

AVALIAÇÃO DE CORRELAÇÕES GENOTÍPICAS DE CULTIVARES DE SORGO SACARINO, EM ENSAIO DE VALOR DE CULTIVO E USO.

Crislene Vieira dos Santos¹, Rafael Augusto da Costa Parrella², Robert Eugene Schaffert³, Vander Fillipe de Souza⁴, Ruane Alice da Silva⁵, Pedro César de Oliveira⁶, Karla Jorge da Silva⁷, Karine da Costa Bernardino⁸.

¹Graduanda em Engenharia Agrônômica, cris-vieira15@hotmail.com; ²Pesquisador Embrapa Milho e Sorgo, rafael.parrella@embrapa.br; ³Embrapa Milho e Sorgo, robert.schaffert@embrapa.br; ⁴Doutorando em Bioengenharia, vanderfsouza@gmail.com; ⁵Graduanda em Engenharia Agrônômica, ruane.alice29@gmail.com; ⁶Graduando em Engenharia agrônômica, pedroagroufsj@yahoo.com.br; ⁷Mestranda em Genética e Melhoramento, karla.js@hotmail.com; ⁸Mestranda em Genética e Melhoramento, karinecosta23@gmail.com

^{1,4,5,6} Universidade Federal de São João Del-Rei (UFSJ); Rodovia MG 424 – Km 47, CEP: 35701-970 – Sete Lagoas – MG, Caixa Postal: 56; <http://www.ufsj.edu.br>; Tel.: (31) 3697-2003

^{7,8} Universidade Federal de Viçosa (UFV); Avenida Peter Henry Rolfs, s/n, Campus Universitário, Viçosa – MG, CEP: 36570-900, <http://www.ufv.br>; e-mail: reitoria@ufv.br; Tel.: (31) 3899-2200.

^{2,3} Embrapa Milho e Sorgo; Rodovia MG-424, Km 45 Caixa Postal: 285 ou 151 CEP: 35701-970 - Sete Lagoas - MG; <https://www.embrapa.br/milho-e-sorgo> Fone: (31) 3027-1100

RESUMO

A capacidade do sorgo sacarino para produção de açúcares e etanol é semelhante à cana-de-açúcar e auxilia no suprimento da demanda energética do país. Assim, o objetivo do trabalho foi realizar análises de correlações genotípicas para 12 características, que possibilitaram associar e compreender parte do comportamento dos cultivares, visando aumento do potencial agrônômico para produção de etanol de primeira geração. Foram avaliadas 16 cultivares de sorgo sacarino, em três repetições, com espaçamento entre linhas de 0.70 m, e dispostos em blocos ao acaso, sendo avaliadas as características: florescimento, altura de planta, produção de massa verde, extração de caldo, sólidos solúveis totais, toneladas de brix por hectare, percentual de sacarose no caldo, taxa de açúcares redutores totais no caldo, açúcares totais recuperáveis, açúcares redutores, produção de álcool por tonelada e produção de álcool em litros por hectare. Os resultados foram satisfatórios para a seleção genotípica de características, o que é muito desejável, pois facilita na identificação de cultivares promissores para a produção de biocombustível, validando os resultados adquiridos.

Palavras Chave: Associações de expressão gênica, *Sorghum bicolor* (L.) Moench, Produção de etanol.

ABSTRACT

EVALUATION OF GENOTYPIC CORRELATION OF CULTIVARS OF SWEET SORGHUM IN TRAIL OF VALUE OF CULTIVATING AND USE

The capacity of sweet sorghum for production of sugars and ethanol is like sugarcane and helps in the supply of energetic demand for the country. So, the purpose of this work were evaluate genotypic correlation for 12 characters, allowing associate and understand the behavior of cultivars aiming to increase the agronomic potential for the production of first generation ethanol. 16 sweet sorghum cultivars were evaluated in three replications, with line spacing of 0.70 m, and arranged in a randomized block design, the characteristics being evaluated were: days to flowering, plant height, green mass production, juice extraction, total soluble solids, tonne of brix per hectare, sucrose in the stem, reduce total sugars in the stem, total recoverable sugars, reduce sugars, production of alcohol for tonne and production of alcohol in liters per hectare. The results were satisfactory for the genotypic selection which it facilitate in identifying the best cultivars for the biofuels production validating the acquired results.

