2007.

ROONEY, L.W.; AWIKA. J.M. Overview of products and health benefits of specialty sorghums. **Cereals Food World**, v. 50, p.109-115, 2005.

ROONEY, W. L. Sorghum Improvement - Integrating Traditional and New Technology to Produce Improved Genotypes. **Advances in Agronomy**, College Station, v. 83, p. 37 -109, 2004.

SANTOS, F.G.; CASELA, C.R.; WAQUIL, J.M. **Melhoramento de Sorgo**. IN BORÉM, A. – **Melhoramento de Espécies Cultivadas**, Editora UFV, 2005.

SANTOS, G.S. Concorrência ampliada dos produtos do sorgo sacarino na entresafra da cana-de-açúcar no Brasil. **Revista Agroenergia**, Brasília, v. 2, n. 3, p.39-42, ago.2011.

SCHAFFERT, R.E. Desenvolvimento de cultivares de sorgo para o uso na alimentação humana. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.12, n. 144, p.13-14, 1986.

SEARLE, S.R. **Linear models for unbalanced data**. New York: John Wiley & Sons, 1987. 536p.

SILVA, J. G. da; SERRA, G. E.; MOREIRA, J. R. & GONÇALVES, J. C. Balanço energético cultural da produção de álcool etílico da cana-de-açúcar, mandioca e sorgo sacarino - Fase agrícola e industrial. **Brasil Açúcareiro**, 88 (6): 8-21, 1976.

SLEPER, D.A.; POEHLMAN, J.M. – **Breeding Field Crops**, Blackwell Publishing, Fifth Edition, 2006.

SMITH, G. A.; BAGBY, M. O.; LEWELLAN, R. T.; DONEY, D. L.; MOORE, P. H.; HILLS, F. J.; CAMPBELL, L. G.; HOGABOAM, G. J.; COE, G. E.; FREEMAN, K. Evaluation of sweet sorghum for fermentable sugar production potential. **Crop Science**, Vol. 27, No.4, pp. 788-793, ISSN 0931-2250, 1987.

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

SORDI, R.A. Sorgo sacarino para produção de etanol: uma visão do produtor e da usina de cana-de-açúcar. **Revista Agroenergia**. Brasília, v. 2, n. 3, p.31-32, 2011.

TABOSA, J. N.; FRANÇA, J. G. E. de; SANTOS, J. P. O.; MACIEL, G. A.; LIRA, M. de A.; de ARAÚJO, M. R. A. de; GUERRA, N. B. Teste em linhas de sorgo no semi-árido de Pernambuco para consumo humano. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 12, p. 1385-1390, 1993.

TABOSA, J.N.; TAVARES FILHO, J.J.; ARAÚJO, M.R.A. de; LIRA, M. de A.; ENCARNAÇÃO, C.R.F. da; BURITY, H.A. Water use efficiency in sorghum and corn cultivars under field conditions. **Sorghum Newsletter**, Tucson, v.30, p.91- 92, 1987.

TEIXEIRA, P. E. G.; TEIXEIRA, P. P. M. Potencial nutritivo da silagem de sorgo. In: WORKSHOP SOBRE PRODUÇÃO DE SILAGEM NA AMAZÔNIA, 1.,:2004, Belém. **Anais ...** Belém : Universidade Federal Rural da Amazônia, 2004 p. 83-100.

VEIGA FILHO, A.A.; RAMOS, P. **Proálcool e evidências de concentração na produção e processamento de cana-de-açúcar**. Informações Econômicas, SP, v.36, n.7, 2006.

WOODS, J. The potential for energy production using sweet sorghum in Southern Africa. **Energy for Sustainable Development**, v. 5, n. 1 , p. 31-38, 2001.

ZHANG, C.; XIE, G.; LI, S.; GE, L. & HE, T. The productive potentials of sweet sorghum ethanol in China. **Applied Energy**, Vol. 87, No.7, pp. 2360-2368, ISSN 0306-2619, 2010.

Capítulo II

SELEÇÃO SIMULTÂNEA PARA CARACTERES AGROINDUSTRIAIS EM PROGÊNIES DE SORGO SACARINO UTILIZANDO ÍNDICES DE SELEÇÃO NÃO- PARAMÉTRICOS

Artigo a ser submetido à revista Pesquisa Agropecuária Brasileira (PAB)

SELEÇÃO SIMULTÂNEA PARA CARACTERES AGROINDUSTRIAIS EM PROGÊNIES DE SORGO SACARINO UTILIZANDO ÍNDICES DE SELEÇÃO NÃO- PARAMÉTRICOS

Resumo

O objetivo deste trabalho foi mensurar e comparar os ganhos de seleção obtidos utilizando-se alguns índices de seleção, bem como identificar as melhores progênies de sorgo sacarino, *Sorghum bicolor* (L.) Moench, mais promissoras em produção de massa verde, teor de sólidos solúveis totais, extração, teor de sacarose no caldo e toneladas de sólidos solúveis totais por hectare de modo a se obter maiores ganhos genéticos baseados na seleção simultânea. Foram avaliadas 196 genótipos, sendo 189 progênies e 7 testemunhas em blocos incompletos com três repetições. O trabalho foi conduzido na Estação Experimental da Embrapa Milho e Sorgo e foi colhido em Junho de 2014. Foram utilizadas médias genotípicas via modelos mistos BLUP (Best Linear Unbiased Prediction). Foram testados quatro índices de seleção não-paramétricos dentre eles: índice de ranks, índice Z, índice padronizado pela média e índice padronizado pela média modificado. Foram realizados dois comparativos em relação aos ganhos, um em relação ao experimento como um todo e outro em relação às progênies com as testemunhas. Constatou-se que houve ganhos genéticos significativos em todos os caracteres e em todos os índices utilizados, baseados em uma seleção simultânea para múltiplos caracteres. O índice de ranks foi o índice que apresentou os menores ganhos genéticos em todas as condições. Houve também, um grande ganho genético de seleção das progênies em relação às testemunhas, evidenciando grande potencial para obtenção de variedade ou como parentais na geração de híbridos.

Palavras-chave: *Sorghum bicolor* (L.) Moench, ganho genético, modelos mistos.

SIMULTANEOUS SELECTION FOR AGRICULTURAL AND INDUSTRIAL TRAITS IN SWEET SORGHUM PROGENIES USING NON-PARAMETRIC SELECTION INDICES

The objective of this study was to measure and compare the selection gains obtained using some selection indices, as well as identify the best sweet sorghum progenies (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) in the production of green mass, total soluble solids content extraction, a sucrose content in the juice and soluble solids tons per hectare in order to obtain genetic gain based on the simultaneous selection. There were evaluated 196 genotypes, 189 progenies and 7 controls on incomplete block design with three replications. The work was conducted at the Experimental Station of Embrapa Maize and Sorghum and was collected in June, 2014. There were used genotypic via mixed models under BLUP (Best Linear Unbiased Prediction). Four non-parametric selection indices were tested including: ranks index, Z index, standardized index by the mean and standard index for the modified average. Two comparative been made, one of them regarding the gains relative to experiment as a whole and the other in relation to progenies witnesses. It was found that there was significant genetic gains in all the characters in all the indexes used, based on a simultaneous selection for multiple characters. The ranks index was the one that had the lowest genetic gains in all conditions. There was also a large gain from selection of the progenies in relation to the controls, showing great potential to develop varieties or as parents of generation hybrids.

Keywords: *Sorghum bicolor*, genetic gain, mixed models.

1 Introdução

O sorgo sacarino, *Sorghum bicolor* (L.) Moench, tem sido utilizado há mais de 150 anos nos Estados Unidos para produzir um xarope concentrado para alimentação humana, bem como tem também sido amplamente usado na produção de forragem e silagem para alimentação animal (Schaffert, 1992).

Com a crise do petróleo em 1972, o sorgo sacarino surgiu como uma cultura alternativa na produção de etanol, podendo ser cultivado na entressafra da cana-de-açúcar. Apresenta colmos rico em açúcares fermentescíveis, e pode servir para a produção de etanol na mesma instalação utilizada pela cana-de-açúcar (Anandan et al., 2012). Além disso, o sorgo sacarino apresenta grande potencial para a produção de etanol e rapidez do ciclo de produção, plantio por sementes, facilidade de mecanização, tolerância à seca (Durães, 2011).

Para aumentar a produção de etanol por unidade de área alguns aspectos têm de ser melhorados para a cultura do sorgo sacarino. Características agronômicas e tecnológicas precisam ser melhoradas em paralelo para aumentar a importância do sorgo sacarino como uma cultura protagonista na produção de etanol. Tais características principais são: produção de massa verde (PMV); sólidos solúveis totais (BRIX); extração de caldo (EXT) e teor de sacarose no caldo (POL). Nesse sentido, a seleção não deve ser baseada em apenas um caráter, uma vez que existe uma importância para o melhoramento de vários caracteres simultâneos. Para este caso a melhor alternativa será considerar a teoria do índice de seleção que permite combinar as múltiplas informações dos caracteres e ajudar na seleção dos genótipos superiores com base em um complexo de variáveis (Rodrigues et al., 2011).

Há alguns índices disponíveis ao uso do melhorista que devem ser utilizados de acordo com os dados disponíveis e necessidade do melhorista. Em caso de dados preditos via Melhor Predição Linear Não-Viciada (*Best Linear Unbiased Prediction*) - BLUP, onde os

valores fenotípicos são extintos e por conseguinte suas covariâncias e correlações, sendo assim, as melhores escolhas dar-se-ão pelos índices não-paramétricos.

O índice da soma de postos, proposto por Mulamba e Mock (1978), por ser um índice não-paramétrico apresenta a vantagem de não necessitar de pesos econômicos nem da estimação de parâmetros além das médias. O índice da soma de postos é baseado apenas na ordenamento dos genótipos quanto ao caráter desejado, e posteriormente a soma destes postos baseado nos múltiplos caracteres (Teixeira et al., 2012).