Keywords: Association of gene expression, *Sorghum bicolor* (L.) Moench, Production of ethanol.

INTRODUÇÃO

A busca por fontes alternativas para produção de biocombustíveis vem crescendo e ganhando mercados pelo mundo, no qual o Brasil tem assumido papel de referência. Isso, devido à preocupação com o consumo maçante de combustíveis fósseis, que envolve questões ambientais, e que são limitados, quando comparados aos provenientes de material sacarino, como etanol. Além disso, uma das grandes vantagens agroindustriais no uso de culturas vegetais que tenham potencial produtivo para o suprimento do mercado sucroalcooleiro é o ciclo, assim como o acesso à matéria-prima (PEREIRA FILHO et al., 2010). Segundo estimativas realizadas pelo

CONAB (2013), a produção brasileira de etanol, provém basicamente de cana-de-açúcar, que é usada também para co-geração de eletricidade.

O sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] é uma espécie com características fisiológicas e morfoanômicas que têm atraído pesquisas (RODRIGUES, 2011). Além da qualidade na produção de grãos, tanto para alimentação animal, quanto humana, pastejo e forragem, este vem ganhando espaço nas usinas de cana-de-açúcar, por apresentar capacidade de produção de açúcares e etanol semelhante à cana, podendo assim, auxiliar no suprimento da demanda energética do país.

Atualmente, cultivares de sorgo sacarino têm se destacado por suas características de interesse agrônômico para produção de açúcar e biomassa, como a presença de genótipos com resistência a estresse hídrico, o que interfere diretamente na quantidade e qualidade dos açúcares e produção de biomassa verde. Isso indica que, existem associações entre os caracteres genéticos e fenotípicos, que podem ser fortes, por correlações. As estimativas demonstram influência positiva ou negativa entre as variáveis, prevendo o comportamento de outras (VENCOVSKY e BARRIGA, 1992).

O objetivo do presente trabalho foi avaliar as correlações genotípicas de 12 características, para possibilitar a associação, previsão e compreensão de parte do comportamento dos cultivares, visando seu potencial para a produção de etanol.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para a condução do experimento, todos os tratamentos culturais necessários foram realizados, de acordo com as necessidades nutricionais do solo exigidas pela cultura, e correções necessárias para a região. Esse foi realizado na estação experimental da EMBRAPA Milho e Sorgo, em Sete Lagoas- MG, onde a semeadura ocorreu no dia 20 de novembro de 2013. O ensaio foi instalado em bloco ao acaso, com 16 cultivares de sorgo sacarino (BRS 511, CV 198, V82393, V82392, CMSXS629, CMSXS647, CMSXS646, CMSXS644, CMSXS630, BRS509, CMSXS643, V82391, BRS 508, BRS 506, Sugargraze, CV 568) com 3 repetições e espaçamento entre linhas de 0.70 m. Avaliou-se doze características, sendo três agrônômicas, que foram; florescimento (FLOR), altura de planta (ALTURA), produção de massa verde (PMV), e nove tecnológicas; extração de caldo (Extração), sólidos solúveis totais (SST %), toneladas de brix por hectare (TBH), sacarose no caldo (Pol), açúcares redutores totais no caldo (ART), açúcares totais recuperáveis (ATR), açúcares redutores (AR), produção de álcool por tonelada (Alc ton⁻¹) e produção de álcool em litros por hectare (ALPHA), mensurando a correlação entre estas.