O índice Z permite padronizar os dados a serem utilizados como uma alternativa à seleção (Ramalho et al., 2012). Outros índices padronizados foram testados neste trabalho de modo a oferecer novas alternativas ao melhorista.

O objetivo deste trabalho foi mensurar e comparar os ganhos de seleção obtidos em alguns índices, bem como determinar as melhores estratégias de seleção de modo a se obter maiores ganhos baseados em seleção múltipla.

2 Material e Métodos

2.1 Localização do experimento

O experimento foi conduzido na área experimental da Embrapa Milho e Sorgo, localizada no município de Sete Lagoas, Minas Gerais e foi colhido em Junho de 2014.

O município de Sete Lagoas está localizada na região central do estado a 767 m de altitude, 19° 27' 57" de latitude sul e 44° 14' 49" de longitude oeste. A região apresenta clima ameno sem temperatura extremas em nenhuma época do ano, com média anual em torno de 23° C, com média máxima de 28°, o período chuvoso vai de outubro a março com índice médio pluviométrico anual é de 1.403 mm.

2.2 Experimento e tratamentos culturais

O experimento foi composto por 189 progênies na geração F5, provenientes de 16 subpopulações resultantes de 16 cruzamentos biparentais. O experimento total contou com mais sete testemunhas ou materiais padrão, totalizando 196 tratamentos (Tabela 1).

O experimento foi conduzido em látice quadrado 14 x 14, com 3 repetições e 14 blocos de 14 parcelas dentro da repetição, totalizando 588 parcelas.

As parcelas foram constituídas de duas linhas de 3m, espaçadas 0,3m entre linhas e 0,5m entre parcelas, contudo foi colhida uma linha para avaliação dos caracteres de agrônômicos, sendo a outra reservada para as análises industriais. A densidade de plantio utilizada foi de 10 plantas por metro linear após o desbaste.

As 588 parcelas foram semeadas no dia 14 de Fevereiro de 2014, conforme o delineamento pré-estabelecido. Todo o material genético foi cedido pela Embrapa Milho e Sorgo. A semeadura foi realizada sobre uma área com um pivot central com uma lâmina de irrigação de 10mm semanais de modo a evitar o estresse hídrico da cultura.

A semeadura do sorgo foi acompanhada de adubação de base no interior do sulco, na dose de 400 kg ha⁻¹ do formulado 8-28-16, equivalente a 32 kg ha⁻¹ de N, 112 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 64 kg ha⁻¹ de K₂O, baseando na expectativa de produção de biomassa total da parte aérea superior de 60 t ha⁻¹ (Alves et al., 1999). A adubação de cobertura foi realizada quando as plantas estavam com 3 ou 4 folhas definitivas, na dose de 400 kg ha⁻¹ de 20-02-20 aos 20 Dias Após a Semeadura (DAS) e 90 kg ha⁻¹ de ureia aos 35 DAS.

O manejo fitossanitário foi realizado com produtos registrados para a cultura conforme a necessidade foi utilizada para o controle da lagarta do cartucho, *Spodoptera*

frugiperda, com o produto de nome comercial Tracer de princípio ativo Espinosade na dosagem de 50 ml .ha⁻¹.

Foi observado a presença de broca-da-cana, *Diatraea saccharalis*. Com o objetivo de evitar maiores danos ao experimento, foi determinado o controle biológico com *Cotesia flavipes*. Foram liberadas cerca de 10.000 vespas de *Cotesia flavipes* por hectare.

A colheita foi realizada assim que os grãos da parcela atingiram o ponto de colheita, pois coincide-se ao ponto de maturidade do colmo.

2.3 Caracteres avaliados

2.3.1 Época de Colheita e Amostragens

A colheita foi realizada nos dias 15 a 17 de junho de 2014, de modo que todas as progênes estivessem no grau de maturidade desejável. Uma linha da parcela foi dedicada para a produtividade e a outra para os caracteres agroindustriais tais como: brix; extração, volume de caldo; pol.

2.3.2 Variáveis analisadas

Por ocasião da colheita foram avaliados os seguintes caracteres agroindustriais:

1. Estande final – Foi obtido através da contagem do número de plantas na área útil de cada parcela.
2. Florescimento (FLOR) – Foi observado o número de dias decorridos do plantio até o ponto em que 50% das plantas da parcela estiverem em florescimento.

3. Altura de planta (ALT) – Obtida a partir da altura média (m) de oito plantas tomadas aleatoriamente da área útil da parcela. A aferição foi feita com régua centimétrica medindo-se da superfície do solo ao ápice da panícula.

4. Peso de massa verde total (sem panícula) (PMV) – Obtida a partir do corte das plantas da área útil da parcela a 5,0 cm da superfície do solo. Após a remoção das panículas, foi realizada a pesagem (kg) dos colmos mais folhas com auxílio de balança digital de suspensão (capacidade 50 kg).

5. Peso de caldo (PCALDO) – Variável obtida a partir do peso do caldo de seis plantas aleatórias são moídas e , após a moagem, o caldo é pesado e expresso em gramas (g).

6. Extração de Caldo (EXT) – A extração de caldo ou rendimento de caldo (EXT) é o quociente entre o peso do caldo (PCALDO) e o peso das seis plantas amostradas (PP).

$$EXT = (PCALDO/PP)$$

7. Sólidos solúveis totais (°BRIX) do caldo - Foi determinado em caldo filtrado em papel de filtro qualitativo, a partir da 6ª gota do filtrado, em refratômetro digital de leitura automática, com correção automática de temperatura e resolução máxima de 0,1°Brix, de acordo com método proposto pela AOAC (1990).

8. Tonelada de Brix por hectare (TBH) - Foi determinada a partir do produto da produtividade de colmos por hectare (TCH, em toneladas), brix médio e extração.

$$TBH = (PMV \times \text{°BRIX} \times EXT)/100$$

9. Pol no caldo extraído (POL % caldo) – leitura sacarimétrica do caldo foi determinada em sacarímetro digital, automático de resolução de 0,01°Z (um centésimo de grau de sacarose) e calibrado a 20°C, em comprimento de onda de 587 e 589,4 nm de acordo com a metodologia proposta pelo CONSECANA (2006).

$$S = LPb (0,2605 - 0,0009882 \times B)$$

Transformação da leitura sacarimétrica com a mistura clarificante, à base de alumínio, para a leitura equivalente em subacetato de chumbo, foi realizada pela Equação 02, adaptada de CONSECANA (2006):

$$LPb = 1,00621 \times Lal + 0,05117$$

Onde:

LPb = leitura sacarimétrica equivalente à de subacetato de chumbo;

Lal = leitura sacarimétrica obtida com a mistura clarificante à base de alumínio.

Assim sendo, a equação completa para o cálculo da pol da cana (S) passa a ser Equação 03, adaptada de CONSECANA (2006):

$$S = (1,00621 \times Lal + 0,05117) \times (0,2605 - 0,0009882 \times B)$$

Onde:

S = pol no caldo extraído (%)

LAl = leitura sacarimétrica obtida com a mistura clarificante à base de alumínio

B = brix do caldo (°Brix).

10. Pureza aparente (PUR)- A pureza aparente do caldo (Q) é definida como a porcentagem de pol em relação ao brix, é calculada pela equação:

$$Q = (S/B) \times 100, \text{ onde:}$$

S = pol do caldo; B = brix do caldo. (CONSECANA, 2006).

11. Açúcares redutores (AR) - O teor de açúcares redutores (AR) por cento, em peso, de caldo é calculado pela equação:

$$\text{ARcaldo}(\%) = 3,641 - 0,0343 \times Q,$$

onde: Q = pureza aparente do caldo, expressa em porcentagem (CONSECANA, 2006).

12. Açúcares redutores totais no caldo (ARTcaldo(%)) - O teor de açúcares redutores totais (ART), é calculado pela equação (CONSECANA, 2006):

$$\text{ARTcaldo}(\%) = [\text{POL}(\%)/0.95] + \text{ARcaldo}(\%)$$

2.4 Análise estatística e índices de seleção

Tanto à análise de variância (ANAVA), via *General Linear Models Procedure* ou *proc GLM*, bem como os parâmetros genéticos foram gerados no programa SAS, 1990. A *Proc GLM* é utilizado em casos de dados desbalanceados (Mondardo & Iemma, 1998). O delineamento utilizado foi em látice quadrado triplo com parcelas perdidas para todas as variáveis utilizadas.

Para experimentos com parcelas perdidas, o melhor critério para obtenção de suas médias genotípicas é pelo procedimento Melhor Predição Linear Não-Viciada (BLUP). As médias BLUP foram geradas via *proc Mixed* do programa SAS (Tabela 1).

Como algumas subpopulações possuem um número variado de tratamentos, objetivou-se fazer a média por subpopulação de todos os caracteres observados (Tabela 2). A correlação genética foi originada pelo programa Selegen (Resende, 2002) (Tabela 3).

O modelo estatístico utilizado foi $y = Xr + Zg + Wb + e$, em que y é o vetor de dados, r é o vetor dos efeitos de repetição (assumidos como fixos) somados à média geral, g é o vetor dos efeitos genotípicos (assumidos como aleatórios), b é o vetor dos efeitos de blocos (assumidos como aleatórios), e é o vetor de erros ou resíduos (aleatórios). As letras maiúsculas representam as matrizes de incidência para os referidos efeitos.

As médias genotípicas BLUP foram submetidas aos índices de seleção de modo a obter os ganhos genéticos para a próxima geração de seleção com uma intensidade de seleção de 20%, ou seja, foram escolhidos 40 materiais para a próxima geração. Os índices utilizados foram: índice baseado em soma de ranks (IR), índice Z (IZ), índice padronizado pela média (IPM) e índice padronizado pela média modificado (IPM*), que foram utilizados pesos econômicos. Além dos índices, foi testado um modo de seleção combinada em vários caracteres de modo que cada progênie selecionada seja maior do que a média de cada caracter utilizado na seleção.

As correlações genotípicas foram calculadas a fim de compreender melhor as relações genéticas entre os caracteres, e se determinado caracter influencia ou não, positiva ou negativamente, os demais.

Após a seleção dos materiais, foi determinado o ganho genético sob duas vertentes, uma utilizando o ganho genético total, escolhendo os 40 melhores materiais e outra escolhendo os melhores progênies de cada seleção. Ambos os ganhos genéticos foram determinados também, comparando-os com os materiais conhecidos.

Por se tratar de uma experimento analisados por modelos mistos via BLUP, não foi possível a obtenção de dados fenotípicos, o que restringiu a utilização de muitos índices que exigem a covariância fenotípica em suas fórmulas. Contudo, outros índices de seleção puderam perfeitamente ser utilizados neste caso como o Índice de Ranks (IR), Índice

Padronizado Z (IZ), Índice Padronizado pela Média (IPM) e Índice Padronizado pela Média Modificado (IPM*).

O índice de soma de postos ou índice de Ranks (IR), consiste em realizar a seleção com base no ranqueamento de cada tratamento para múltiplos caracteres. Para o cálculo do índice, apenas são consideradas a classificação de cada tratamento entre todos os tratamentos, sendo considerado o valor numérico 1, para o tratamento de melhor posição, o valor numérico 2 para o tratamento que alcançou a segunda posição e assim por diante. Considera-se o modelo do índice:

$I_j = \sum n_{ij}$, sendo:

I_j = índice para o genótipo j ;

n_{ij} = número de classificação do caráter i para o genótipo j .

O índice Z é implementado a partir da padronização dos dados das parcelas, ou dos tratamentos, e permite a visualização do desempenho de cada progênie para todos os caracteres (Mendes, 2009). Este índice tem como fundamento a padronização das variáveis (Z_{ij}), com o objetivo de torná-las diretamente comparáveis, pelo seguinte estimador:

$Z_{ijk} = (y_{ij} - y_{.jk})/s_{jk}$, em que:

Z_{ijk} = o valor da variável k padronizada correspondente ao caráter k da população i , na repetição j ;

y_{ijk} = a observação do caráter k da população i , na repetição j ;

$y_{.jk}$ = a média geral do caráter k na repetição j ;

s_{jk} = desvio padrão fenotípico do caráter k na repetição j .

O valor do índice para todos os caracteres utilizados, basta considerar sua somatória do valor de Z em cada caráter:

$$\sum Z_{ijk} = Z_{ij1} + Z_{ij2} + \dots + Z_{ijn}$$

Uma alternativa para um índice padronizado, pode ser considerado o Índice Padronizado pela Média (IPM), um índice de fácil obtenção que consiste na padronização de cada tratamento para um dado caráter pela média do experimento. O somatório desses valores, pode ser considerado como um índice de seleção para caracteres múltiplos, sendo calculada pelo modelo:

$$IPM_{(i)} = \sum (y_{ki}/y_{m_k}) = (y_{1i}/y_{m_1}) + (y_{2i}/y_{m_2}) + \dots + (y_{ni}/y_{m_n})$$

Em que:

$IPM_{(i)}$ é o valor do índice associado ao genótipo i ;

y_{ki} é a média do indivíduo i relativo ao caráter k ;

y_{m_k} é a média aritmética de todos os indivíduos/progênes em relação ao caráter k .

Para enaltecer a importância de algum caracter sobre os demais, ou determinar o peso de cada caracter, de acordo com o desejo do melhorista, o índice IPM* pode ser obtido pelo produto com um peso pré-determinado pelo melhorista. A fórmula do índice modificado seria:

$$IPM^*_{(i)} = \sum u_s(y_{ki}/y_{m_k}) = u_1(y_{1i}/y_{m_1}) + u_2(y_{2i}/y_{m_2}) + \dots + u_n(y_{ni}/y_{m_n})$$

Em que:

IPM*_(i) é o valor do índice associado ao genótipo *i*;

u_k é o peso econômico do caráter *k*;

y_{ki} é a média do indivíduo *i* relativo ao caráter *k*;

ym_k é a média aritmética de todos os indivíduos/progênes em relação ao caráter *k*.

Os pesos econômicos utilizados foram 1,25 para os caracteres BRIX e PMV, 1,1 para o caracter EXT e 1,2 para os caracteres POL e TBH.

A intensidade de seleção para todos os índices foi de 20%, sendo selecionados 40 indivíduos em cada índice utilizado.

Foi testado uma Seleção de Ganhos Positivos (SGP) para múltiplos caracteres, que consiste em selecionar apenas materiais que tenham valores acima da média para todos os caracteres considerados, acarretando em ganho genético positivo para todos os caracteres em uma seleção baseada em caracteres múltiplos. A utilização dessa fórmula se dá de maneira mais rápida, pois a seleção se dá de maneira condicional aos ganhos positivos, suprimindo a utilização da intensidade de seleção do melhorista. A fórmula dessa seleção pode ser expressa:

$SGP_{(i)} = \sum (y_{ki}/ym_k) = (y_{1i}/ym_1) + (y_{2i}/ym_2) + \dots + (y_{ni}/ym_n)$, sendo $(y_{ni}/ym_n) = x$ e $x \geq 1$ em que:

y_{ki} é a média do indivíduo *i* relativo ao caráter *k*;

ym_k é a média aritmética de todos os indivíduos/progênes em relação ao caráter *k*.

Como o experimento teve testemunhas ou genótipos conhecidos, o ganho genético foi determinado em duas partes: uma o ganho genético do experimento total, baseado na intensidade de seleção de 20% e outra no ganho genético das progênes sobre as testemunhas observadas em todos os caracteres em todos os índices (Tabelas 4 e 5).

A predição dos ganhos por seleção foi obtida por meio da expressão:

$GS(\%) = GS/Média \times 100$, em que $GS = DS \times h^2$, sendo DS o diferencial de seleção obtido pela diferença entre a média das progênes selecionadas e a média da população original, ou seja, $DS = X_M - X_0$; e h^2 corresponde à herdabilidade da característica (Cruz & Carneiro, 2003).

Isso permite uma melhor visualização sobre a eficiência do ganho genético das progênes sobre as variedades já utilizadas comercialmente.

De modo a comparar os índices, foi realizado a correlação de Spearman entre os índices bem como a percentagem de coincidência de seleção de materiais.

3 Resultados e Discussão

Os dados dos caracteres agroindustriais proporcionaram resultados de análise de variância, parâmetros genéticos, coeficiente de determinação, coeficiente de variação e estimativas de correlação genotípica entre as variáveis consideradas, que são apresentados nas tabelas 3 e 4.

A análise de variância através do proc GLM para os caracteres altura média de planta (ALT), número de dias até a floração (FLOR), produção de matéria verde total em toneladas (PMV), peso de caldo (PCALDO), extração de caldo da planta (EXT), sólidos solúveis totais (BRIX), teor de sacarose no caldo extraído (POL), pureza aparente (PUR), açúcares redutores (AR), açúcares redutores totais (ART) e tonelada de sólidos solúveis totais por hectare (TBH), são apresentados na Tabela 3. Foi observada diferença significativa ($p < 0,01$), de acordo com o teste F, entre os tratamentos para todas as características observadas, indicando que os genótipos diferem geneticamente entre si quanto às características avaliadas.

Em se tratando de precisão experimental, expressa pela variação experimental (CV%), evidencia-se que para as variáveis altura média de planta (ALT) e número de dias até a floração (FLOR) foram observados CV% de 7,08% e 3,8%, respectivamente, sendo considerada por Pimentel Gomes (2000), como ótimas. O carácter número de dias até a floração teve o CV(%) mais baixo, sendo considerada o carácter com maior precisão experimental. Para os caracteres a serem utilizados para a seleção de materiais tais como PMV, EXT, BRIX, POL e TBH os coeficientes de variação foram 14,14%; 19,14%; 14,25%; 23,81% e 33,78%, respectivamente. O coeficiente de variação permite conhecer a confiabilidade dos dados.

Para os coeficientes de determinação (R^2), foi obtido para o carácter FLOR o maior valor, 90%, isso indica a porcentagem da característica a ser herdável para a geração seguinte. Para os caracteres a serem utilizados para a seleção de materiais como PMV, EXT, BRIX, POL e TBH apresentaram os seguintes valores 78%; 60%; 73%; 75% e 72%, respectivamente.

A utilização do melhor preditor linear não-viciado (BLUP), permitiu a obtenção das médias genóticas de cada carácter em cada tratamento (Tabela 1). Como o experimento teve genótipos originados de 16 populações diferentes, as médias populacionais estão presentes na tabela 2. Como houve uma grande dissiparidade entre o número de tratamentos por população e por testemunha, não foi possível fazer uma análise mais detalhada. Com as médias BLUP foi possível a mensuração das correlações genéticas, a ser consideradas tratando-se de seleção baseadas em múltiplos caracteres (Tabela 4). O carácter TBH por ser resultante da multiplicação dos caracteres, apresentou uma correlação genética positiva média com todos os caracteres a serem utilizados nos índices de seleção.

A utilização dos índices de seleção permite a seleção baseada em múltiplos caracteres, sendo utilizados neste trabalho os caracteres PMV, EXT, BRIX, POL e TBH. Esses

caracteres foram escolhidos por serem considerados os mais importantes estabelecidos pelo Programa de Melhoramento Genético de Sorgo Sacarino da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) Milho e Sorgo.

O índice de Ranks foi utilizado baseado no ranqueamento dos tratamentos em relação a todos os caracteres individuais. A soma desses valores obtidos pelo ranqueamento, permite o Índice de Ranks total. À partir do Índice de Ranks total, é possível a visualização dos melhores genótipos baseados em caracteres múltiplos (Tabela 8).

O Índice Padronizado Z, foi obtido visando a padronização dos caracteres utilizados. O somatório dos valores obtidos de cada caracter para cada tratamento, permite identificar os melhores genótipos em questão (Tabela 9).