Quanto ao florescimento, foi anotado o número de dias decorridos desde a semeadura, até a antese de 50% das plantas de cada parcela. A altura de plantas foi realizada por medição em metros, considerando desde o solo ao ápice da planta. Para a produção de biomassa verde, todas as plantas dentro da área útil foram pesadas, sem panícula e os dados foram transformados para toneladas por hectare. A extração do caldo foi feita a partir de 500 g amostrais de massa verde, que com auxílio de prensa hidráulica com pressão mínima e constante de 250 kgf cm⁻² por um minuto, passou pela pesagem, desintegração e posterior homogeneização, no qual EXT= Peso do caldo/500x 100. O teor de sólidos solúveis totais foi determinado por caldo filtrado em papel por refratômetro digital de leitura automática, com correção de temperatura e resolução máxima de 0,1° Brix, seguindo a metodologia de AOAC (1990). Para toneladas de brix por hectare, a fórmula usada foi: TBH = PMV x EXTxSST. O conteúdo de fibras foi calculado pelo método de Tanimoto (1964). Para sacarose no caldo: POLc = POL x (1 - 0,01x FIBRA) x C. Nos parâmetros de açúcares redutores totais no caldo ART= (POL/0,95) + AR%. Em açúcares totais recuperáveis, a expressão foi dada a partir da fórmula: ATR= 10 x POLc x 1,05263 x 0,905 + 10 x ARc x 0,905, onde 1,05263 corresponde ao coeficiente de conversão da sacarose em açúcares redutores e 0,905 o coeficiente para recuperação de perda industrial. Além destes, açúcares redutores, produção de álcool por tonelada e produção de álcool em litros por hectare foram também calculados, de acordo com CONSECANA, 2006.

As estimativas procedidas pelo programa computacional Genes (CRUZ, 2006) foram o teste t, de acordo com o grau de liberdade, verificando o coeficiente de correlação simples, pelo teste de Pearson, que mediu a relação linear entre as variáveis, expostos através de dispersão gráfica gerada através da expressão seguinte:

$$r = \frac{Cov(X,Y)}{\sqrt{Var(X) * Var(Y)}} \quad -1 \leq r \leq 1$$

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2 \sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2}} = \frac{n \sum_{i=1}^n X_i Y_i - \sum_{i=1}^n X_i \sum_{i=1}^n Y_i}{\sqrt{\left[n \sum_{i=1}^n X_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n X_i \right)^2 \right] \left[n \sum_{i=1}^n Y_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n Y_i \right)^2 \right]}}$$

Sendo que, a classificação dos coeficientes é feita de acordo com sua magnitude, onde $r = 0$ expressa correlação nula; $0,30 < |r| < 0,60$, considerada interação média; $0,60 < |r| < 0,90$, forte e quando $|r| = 1$ a correlação é perfeita, sugerindo dependência completa, positiva ou negativa entre as variáveis.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O teste de correlação de Pearson demonstrou 32 correlações significativas entre as doze variáveis, ao nível de 1 e 5% de probabilidade (tabela 1). Dessas correlações 24 foram positivas, demonstrando a correspondência existente, de forma que as variáveis crescem de maneira proporcional a outra, sendo que, algumas características quando associadas, demonstraram forte correlação. As demais variáveis foram negativas ou nulas diante do teste t, obtendo acréscimo ou decréscimo de desempenho independente, quando associadas a outras. Para a relação entre florescimento e percentual de sacarose do caldo, o teste mostrou resultado moderado de correspondência, em que $r_g = 0,49$. Isso pode ser explicado pela média de 85 dias até a antese, considerada superior à média, levando em conta o período de verão, em que o experimento foi conduzido. Sendo que, o prolongamento do ciclo para as cultivares testadas foi benéfico, de forma que o tempo de permanência dessas no campo pode explicar parte da obtenção de maior acúmulo de sacarose no colmo, assim como o aumento da produção de álcool por hectare.

A produção de massa verde expressou correlação alta com as características de toneladas de brix por hectare ($r_g = 0,79$) (figura 1) e produção de álcool por hectare ($r_g = 0,74$) em que, a maior produção de biomassa resultou no aumento de ambas. Portanto, a relação entre essas características é forte e de crescimento dependente. Quanto ao teor de sacarose no caldo, notou-se correlação positiva com SST, TBH e ART, sendo $r_g = 0,85$, $r_g = 0,64$ e $r_g = 1$ (figura 4).

Houve correlação negativa forte para os teores de açúcares redutores com sólidos solúveis totais, toneladas de brix por hectare, sacarose do colmo, açúcares redutores totais, açúcares totais recuperáveis. Merece destaque, a ligação inversa e muito forte de quantidade de açúcares redutores e fibras, de $r_g = -0,96$, em que os açúcares redutores são fisiologicamente convertidos em fibras, o que possivelmente explica o decréscimo de uma quando há o aumento de valores em outra. Para altura de plantas não foram registrados resultados significativos, na comparação com as demais variáveis.

Para sólidos solúveis totais a correlações entre toneladas de brix por hectare ($r_g = 0,70$) explicada pela fórmula: $TBH = PMV * SST$, sendo SST co-variável para o cálculo de TBH (figura 3). No geral, os SSTs, mostram correspondência alta com todos os açúcares, como; sacarose no caldo ($r_g = 0,85$), açúcares redutores totais ($r_g = 0,85$) (figura 2), açúcares totais recuperáveis ($r_g = 0,85$), açúcares redutores ($r_g = -0,77$), produção de álcool por tonelada ($r_g = 0,85$) e produção de álcool por hectare ($r_g = 0,66$). Segundo GUIGOU et al. (2011), essas ligações de SST com demais variantes, possibilitam a seleção direta, o que se torna bastante prático, por ser uma característica de fácil aferimento.

9º CONGRESSO INTERNACIONAL DE BIOENERGIA
SÃO PAULO – SP – 01 A 03 DE OUTUBRO DE 2014

Tabela 1. Correlações de Pearson, para características de florescimento (dias), altura de plantas (m), produção de massa verde ($t\ ha^{-1}$), extração (%), sólidos solúveis totais, toneladas de brix por hectare, sacarose do caldo (Pol), açúcares redutores totais, açúcares totais recuperáveis, açúcares redutores, produção de álcool por tonelada e produção de álcool por hectare, avaliadas em Sete Lagoas-MG, 2013.

Table 1. Correlations Pearson's for the characteristics of flowering plants (days), plant height (m), weight of green mass ($t\ ha^{-1}$), extraction of juice (%), total soluble solids, tonne of brix per hectare, sucrose in the stem (Pol), reduce total sugars in the stem, total recoverable sugars, reduce sugars, production of alcohol for tonne and production of alcohol in liters per hectare, measured in Sete Lagoas- MG, 2013.

CARACTERÍSTICAS	FLOR	ALTURA	PMV	EXTRAÇÃO	SST	TBH	POL	ART	ATR	AR	Alc ton ⁻¹	ALPHA
FLOR	1.000	0.125	0.288	-0.122	0.344	0.417	0.494*	0.484	0.484	-0.582*	0.484	0.498*
ALTURA	0.125	1.000	0.013	-0.328	-0.134	-0.137	-0.042	-0.045	-0.045	0.005	-0.045	-0.013
PMV	0.288	0.013	1.000	-0.062	0.139	0.789*	0.157	0.152	0.152	-0.203	0.152	0.741**
EXTRAÇÃO	-0.122	-0.328	-0.062	1.000	-0.537*	-0.259	-0.361	-0.368	-0.368	0.263	-0.368	-0.335
SST	0.344	-0.134	0.139	-0.538	1.000	0.701*	0.846*	0.849*	0.850*	-0.775**	0.850*	0.665*
TBH	0.417	-0.137	0.789	-0.259	0.701	1.000	0.636*	0.634*	0.634*	-0.637*	0.634*	0.930*
POL	0.494	-0.042	0.157	-0.361	0.846	0.636	1.000	1.000*	1.000*	-0.962*	1.000*	0.772*
ART	0.484	-0.045	0.152	-0.368	0.849	0.634	1.000	1.000	1.000*	-0.956*	1.000*	0.769*
ATR	0.484	-0.045	0.152	-0.368	0.850	0.634	1.000	1.000	1.000	-0.956	1.000*	0.769*
AR	-0.582	0.005	-0.203	0.263	-0.775	-0.638	-0.962	-0.956	-0.956	1.000	-0.956*	-0.772*
Alc ton ⁻¹	0.484	-0.045	0.152	-0.368	0.850	0.634	1.000	1.000	1.000	-0.956	1.000	0.769*
ALPHA	0.498	-0.013	0.741	-0.335	0.665	0.931	0.772	0.769	0.769	-0.772	0.769	1.000