O Índice Padronizado pela Média, permite uma padronização de cada tratamento à partir da média total do experimento. O somatório total de cada caracter e a ordenação, permite o melhorista observar a performance dos genótipos (Tabela 10).

Como uma sugestão de modificação no Índice Padronizado pela Média, foi realizado o Índice Padronizado pela Média Modificado com base em seus pesos econômicos determinados pelo melhorista. Para os caracteres PMV e BRIX foram considerados o peso de 1.25, devido às suas maiores importâncias; os caracteres POL e TBH foram considerados o peso de 1.2 e o caracter EXT foi considerado o peso de 1.1, devido a sua menor importância e ao seu menor coeficiente de determinação, de apenas 60%. O ordenamento está presente na Tabela 11.

Como uma alternativa para uma rápida seleção foi realizado a Seleção Baseada em Ganho Genético de Todos os Caracteres, que permite o melhorista selecionar somente os genótipos superiores em todos os caracteres simultâneos, também baseado na média do experimento de cada caracter (Tabela 12).

Em relação ao ganho genético, revelado em cada índice, foi realizado duas vertentes para uma melhor mensuração do melhorista. Em ambos os casos a intensidade de seleção utilizada foi de 20%.

Para o ganho genético da população, considerando o experimento como um todo, foram selecionados 40 genótipos superiores em relação a cada índice, não diferindo as progênies das testemunhas.

Considerando o experimento total, e com base no carácter PMV, o índice IPM* apresentou o maior ganho genético, 19,25%. Considerando o carácter BRIX, os índices IZ, IPM e IPM* apresentaram os maiores ganhos, 12,38%, 12,29% e 12,12%, respectivamente. Para o carácter EXT a seleção SGP apresentou o ganho genético de 3,92%, sendo superior aos demais índices e para o carácter POL, o índice IZ apresentou o maior ganho genético, 21,52%. Concomitantemente, o índice IR apresentou os menores ganhos genéticos para todos os caracteres baseados em uma seleção simultânea, 12,94% 10,34%, 1,94%, 24,69% e 18,89% para os caracteres PMV, BRIX, EXT, TBH e POL (Tabela 5)

Considerando o ganho genético dos índices de seleção baseado em múltiplos caracteres em relação às testemunhas ou genótipos comerciais, os maiores ganhos genéticos seguiram quase a mesma ordenação. Para o carácter PMV, o índice IPM* apresentou o ganho genético de 14,75%. Em relação ao carácter BRIX o índice IZ apresentou o ganho de 17,05%. O ganho de 6,15% foi observado na Seleção SGP. O índice IPM apresentou o ganho de 34,22% para o carácter TBH e o índice IZ apresentou o índice 35,9 para o carácter POL. Novamente, o índice IR apresentou os menores ganhos de seleção para todos os caracteres baseados na seleção simultânea. Foram observados os ganhos de 8,91%, 14,43%, 4,34%, 25,23% e 31,16% para os respectivos caracteres PMV, BRIX, EXT, TBH e POL (Tabela 6).

O índice IR, se mostrou insatisfatório quando comparado aos outros índices, mostrando os piores ganhos genéticos por seleção. Tal insatisfação foi evidenciada por

(Garcia & Souza Júnior,1999) que afirmaram que o índice não deveria ser utilizado em seleção e cultivares. Contudo, Pereira et al., 2013, evidenciaram ganhos genéticos satisfatórios na seleção de cultivares de café arábica. O IR não deve ser recomendado para experimentos com muitos tratamentos, pois caso haja uma posição de ranqueamento abaixo do desejável, pode comprometer o material com a soma de outros ranqueamentos.

Para um maior conhecimento entre as relações entre os índices foi realizado a correlação de Spearman e índice de coincidência de seleção (Tabela 7). De acordo com as estimativas das correlações de Spearman, observou-se associações negativas entre o IR em relação a todos os outros índices, -0,7145, -0,7145 e -0,7061 em relação aos índices IPM*, IPM e IZ, respectivamente. Entre os índices IPM*, IPM e IZ houve uma alta concordância entre os valores da correlação. O índice IPM* atingiu o valor de 0,99 entre o índice IPM, enquanto que o índice Z teve a correlação de 0,9894 e 0,9883 entre os índices IPM* e IPM. Os índices de coincidência entre os índices IPM* e IPM foi de 100%. O índice Z mostrou uma coincidência de 90% entre os índices IPM* e IPM. O índice IR teve o valor de coincidência de 62,5% em relação a todos os índices. Com base na Seleção de Ganhos Positivos (SGP), houve uma coincidência de 52,5% em relação ao IR, 72,5% em relação aos índices IPM e IPM* e 80% em relação ao índice Z. Os valores de coincidência comprovam a correlação entre os índices.

4 Conclusões

As progênes selecionadas possuem grande potencial de continuidade ao programa de melhoramento genético de sorgo sararino, podendo vir a formar variedades ou até mesmo potenciais parentais para o desenvolvimento de híbridos.

Ganhos genéticos significativos ocorrem em todos os caracteres e em todos os índices utilizados, baseados em seleção simultânea múltipla.

Considerando o ganho genético sobre a população, baseado em genótipos superiores sobre a população original, os índices IPM*, IPM e IZ apresentam ganhos genéticos similares em relação a todos os caracteres. O índice IR apresenta menores ganhos genéticos em relação a todos os caracteres.

Em relação ao ganho genético das progênes sobre as testemunhas ou genótipos comerciais, os índices mantem o mesmo comportamento, sendo mantida a similaridade entre os índices IPM*, IPM e IZ, conforme o ganho genético e a inferioridade do IR em relação a todos os caracteres.

A seleção combinada, apresenta ganhos genéticos inferiores aos índices IPM*, IPM e IZ, com exceção no caracter EXT, porém superiores ao índice IR.

O índice IR apresenta correlação negativa com os índices IPM*, IPM e IZ, bem como os menores índices de coincidência de seleção entre os índices. Os índices IPM*, IPM e IZ apresentam correlações fortíssimas e índices de coincidência de genótipos selecionados maiores do que 90%.

5 Apoio institucional e financeiro

- Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE;
- Programa de Pós Graduação em Agronomia ‘Melhoramento Genético de Plantas’ – PPGAMGP;
- Embrapa Milho e Sorgo;
- Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq;
- Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES.

Referências

- ALVES, V.M.C., VASCONCELLOS, C.A., FREIRE, F.M.; PITTA, G.V.E., FRANÇA, G.E., RODRIGUES FILHO, A., ARAÚJO, J.M., VIEIRA, J.R., LOUREIRO, J.E. (1999) Sorgo *In:* RIBEIRO, A.C., GUIMARÃES, P.T.G., ALVAREZ, V.V.H. (Ed.) **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5ª Aproximação**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais. p.325-327, 1999.
- ANANDAN, S. et al. Feeding value of sweet sorghum bagasse and leaf residues after juice extraction for bio-ethanol production fed to sheep as complete rations in diverse physical forms. **Animal feed science and technology**, v. 175, p. 131–136, 2012.
- AOAC, Official Methods of Analysis. 15th Edn., **Association of Official Agricultural Chemists Official Methods of Analysis**. Washington, 1990.
- CGIAR - Consultative Group on International Agricultural Research. Disponível em: www.cgiar.org , acessado em 29/03/2014.
- CONSECANA. Conselho dos produtores de cana de açúcar, Açúcar e Álcool do estado de São Paulo. **Manual de instruções**. 5 ed. Piracicaba: Consecana, 2006. 112p.
- CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos Biométricos Aplicados ao Melhoramento Genético**. Viçosa: , v.2, 585p UFV, 2003.

CRUZ, C.D. **Programa Genes** (versão Windows): aplicativo computacional em genética e estatística. Viçosa: UFV, 2001. 648p.

DURÃES, F.O. M. Sorgo sacarino: tecnologia agrônômica e industrial para alimentos e energia. **Revista Agroenergia**. Brasília, v. 2, n. 3, p.2, ago. 2011.

GARCIA, A.A.F.; SOUZA JÚNIOR, C.L. Comparação de Índices de Seleção não Paramétricos para a Seleção de Cultivares. **Bragantia**, Campinas, 58(2):253-267, 1999.

MENDES, F.F. et al. Index to select the best segregating populations of common beans. **Annual Report of Bean Improvement Cooperative**, v.52, p.14-15, 2009.

MONDARDO, M.; IEMMA, A.F.. CONSIDERAÇÕES A RESPEITO DE FUNÇÕES ESTIMÁVEIS FORNECIDAS PELO PROC GLM DO SAS PARA DADOS DESBALANCEADOS. **Sci. agric.**, Piracicaba , v. 55, n. 2, May 1998.

PEREIRA, T.B.; MENDES, A.N.G.; BOTELHO, C.E.; REZENDE, J.C.; VILELA, D.J.M.; DE RESENDE, M.D.V. Seleção de Progenies F₄ de Cafeeiros Obtidas e Cultivares do Grupo Icatu. **Coffee Science**, Lavras, v. 8, n. 3, p. 337-346, jul./set. 2013.

PIMENTEL GOMES, F. **Curso de Estatística Experimental**. 14 ed. Piracicaba: Degaspari, 2000. 477p.

RAMALHO, M.A.P.; ABREU, A.F.B.; SANTOS, J.B.; NUNES, J.A.R. **Aplicações da genética quantitativa no melhoramento de plantas autógamas**. Lavras: UFLA, 2012. 522p.

RESENDE, M.D.V. **Software SELEGEN - REML/BLUP**. EMBRAPA. Colombo, Novembro, 2002.

RODRIGUES, F.; VON PINHO, R.G.; ALBUQUERQUE, C.J.B.; VON PINHO, E.V.R. Índice de seleção e estimativa de parâmetros genéticos e fenotípicos para características relacionadas com a produção de milho-verde. **Ciência e Agrotecnologia**, v.35, p.278-286, 2011.

ROONEY, W., L., Sorghum Improvement - Integrating traditional and new technology to produce improved genotypes. **Advances in Agronomy**, College Station, v. 83, n. 37, p. 37-109 , July 2004.

SAS Institute. **SAS User's guide: statistics version**. Cary: SAS Institute, 1990. 846p

SAS Institute. **SAS User's Guide Statistics**. Cary, NC, USA. 584pp, 1999.

SCHAFFERT, R.E. **Sweet sorghum substrate for industrial alcohol**. Pages 131-137 in Utilization of sorghum and millets (Gomez, M.I., House, L.R., Rooney, L.W., and Dendy, D.A.V., eds.). Patancheru, A.P. 502 324, India: International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics, 1992.

TEIXEIRA, D. H. L.; DE OLIVEIRA, M. D. S. P.; GONÇALVES, F. M. A.; NUNES, J. A.

R. Índices de seleção no aprimoramento simultâneo dos componentes da produção de

frutos em açaizeiro. Pesq. agropec. bras., Brasília, v. 47, n. 2, p. 237- 243, 2012.

Tabela 1. Descrição dos tratamentos e médias genóticas (BLUP) dos genótipos de sorgo sacarino para os cinco principais caracteres analisados.

População	TRAT	BRIX	PMV	EXT	POL	TBH
DalexRio	1	12,76	28,74	0,30	7,14	1,10
DalexRio	2	12,97	32,09	0,28	7,06	1,18
DalexRio	3	11,93	26,52	0,29	6,61	0,91
DalexRio	4	10,97	21,54	0,29	5,84	0,68
DalexRio	5	11,48	27,58	0,29	5,81	0,91
DalexRio	6	10,73	22,73	0,29	5,58	0,70
DalexRio	7	10,73	20,93	0,26	5,20	0,57
DalexRio	8	9,81	16,46	0,26	4,23	0,43
DalexRio	9	11,27	26,64	0,30	5,66	0,91
DalexRio	10	13,01	31,12	0,27	7,90	1,08
DalexRio	11	13,66	33,16	0,29	7,73	1,33
DalexRio	12	10,66	31,45	0,28	5,74	0,95
DalexRio	13	10,22	24,76	0,28	4,49	0,70
DalexRio	14	10,61	21,50	0,29	5,41	0,65
DalexRio	15	12,46	33,62	0,33	7,55	1,38
DalexRio	16	13,11	46,75	0,31	7,96	1,87
KellerxRio	17	11,95	32,76	0,29	6,84	1,13
KellerxRio	18	13,01	34,94	0,32	7,51	1,45
KellerxRio	19	13,52	34,31	0,31	8,44	1,46
KellerxRio	20	12,39	25,94	0,30	7,25	0,97
KellerxRio	21	13,31	38,90	0,32	8,22	1,67
KellerxRio	22	12,92	38,47	0,30	7,31	1,50
KellerxRio	23	12,84	29,63	0,30	7,53	1,15
KellerxRio	24	11,05	27,57	0,30	7,90	0,91
KellerxRio	25	12,67	36,33	0,32	7,26	1,45
CollierxRio	26	14,38	43,12	0,30	9,21	1,84
CollierxRio	27	12,95	28,53	0,29	7,59	1,08
CollierxRio	28	13,57	31,87	0,30	8,29	1,28
CollierxRio	29	15,95	39,57	0,32	10,65	2,00
CollierxRio	30	13,75	37,75	0,31	8,39	1,59
MN960xRio	31	13,43	37,03	0,30	7,75	1,47
MN960xRio	32	12,54	37,08	0,30	7,06	1,41
MN960xRio	33	10,54	28,42	0,23	4,96	0,70
MN960xRio	34	10,25	34,32	0,27	4,85	0,95
MN960xRio	35	12,18	32,77	0,28	6,56	1,12
MN960xRio	36	11,85	31,49	0,26	4,55	0,96
MN960xRio	37	11,83	30,07	0,23	6,38	0,83
MN960xRio	38	12,86	32,21	0,26	7,28	1,09
MN960xRio	39	12,24	25,87	0,25	7,24	0,78

Continua na próxima página...

... Continuação

População	TRAT	BRIX	PMV	EXT	POL	TBH
RexxRio	40	11,34	27,66	0,29	6,28	0,91
RexxRio	41	9,83	24,71	0,29	4,71	0,70
RexxRio	42	10,79	25,75	0,32	5,62	0,88
RexxRio	43	9,99	18,10	0,28	4,53	0,51
RexxRio	44	11,57	27,81	0,29	5,00	0,94
RexxRio	45	11,11	24,37	0,31	5,97	0,83
RexxRio	46	12,90	34,20	0,27	7,67	1,21
RexxRio	47	11,79	33,79	0,30	6,95	1,20
RexxRio	48	11,75	27,90	0,31	6,55	1,01
RexxRio	49	13,00	23,17	0,29	7,70	0,87
RexxRio	50	10,38	23,58	0,25	4,84	0,60
RexxRio	51	11,73	24,59	0,29	6,11	0,83
RexxRio	52	11,45	21,39	0,27	6,49	0,66
RexxRio	53	12,12	30,06	0,29	6,76	1,06
RexxRio	54	12,48	30,78	0,29	7,38	1,12
TheisxBrandes	55	11,00	31,40	0,27	5,90	0,94
TheisxBrandes	56	9,76	23,38	0,27	4,54	0,62
TheisxBrandes	57	11,24	34,00	0,28	5,89	1,08
TheisxBrandes	58	11,51	23,04	0,30	5,86	0,79
TheisxBrandes	59	10,27	31,00	0,31	5,25	0,97
TheisxBrandes	60	11,63	42,30	0,30	6,49	1,49
BrawleyxBrandes	61	13,54	54,14	0,32	7,70	2,36
BrawleyxBrandes	62	13,47	40,70	0,31	6,69	1,70
MN1500xBrandes	63	11,36	39,55	0,30	5,93	1,33
MN1500xBrandes	64	11,43	50,75	0,33	5,71	1,93
MN1500xBrandes	65	12,40	47,10	0,31	6,86	1,82
MN1500xBrandes	66	11,37	41,64	0,29	6,05	1,39
MN1500xBrandes	67	12,21	48,67	0,30	6,09	1,80
MN1500xBrandes	68	13,69	19,65	0,30	8,56	0,81
MN1500xBrandes	69	13,58	43,66	0,31	8,44	1,84
MN1500xBrandes	70	13,25	45,98	0,32	7,92	1,96
MN1500xBrandes	71	12,89	45,53	0,28	7,22	1,66
MN1500xBrandes	72	13,04	43,25	0,31	7,94	1,72
MN1500xBrandes	73	12,03	39,32	0,28	6,72	1,34
MN1500xBrandes	74	12,36	42,79	0,28	6,82	1,48
MN1500xBrandes	75	11,07	45,20	0,28	5,83	1,39
MN1500xBrandes	76	12,14	42,77	0,28	6,80	1,47
MN1500xBrandes	77	12,86	59,27	0,28	7,47	2,16
MN1500xBrandes	78	9,06	37,54	0,29	5,32	0,98
MN1500xBrandes	79	12,05	37,05	0,31	6,50	1,40
MN1500xBrandes	80	10,14	35,80	0,32	6,38	1,16

Continua na próxima página...

... Continuação

População	TRAT	BRIX	PMV	EXT	POL	TBH
MN1500xBrandes	81	11,66	34,33	0,31	6,25	1,24
MN1500xBrandes	82	13,43	52,79	0,31	7,40	2,19
MN1500xBrandes	83	13,42	40,65	0,31	8,05	1,70
MN1500xBrandes	84	10,89	42,13	0,28	5,99	1,28
MN1500xBrandes	85	11,55	49,55	0,27	6,06	1,54
MN1500xBrandes	86	12,58	35,24	0,33	7,59	1,47
MN1500xBrandes	87	11,37	37,21	0,29	6,98	1,24
MN1500xBrandes	88	12,83	35,34	0,29	7,20	1,33
MN1500xBrandes	89	13,96	41,12	0,31	8,37	1,80
MN1500xBrandes	90	12,13	43,94	0,31	7,37	1,67
MN1500xBrandes	91	12,33	28,63	0,33	7,18	1,16
MN1500xBrandes	92	11,61	24,61	0,32	6,83	0,92
MN1500xBrandes	93	12,11	26,03	0,34	7,07	1,06
CollierxBrandes	94	12,77	23,17	0,34	7,44	1,01
CollierxBrandes	95	11,68	21,21	0,31	6,54	0,77
CollierxBrandes	96	12,55	20,38	0,34	7,44	0,86
CollierxBrandes	97	11,32	25,33	0,38	6,28	1,08
CollierxBrandes	98	11,29	34,11	0,34	5,69	1,32
CollierxBrandes	99	12,62	24,65	0,35	7,40	1,10
CollierxBrandes	100	11,66	24,67	0,35	6,26	1,01
CollierxBrandes	101	12,02	18,45	0,33	6,78	0,72
CollierxBrandes	102	11,54	22,91	0,32	6,42	0,85
CollierxBrandes	103	13,38	32,10	0,37	9,03	1,58
CollierxBrandes	104	13,29	35,38	0,32	8,13	1,52
KellerxWray	105	15,25	41,12	0,31	10,65	1,94
KellerxWray	106	13,98	31,38	0,31	8,81	1,36
BrawleyxWray	107	12,96	35,80	0,33	8,64	1,54
BrawleyxWray	108	14,13	35,08	0,33	9,08	1,62
BrawleyxWray	109	13,37	38,98	0,35	8,40	1,81
BrawleyxWray	110	11,26	33,86	0,33	6,30	1,26
BrawleyxWray	111	11,71	28,89	0,28	6,47	0,93
BrawleyxWray	112	11,18	37,27	0,33	5,80	1,37
BrawleyxWray	113	10,22	22,87	0,33	5,47	0,77
BrawleyxWray	114	12,04	33,77	0,33	6,94	1,33
BrawleyxWray	115	11,28	28,35	0,31	6,22	0,99
BrawleyxWray	116	10,61	32,51	0,34	5,68	1,18
BrawleyxWray	117	11,45	26,07	0,33	6,19	1,00
BrawleyxWray	118	12,20	35,51	0,34	6,97	1,46
BrawleyxWray	119	11,62	35,76	0,33	6,46	1,35
BrawleyxWray	120	11,87	35,68	0,33	7,00	1,38

Continua na próxima página...