* e ** Significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste t, respectivamente.

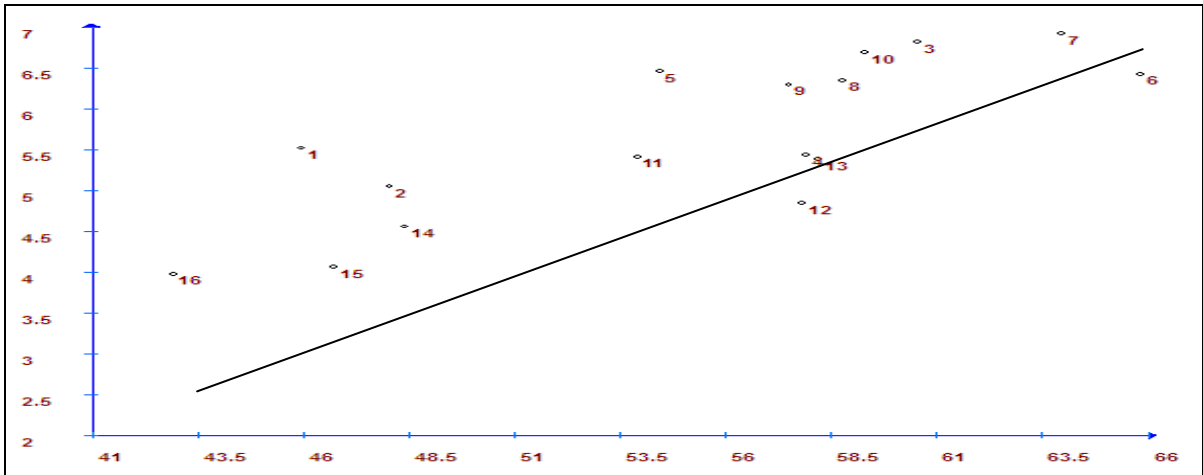


Figura 1. Correlação de Pearson entre toneladas de brix por hectare (Y) e produção de massa verde (X).
Figure 1. Correlation Pearson's between tonne of brix per hectare (Y) and weight of green mass (X).

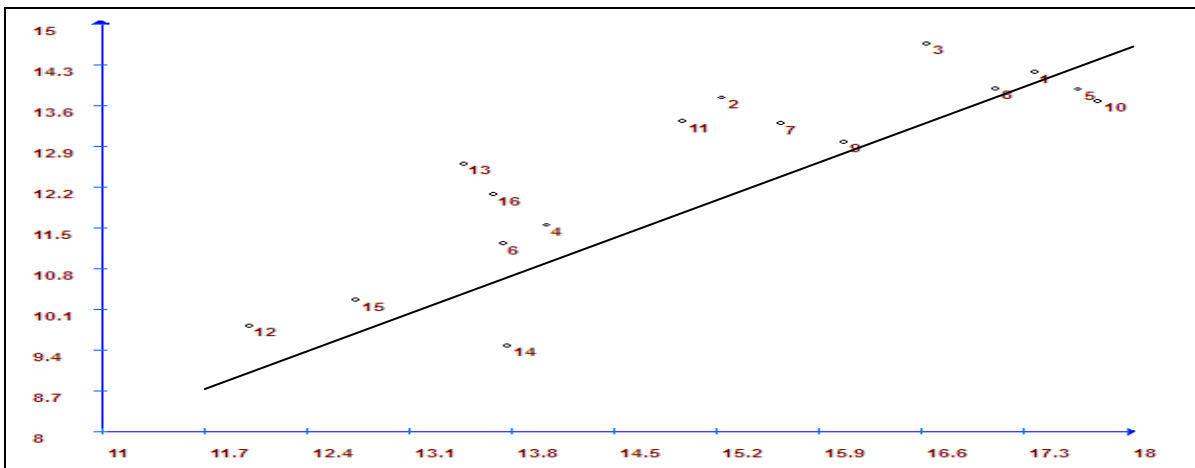


Figura 2. Correlação de Pearson entre açúcares redutores totais no caldo (Y) e sólidos solúveis totais (X).
Figure 2. Correlation Pearson's between reduce total sugars in the stem (Y) and total soluble solids (X).

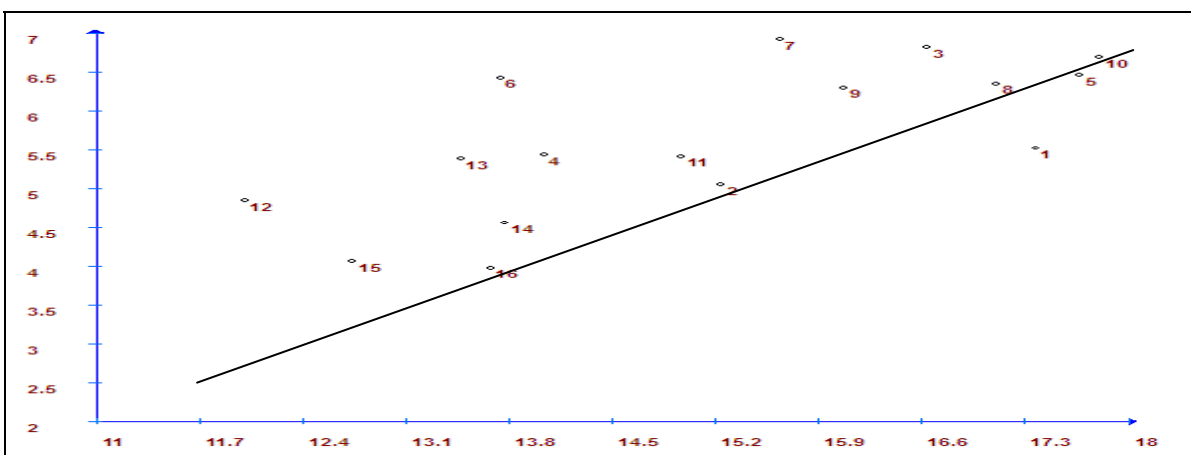


Figura 3. Correlação de Pearson, entre toneladas de brix por hectare (Y) e sólidos solúveis totais (X).
Figure 3. Correlation Pearson's between tonne of brix per hectare (Y) and total soluble solids (X).