... Continuação

População	TRAT	BRIX	PMV	EXT	POL	TBH
BrawleyxWray	121	10,93	31,81	0,32	5,41	1,12
AtlasxWray	122	12,95	29,08	0,29	7,52	1,09
RexxWray	123	12,41	27,37	0,33	7,15	1,13
RexxWray	124	13,25	33,85	0,33	8,09	1,49
RexxWray	125	15,43	25,26	0,32	10,52	1,24
RexxWray	126	15,00	33,38	0,32	9,86	1,59
AtlasxBR506	127	13,75	41,16	0,31	8,44	1,73
AtlasxBR507	128	13,81	38,83	0,30	8,52	1,62
AtlasxBR507	129	12,37	49,23	0,30	6,75	1,81
AtlasxBR507	130	10,50	27,12	0,28	4,78	0,79
AtlasxBR507	131	12,95	39,54	0,32	7,37	1,65
AtlasxBR507	132	12,33	36,75	0,32	6,90	1,46
AtlasxBR507	133	12,31	35,65	0,33	7,14	1,46
AtlasxBR507	134	13,26	33,42	0,30	8,19	1,33
AtlasxBR507	135	14,18	34,16	0,33	9,13	1,59
CMSXS642xCMSXS634	136	12,55	35,64	0,33	6,57	1,47
CMSXS642xCMSXS634	137	13,65	31,79	0,34	8,48	1,46
CMSXS642xCMSXS634	138	15,61	42,53	0,30	10,48	1,96
CMSXS642xCMSXS634	139	14,96	36,92	0,32	9,66	1,77
CMSXS642xCMSXS634	140	15,54	46,84	0,32	10,61	2,36
CMSXS642xCMSXS634	141	14,91	45,56	0,33	9,42	2,25
CMSXS642xCMSXS634	142	14,48	40,30	0,36	9,28	2,09
CMSXS642xCMSXS634	143	14,03	25,98	0,32	9,14	1,17
CMSXS642xCMSXS634	144	13,18	39,64	0,34	7,64	1,78
CMSXS642xCMSXS634	145	15,28	39,49	0,33	10,15	1,97
CMSXS642xCMSXS634	146	15,42	36,23	0,39	9,91	2,16
CMSXS642xCMSXS634	147	15,70	39,91	0,32	10,34	1,98
CMSXS642xCMSXS634	148	14,52	36,15	0,31	9,42	1,64
CMSXS642xCMSXS634	149	15,82	44,71	0,33	10,16	2,31
CMSXS642xCMSXS634	150	15,82	38,73	0,32	10,87	1,96
CMSXS642xCMSXS634	151	16,26	40,07	0,34	11,30	2,22
CMSXS642xCMSXS634	152	14,64	46,07	0,33	9,38	2,24
CMSXS642xCMSXS634	153	14,92	39,80	0,32	9,91	1,90
CMSXS642xCMSXS634	154	14,27	39,25	0,33	9,27	1,83
CMSXS642xCMSXS634	155	14,61	33,92	0,33	9,88	1,63
CMSXS642xCMSXS634	156	14,78	40,61	0,32	9,72	1,90
CMSXS642xCMSXS634	157	14,78	42,98	0,34	9,49	2,17
CMSXS642xCMSXS634	158	15,35	44,01	0,27	10,12	1,84
CMSXS642xCMSXS634	159	15,53	37,58	0,33	10,54	1,92
CMSXS642xCMSXS634	160	15,21	34,19	0,33	9,99	1,69

Continua na próxima página...

... Continuação

População	TRAT	BRIX	PMV	EXT	POL	TBH
CMSXS642xCMSXS634	161	13,22	18,37	0,32	7,87	0,78
CMSXS642xCMSXS634	162	15,36	40,37	0,33	10,07	2,06
CMSXS642xCMSXS634	163	14,68	44,19	0,29	9,24	1,85
CMSXS642xCMSXS634	164	14,63	37,07	0,32	9,41	1,72
CMSXS642xCMSXS634	165	14,06	33,83	0,27	9,08	1,27
CMSXS642xCMSXS634	166	11,90	34,88	0,31	7,90	1,29
CMSXS642xCMSXS634	167	14,10	36,26	0,31	8,52	1,60
CMSXS642xCMSXS634	168	14,42	48,98	0,32	8,90	2,29
CMSXS642xCMSXS634	169	15,91	48,00	0,32	10,75	2,45
CMSXS642xCMSXS634	170	14,97	47,23	0,33	9,75	2,30
CMSXS642xCMSXS634	171	15,14	39,34	0,30	9,72	1,78
CMSXS642xCMSXS634	172	14,82	33,18	0,32	9,25	1,58
CMSXS642xCMSXS634	173	14,58	41,25	0,32	9,23	1,91
CMSXS642xCMSXS634	174	15,90	40,36	0,29	10,23	1,89
CMSXS642xCMSXS634	175	14,84	36,57	0,33	9,11	1,78
CMSXS642xCMSXS634	176	13,46	29,82	0,32	8,83	1,28
CMSXS642xCMSXS634	177	14,40	43,66	0,33	9,50	2,09
CMSXS642xCMSXS634	178	15,20	33,20	0,32	9,63	1,64
CMSXS642xCMSXS634	179	15,32	45,55	0,34	9,84	2,39
CMSXS642xCMSXS634	180	14,12	38,50	0,36	8,96	1,95
CMSXS642xCMSXS634	181	15,17	35,35	0,34	10,06	1,82
CMSXS642xCMSXS634	182	14,35	39,07	0,32	8,74	1,80
CMSXS642xCMSXS634	183	14,93	33,62	0,31	9,40	1,56
CMSXS642xCMSXS634	184	13,83	39,25	0,32	8,03	1,71
CMSXS642xCMSXS634	185	15,66	41,76	0,32	10,07	2,10
CMSXS642xCMSXS634	186	15,12	42,10	0,32	10,17	2,03
CMSXS642xCMSXS634	187	15,97	43,06	0,32	10,28	2,22
CMSXS642xCMSXS634	188	14,44	47,49	0,28	8,42	1,93
CMSXS642xCMSXS634	189	16,18	37,63	0,27	11,16	1,67
CMSXS643*	190	14,55	21,72	0,36	7,35	1,13
CMSXS646*	191	12,46	41,32	0,34	6,55	1,73
CMSXS647*	192	12,67	53,08	0,38	6,35	2,57
BRS508*	193	17,75	42,39	0,26	13,15	1,97
BRS511*	194	11,95	38,22	0,33	6,30	1,49
CV198*	195	9,79	22,81	0,20	5,16	0,44
CV568*	196	6,46	35,08	0,22	1,86	0,51

* Testemunhas.

TRAT: Tratamento; BRIX: Sólidos Solúveis Totais (%); PMV: Peso de Massa Verde (t.ha⁻¹); EXT: Extração de Caldo; POL: Sacarose no Caldo; TBH: Toneladas de Sólidos Solúveis Totais por Hectare.

Tabela 2. Médias das populações de todos os caracteres avaliados das populações.

População	TRAT	ALT	AR	ART	BRIX	EST	EXT	FLOR	PCALDO	PMV	POL	PUR	TBH
AtlasxBR506	1	2,88	1,58	10,46	13,75	35,56	0,31	73,85	565,34	41,16	8,44	60,16	1,73
AtlasxBR507	8	2,81	1,73	9,47	12,71	27,16	0,31	77,20	531,00	36,84	7,35	55,73	1,45
AtlasxWray	1	2,52	1,65	9,56	12,95	27,10	0,29	76,56	376,80	29,08	7,52	58,14	1,09
BrawleyxBrandes	2	2,92	1,89	9,46	13,50	25,95	0,32	73,46	668,64	47,42	7,19	51,11	2,03
BrawleyxWray	15	2,76	1,75	8,84	11,79	29,95	0,33	69,80	532,22	32,81	6,73	55,16	1,26
BRS508*	1	2,93	1,06	14,91	17,75	41,71	0,26	71,69	402,45	42,39	13,15	75,11	1,97
BRS511*	1	2,85	1,89	8,52	11,95	31,57	0,33	79,77	470,89	38,22	6,30	50,98	1,49
CMSXS642xCMSXS634	54	2,87	1,46	11,48	14,79	29,32	0,32	77,00	611,69	39,05	9,52	63,55	1,85
CMSXS643*	1	2,52	1,89	9,63	14,55	26,18	0,36	86,46	397,78	21,72	7,35	51,06	1,13
CMSXS646*	1	2,89	1,81	8,71	12,46	41,02	0,34	72,36	494,30	41,32	6,55	53,30	1,73
CMSXS647*	1	2,78	2,04	8,73	12,67	38,51	0,38	69,82	953,42	53,08	6,35	46,64	2,57
CollierxBrandes	11	2,80	1,72	9,13	12,19	21,90	0,34	77,12	634,55	25,67	7,04	56,09	1,07
CollierxRio	5	2,96	1,53	10,83	14,12	31,29	0,30	66,50	522,12	36,17	8,83	61,37	1,54
CV198*	1	2,67	1,84	7,28	9,79	35,81	0,20	60,13	187,54	22,81	5,16	52,53	0,44
CV568*	1	2,67	2,85	4,81	6,46	36,37	0,22	59,87	266,50	35,08	1,86	22,94	0,51
DalexRio	16	2,76	1,88	8,45	11,65	31,25	0,29	67,32	394,07	27,85	6,24	51,43	0,93
KellerxRio	9	2,94	1,65	9,64	12,63	30,55	0,31	69,28	496,70	33,21	7,59	58,08	1,29
KellerxWray	2	2,85	1,38	11,62	14,62	28,37	0,31	78,22	619,97	36,25	9,73	65,97	1,64
MN1500xBrandes	31	2,84	1,80	9,10	12,15	29,06	0,30	73,16	587,36	40,55	6,93	53,72	1,49
MN960xRio	9	2,82	1,93	8,55	11,97	30,70	0,26	66,34	432,35	32,14	6,29	49,93	1,02
RexxRio	15	2,69	1,86	8,36	11,48	29,83	0,29	67,85	368,49	26,52	6,17	51,91	0,88
RexxWray	4	2,88	1,50	10,88	14,02	27,36	0,33	68,68	574,77	29,97	8,90	62,22	1,37
TheisxBrandes	6	2,69	1,95	7,90	10,90	29,34	0,29	66,78	452,58	30,85	5,66	49,41	0,97
Total de tratamentos	196												

* Testemunhas, TRAT: Número de Tratamentos por População; ALT: Altura (m); AR: Açúcares Redutores; ART: Açúcares Redutores Totais (%); BRIX: Sólidos Solúveis Totais (%); EST: Estande Final; EXT: Extração de Caldo; FLOR: Dias Até o Florescimento; PCALDO: Peso do Caldo (g); PMV: Peso de Massa Verde (ton.ha⁻¹); POL: Sacarose no Caldo; PUR: Pureza Aparente (%); TBH: Toneladas de Sólidos Solúveis Totais por Hectare.

Tabela 3. Resumo da análise de variância via Proc GLM, Quadrado médio dos componentes de variância, Média do experimento, Coeficiente de Variação (CV%) e Coeficiente de Determinação (R²).

F.V.	G.L.	PMV	FLOR	ALT	PCALDO	EXT	BRIX	POL	PUR	AR	ART	TBH
Repetição	2	145,10 *	14,98 ns	0,48 **	38968,51 ns	0,01 ns	47,79 **	95,73 **	2119,13 **	2,48 **	77,55 **	0,05 ns
Bloco (Repetição)	39	53,66 ns	13,12 **	0,07 **	38860,26 *	0,0088 **	8,43 **	7,66 **	154,01 *	0,18 *	6,40 **	0,37 *
Tratamentos	195	246,69 **	108,37 **	0,08 **	66523,36 **	0,0063 **	12,43 **	12,87 **	224,74 **	0,26 **	10,87 **	0,94 **
Resíduo	337	44,87	7,60	0,04	25917,89	0,0035	3,43	3,32	93,67	0,11	2,66	0,24
Média		35,00	72,61	2,82	538,68	0,31	13,00	7,65	56,85	1,69	9,74	1,45
CV(%)		14,14	3,80	7,08	29,89	19,14	14,25	23,81	17,02	19,64	16,73	33,78
R ²		0,78	0,90	0,60	0,65	0,60	0,73	0,75	0,66	0,66	0,75	0,72

* e ** significativo a 5 e 1 % de probabilidade, respectivamente.

ns não-significativo

PMV: Peso de Massa Verde (t.ha⁻¹); FLOR: Dias Até o Florescimento; ALT: Altura (m); PCALDO: Peso do Caldo (g); EXT: Extração de Caldo; BRIX: Sólidos Solúveis Totais (%); POL: Sacarose no Caldo; PUR: Pureza Aparente (%); AR: Açúcares Redutores; ART: Açúcares Redutores Totais (%); TBH: Toneladas de Sólidos Solúveis Totais por Hectare.

Tabela 4. Correlações genéticas entre os caracteres agroindustriais de sorgo sacarino.

Caracteres	PMV	FLOR	ALT	PCALDO	EXT	BRIX	POL	PUR	AR	ART	TBH
PMV	1	0,255	0,357	0,477	0,0926	0,4129	0,3695	0,2801	-0,2799	0,38	0,8044
FLOR	0,255	1	0,1659	0,4337	0,3564	0,4464	0,4334	0,3988	-0,3985	0,4343	0,4328
ALT	0,357	0,1659	1	0,3021	-0,0048	0,3811	0,3595	0,3233	-0,3238	0,3615	0,3507
PCALDO	0,477*	0,4337*	0,3021	1	0,7118	0,4648	0,4668	0,4598	-0,4593	0,4632	0,7092
EXT	0,0926	0,3564	-0,0048	0,7118**	1	0,2738	0,2897	0,3477	-0,3473	0,2773	0,5006
BRIX	0,4129*	0,4464*	0,3811	0,4648*	0,2738	1	0,9482	0,8368	-0,8368	0,9562	0,7373
POL	0,3695	0,4334*	0,3595	0,4668*	0,2897	0,9482**	1	0,9448	-0,9447	0,9986	0,6995
PUR	0,2801	0,3988	0,3233	0,4598*	0,3477	0,8368**	0,9448**	1	-1	0,9263	0,6025
AR	-0,2799	-0,3985	-0,3238	-0,4593*	-0,3473	-0,837**	-0,945**	-1	1	-0,9263	-0,6021
ART	0,38	0,4343*	0,3615	0,4632*	0,2773	0,9562**	0,9986**	0,9263**	-0,93**	1	0,7078
TBH	0,8044**	0,4328*	0,3507	0,7092*	0,5006*	0,7373**	0,6995**	0,6025**	-0,60**	0,7078**	1

* e ** significativo a 5 e 1 % de probabilidade, respectivamente.

PMV: Peso de Massa Verde (ton.ha⁻¹); FLOR: Dias Até o Florescimento; ALT: Altura (m); PCALDO: Peso do Caldo (g); EXT: Extração de Caldo; AR: Açúcares Redutores; ART: Açúcares Redutores Totais (%); BRIX: Sólidos Solúveis Totais (%); POL: Sacarose no Caldo; PUR: Pureza Aparente (%); TBH: Toneladas de Sólidos Solúveis Totais por Hectare.

Tabela 5. Ganhos genéticos (GS) das cinco principais características em relação a todos genótipos, utilizando-se os índices de seleção em que: IR: índice de Ranks; IPM*: Índice Padronizado pela Média Modificado; IPM: Índice Padronizado pela Média; IZ: Índice Z e SGP: Seleção de Ganhos Positivos.

Índices	GS(%)				
	PMV	BRIX	EXT	TBH	POL
IR	12,94	10,34	1,94	24,69	18,89
IPM*	19,25	12,12	2,37	33,67	20,90
IPM	18,96	12,29	2,35	33,54	21,19
IZ	17,25	12,38	2,92	32,78	21,52
SGP	14,91	11,10	3,92	30,82	19,50

PMV: Peso de Massa Verde (t.ha-1); BRIX: Sólidos Solúveis Totais (%); EXT: Extração de Caldo; TBH: Tonelada de Sólidos Solúveis por Hectare; POL: Teor de Sacarose no Caldo (%).

Tabela 6. Ganhos genéticos (GS) das cinco principais características em relação às testemunhas, utilizando-se os índices de seleção em que: IR: índice de Ranks; IPM*: Índice Padronizado pela Média Modificado; IPM: Índice Padronizado pela Média; IZ: Índice Z e SGP: Seleção de Ganhos Positivos.

Índices	GS(%)				
	PMV	BRIX	EXT	TBH	POL
IR	8,91	14,43	4,34	25,23	31,16
IPM*	14,75	16,63	4,53	34,08	34,29
IPM	14,60	16,90	4,52	34,22	34,82
IZ	13,45	17,05	5,12	33,96	35,19
SGP	11,20	15,70	6,15	31,98	32,88

PMV: Peso de Massa Verde (t.ha⁻¹); BRIX: Sólidos Solúveis Totais (%); EXT: Extração de Caldo; TBH: Tonelada de Sólidos Solúveis por Hectare; POL: Teor de Sacarose no Caldo (%).

Tabela 7. Correlação de Spearman entre os índices e porcentagem de coincidência na seleção, em que: IR: índice de Ranks; IPM*: Índice Padronizado pela Média Modificado; IPM: Índice Padronizado pela Média; IZ: Índice Z e SGC: Seleção de Ganhos Positivos.

Índices	IR	IPM*	IPM	IZ
IR	-	-0,7145 **	-0,7145 **	-0,7061 **
IPM*	62,5	-	0,99 **	0,9894 **
IPM	62,5	100	-	0,9883 **
IZ	62,5	90	90	-
SGP	52,5	72,5	72,5	80

** Significativo segundo o teste t a 1% de probabilidade.

Tabela 8. Ordenamento do material selecionado pelo Índice Padronizado pela Média (IPM).

Materiais selecionados	Ordem	Tratamento	Índice IPM
CMSXS642xCMSXS634	1	169	6,7831
CMSXS642xCMSXS634	2	140	6,6563
CMSXS642xCMSXS634	3	179	6,5801
CMSXS642xCMSXS634	4	151	6,5611
BRS508*	5	193	6,5547
CMSXS642xCMSXS634	6	149	6,5244
CMSXS642xCMSXS634	7	170	6,4692
CMSXS642xCMSXS634	8	187	6,4294
CMSXS647*	9	192	6,3888
CMSXS642xCMSXS634	10	141	6,3581
CMSXS642xCMSXS634	11	168	6,3518
CMSXS642xCMSXS634	12	152	6,3366
BrawleyxBrandes	13	61	6,3137
CMSXS642xCMSXS634	14	146	6,3056
CMSXS642xCMSXS634	15	185	6,2587
CMSXS642xCMSXS634	16	157	6,2584
CollierxRio	17	29	6,2077
CMSXS642xCMSXS634	18	162	6,2019
CMSXS642xCMSXS634	19	150	6,1861
CMSXS642xCMSXS634	20	186	6,1728
CMSXS642xCMSXS634	21	177	6,1693
CMSXS642xCMSXS634	22	138	6,1410
CMSXS642xCMSXS634	23	147	6,1382
CMSXS642xCMSXS634	24	142	6,1335
KellerxWray	25	105	6,1253
MN1500xBrandes	26	77	6,1131
CMSXS642xCMSXS634	27	145	6,0958
CMSXS642xCMSXS634	28	159	6,0779
MN1500xBrandes	29	82	6,0745
CMSXS642xCMSXS634	30	174	6,0221
CMSXS642xCMSXS634	31	153	5,9765
CMSXS642xCMSXS634	32	158	5,9562
CMSXS642xCMSXS634	33	156	5,9551
CMSXS642xCMSXS634	34	180	5,9157
CMSXS642xCMSXS634	35	173	5,8994
CMSXS642xCMSXS634	36	181	5,8980
CMSXS642xCMSXS634	37	189	5,8607
CMSXS642xCMSXS634	38	188	5,8534
CMSXS642xCMSXS634	39	163	5,8473
CollierxRio	40	26	5,8145

* Testemunhas

Tabela 9. Ordenamento do material selecionado pelo Índice de Ranks (IR).