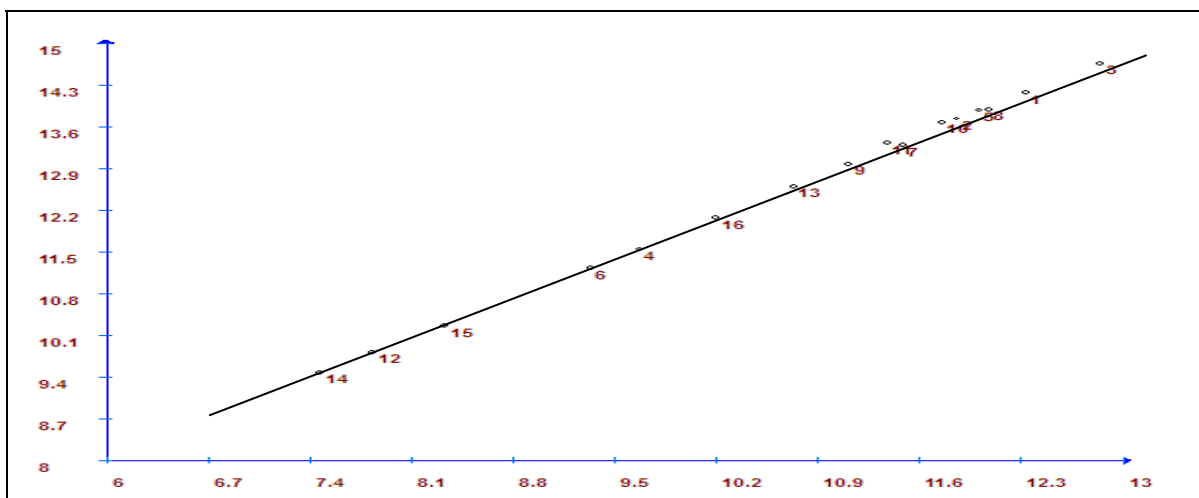


Figura 4. Correlação de Pearson entre sacarose no caldo (Y) e açúcares redutores totais no caldo (X).

Figure 4. Correlation Pearson's between sucrose in the stem (Y) reduce total sugars in the stem (X).

CONCLUSÃO

Observou-se resultados altos de correlação entre toneladas de brix por hectare com todos os açúcares. O índice multiplicativo TBH é interessante do ponto de vista agrônomo-prático, sendo facilmente calculado, e apresentou forte correlação com a produção teórica de etanol ALPHA, que pode ser utilizada como índice de seleção e recomendação de cultivares. Houve também correlação muito forte entre o percentual de sacarose no colmo e taxa de açúcares redutores totais, que já era esperado, mas que pode demonstrar a validade dos resultados adquiridos.

Os resultados das correlações foram satisfatórios e podem ser usados para a seleção genotípica de características desejáveis para a produção de etanol.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Embrapa Milho e Sorgo e Universidade Federal de São João Del Rei, pelo apoio financeiro, ao CNPq e FAPEMIG pela possibilidade de realizar este trabalho.

REFERÊNCIAS

CONSECANA. Conselho dos produtores de cana-de-açúcar, açúcar e álcool do estado de São Paulo. **Manual de instruções**. 5. ed. Piracicaba, 2006. 112 p.

CRUZ, C.D. **Programa Genes: Biometria**. Editora UFV. Viçosa (MG). 382p. 2006.

GUIGOU, M.; LAREO, C.; PÉREZ, L.V.; LLUBERAS, M. E.; VÁZQUEZ, D.; FERRARI, M. D. Bioethanol production from sweet sorghum: evaluation of post-harvest treatments on sugar extraction and fermentation. **Biomass and Bioenergy**, v. 35, p. 3058-3062, 2011.

PEREIRA FILHO, I.A et al. Avaliação de Cultivares de Sorgo Sacarino [*Sorghum bicolor (L.) Moench*] em Diferentes Densidades de Semeadura Visando à Obtenção de Etanol. **XXIX, Congresso Nacional de Milho e Sorgo**. Águas de Lindoia, 2012.

RODRIGUES, J.A.S. **Sorgo: opção rentável para a safrinha**. Disponível em <<http://www.grupocultivar.com.br/artigos.asp?id=868>>, Acesso em 01 de maio de 2014.

TANIMOTO, T. The press method of cane analysis. **Hawaiian Planter's Record**, Honolulu, v. 57, n. 2, p. 133-150, 1964.

VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no melhoramento**. Ribeirão Preto: SBG, 1992. 496 p.