Materias selecionados	Ordem	Tratamento	Índice Ranks
CMSXS642xCMSXS634	1	138	16,2
CMSXS642xCMSXS634	2	153	22,2
MN1500xBrandes	3	69	24,6
CMSXS642xCMSXS634	4	186	24,6
CMSXS642xCMSXS634	5	150	25,2
CMSXS642xCMSXS634	6	147	26,0
CMSXS642xCMSXS634	7	151	26,2
DalexRio	8	16	27,2
KellerxWray	9	105	28,4
CMSXS642xCMSXS634	10	140	29,4
CMSXS642xCMSXS634	11	145	30,8
CMSXS642xCMSXS634	12	174	31,0
BRS508*	13	193	33,6
CMSXS642xCMSXS634	14	185	34,6
CollierxRio	15	29	35,0
BrawleyxWray	16	108	38,2
AtlasxBR506	17	127	38,8
AtlasxBR507	18	134	44,2
CMSXS642xCMSXS634	19	157	44,6
CMSXS642xCMSXS634	20	169	45,6
CMSXS642xCMSXS634	21	159	48,8
CMSXS642xCMSXS634	22	162	49,0
CMSXS642xCMSXS634	23	188	50,0
CMSXS642xCMSXS634	24	181	50,2
CMSXS642xCMSXS634	25	154	50,4
MN1500xBrandes	26	72	50,6
RexxWray	27	125	51,0
CMSXS642xCMSXS634	28	179	51,0
CollierxBrandes	29	104	51,2
CMSXS642xCMSXS634	30	141	52,6
CollierxRio	31	30	52,8
CollierxRio	32	26	53,0
MN1500xBrandes	33	70	53,2
MN1500xBrandes	34	82	55,2
CollierxBrandes	35	103	55,6
CMSXS642xCMSXS634	36	175	57,0
CMSXS642xCMSXS634	37	142	57,2
CMSXS642xCMSXS634	38	171	57,2
RexxRio	39	47	57,6
CMSXS642xCMSXS634	40	152	57,6

* Testemunha.

Tabela 10. Ordenamento do material selecionado pelo Índice Z (IZ).

Materias selecionados	Ordem	Tratamento	Índice Z
CMSXS642xCMSXS634	1	169	7,6498
CMSXS642xCMSXS634	2	151	7,4397
CMSXS642xCMSXS634	3	140	7,1825
CMSXS642xCMSXS634	4	146	7,1720
CMSXS642xCMSXS634	5	179	7,1624
CMSXS642xCMSXS634	6	149	6,7685
CMSXS642xCMSXS634	7	187	6,4023
CMSXS647*	8	192	6,3711
CMSXS642xCMSXS634	9	170	6,3101
BRS508*	10	193	6,3050
CMSXS642xCMSXS634	11	141	5,9928
CMSXS642xCMSXS634	12	152	5,8534
CMSXS642xCMSXS634	13	157	5,8308
CMSXS642xCMSXS634	14	185	5,6820
CMSXS642xCMSXS634	15	142	5,6661
CMSXS642xCMSXS634	16	168	5,6475
CMSXS642xCMSXS634	17	162	5,6419
CollierxRio	18	29	5,5332
CMSXS642xCMSXS634	19	150	5,5177
CMSXS642xCMSXS634	20	177	5,2426
CMSXS642xCMSXS634	21	159	5,1955
CMSXS642xCMSXS634	22	186	5,1790
CMSXS642xCMSXS634	23	147	5,1660
BrawleyxBrandes	24	61	5,1471
CMSXS642xCMSXS634	25	145	5,1210
KellerxWray	26	105	4,8918
CMSXS642xCMSXS634	27	180	4,7865
CMSXS642xCMSXS634	28	138	4,7231
CMSXS642xCMSXS634	29	181	4,6757
CMSXS642xCMSXS634	30	153	4,4471
CMSXS642xCMSXS634	31	174	4,3391
CMSXS642xCMSXS634	32	156	4,2503
MN1500xBrandes	33	82	3,9820
CMSXS642xCMSXS634	34	173	3,9612
CMSXS642xCMSXS634	35	154	3,7454
CMSXS642xCMSXS634	36	139	3,7332
CMSXS642xCMSXS634	37	160	3,7083
CMSXS642xCMSXS634	38	175	3,5696
CMSXS642xCMSXS634	39	158	3,4792
CMSXS642xCMSXS634	40	189	3,4754

* Testemunhas.

Tabela 11. Ordenamento do material selecionado pelo Índice Padronizado pela Média Modificado (IPM*).

Materias selecionados	Ordem	Tratamento	Índice IPM*
CMSXS642xCMSXS634	1	169	8,1661
CMSXS642xCMSXS634	2	140	8,0096
BRS508*	3	193	7,9101
CMSXS642xCMSXS634	4	179	7,9095
CMSXS642xCMSXS634	5	151	7,8831
CMSXS642xCMSXS634	6	149	7,8487
CMSXS642xCMSXS634	7	170	7,7832
CMSXS642xCMSXS634	8	187	7,7341
CMSXS647*	9	192	7,6676
CMSXS642xCMSXS634	10	141	7,6453
CMSXS642xCMSXS634	11	168	7,6431
CMSXS642xCMSXS634	12	152	7,6191
BrawleyxBrandes	13	61	7,6021
CMSXS642xCMSXS634	14	146	7,5531
CMSXS642xCMSXS634	15	185	7,5265
CMSXS642xCMSXS634	16	157	7,5181
CollierxRio	17	29	7,4647
CMSXS642xCMSXS634	18	162	7,4517
CMSXS642xCMSXS634	19	150	7,4361
CMSXS642xCMSXS634	20	186	7,4230
CMSXS642xCMSXS634	21	177	7,4134
CMSXS642xCMSXS634	22	138	7,3948
CMSXS642xCMSXS634	23	147	7,3813
MN1500xBrandes	24	77	7,3787
KellerxWray	25	105	7,3681
CMSXS642xCMSXS634	26	142	7,3576
CMSXS642xCMSXS634	27	145	7,3248
MN1500xBrandes	28	82	7,3166
CMSXS642xCMSXS634	29	159	7,3009
CMSXS642xCMSXS634	30	174	7,2502
CMSXS642xCMSXS634	31	153	7,1827
CMSXS642xCMSXS634	32	158	7,1815
CMSXS642xCMSXS634	33	156	7,1586
CMSXS642xCMSXS634	34	180	7,0921
CMSXS642xCMSXS634	35	173	7,0918
CMSXS642xCMSXS634	36	181	7,0766
CMSXS642xCMSXS634	37	189	7,0606
CMSXS642xCMSXS634	38	188	7,0570
CMSXS642xCMSXS634	39	163	7,0444
CollierxRio	40	26	6,9987

* Testemunhas.

Tabela 12. Ordenamento do material selecionado pela Seleção de Ganhos Positivos (SGP).

Materias selecionados	Ordem	Tratamento	valor de SGP
CMSXS642xCMSXS634	1	169	6,7831
CMSXS642xCMSXS634	2	140	6,6563
CMSXS642xCMSXS634	3	179	6,5801
CMSXS642xCMSXS634	4	151	6,5611
CMSXS642xCMSXS634	5	149	6,5244
CMSXS642xCMSXS634	6	170	6,4692
CMSXS642xCMSXS634	7	187	6,4294
CMSXS642xCMSXS634	8	141	6,3581
CMSXS642xCMSXS634	9	168	6,3518
CMSXS642xCMSXS634	10	152	6,3366
BrawleyxBrandes	11	61	6,3137
CMSXS642xCMSXS634	12	146	6,3056
CMSXS642xCMSXS634	13	185	6,2587
CMSXS642xCMSXS634	14	157	6,2584
CollierxRio	15	29	6,2077
CMSXS642xCMSXS634	16	162	6,2019
CMSXS642xCMSXS634	17	150	6,1861
CMSXS642xCMSXS634	18	186	6,1728
CMSXS642xCMSXS634	19	177	6,1693
CMSXS642xCMSXS634	20	147	6,1382
CMSXS642xCMSXS634	21	142	6,1335
KellerxWray	22	105	6,1253
CMSXS642xCMSXS634	23	145	6,0958
CMSXS642xCMSXS634	24	159	6,0779
CMSXS642xCMSXS634	25	153	5,9765
CMSXS642xCMSXS634	26	156	5,9551
CMSXS642xCMSXS634	27	180	5,9157
CMSXS642xCMSXS634	28	173	5,8994
CMSXS642xCMSXS634	29	181	5,8980
MN1500xBrandes	30	70	5,8133
CMSXS642xCMSXS634	31	154	5,8004
CMSXS642xCMSXS634	32	139	5,7765
CMSXS642xCMSXS634	33	175	5,7125
MN1500xBrandes	34	69	5,7115
CMSXS642xCMSXS634	35	182	5,6846
CMSXS642xCMSXS634	36	164	5,6648
BrawleyxWray	37	109	5,6539
MN1500xBrandes	38	89	5,6418
CMSXS642xCMSXS634	39	148	5,5609
CMSXS642xCMSXS634	40	144	5,5164