



# COMPARAÇÃO DE CULTIVARES DE CANA-DE-AÇÚCAR COM VARIEDADES DE CANA-ENERGIA VIA MODELOS MISTOS REML/BLUP

Luiz Gustavo da Mata Borsuki<sup>1</sup>, Bruna Sisti Michelin de Polli<sup>2</sup>, Hugo Zeni Neto<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Doutorando do Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Estadual de Maringá - UEM. Bolsista CAPES-UEM. lgborsuk@hotmail.com

<sup>2</sup>Doutoranda do programa de Pós-Graduação de Genética e Melhoramento de Plantas, Universidade Estadual de Maringá-UEM. Bolsista CNPQ-UEM. brunadepolli@gmail.com

<sup>3</sup>Orientador, Doutor, Professor do Departamento de Agronomia, Universidade Estadual de Maringá - UEM. hzneto@uem.br

## RESUMO

A cana-de-açúcar (*Saccharum* spp) é uma das principais culturas no mundo, sendo utilizada, além da produção de açúcar, para a produção de energia renovável. O objetivo deste estudo foi comparar um genótipo com características de cana-energia com as variedades mais plantadas no Brasil. O experimento foi conduzido em Maringá-PR, em um delineamento inteiramente casualizado com cinco repetições. O objetivo deste trabalho foi avaliar características de produção de um genótipo com características de cana-energia e as duas das cultivares mais plantadas no Brasil (RB867515 e RB966928), via REML/BLUP, por meio das seguintes variáveis: Diâmetro de colmo (DC), número de colmo por metro (NCM), graus Brix (BRIX°) e toneladas de cana por hectare (TCH). Sendo submetidas a uma análise de DEVIANCE, uma vez significativa pelo teste de qui-quadrado, foi realizado o procedimento de predição REML/BLUP para identificar as médias genóticas de cada indivíduo. Foi possível identificar a superioridade da cana-energia nas variáveis NCM e TCH, em relação as cultivares comerciais. Já as variedades comerciais apresentaram médias superiores para as variáveis DC e BRIX°. O estudo demonstrou o alto potencial produtivo da possível variedade de cana-energia comparado as variedades comerciais, evidenciando a importância de encontrar novas variedades e necessitando de mais estudos comparativos entre cana-energia e cana-de-açúcar.

**PALAVRAS-CHAVE:** Estatística; Melhoramento; *Saccharum* spp.

## 1 INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) apresenta grande relevância econômica no mundo, ocupando uma área maior que 26 milhões de hectares (ha) em mais de 130 países, totalizando uma produção total de mais de 1,5 bilhões de toneladas. O Brasil apresenta cerca de um terço de toda a produção mundial, com aproximadamente 553 milhões de toneladas (FAOSTAT, 2021).

Além da produção de açúcar, a cana-de-açúcar também é utilizada para se obter o etanol, sendo o Brasil um dos principais países em obtenção de energia renovável, produzindo em torno de 31,3 bilhões de litros de etanol, sendo 27,37 bilhões provindos da cultura da cana-de-açúcar (CONAB, 2023).

Tradicionalmente os programas de melhoramento genético de cana-de-açúcar buscam materiais com um elevado potencial de rendimento de sacarose, ou seja, os clones de cana-de-açúcar foram selecionados para um maior teor de sacarose em detrimento ao teor de fibra. Devido ao aumento na demanda de energias renováveis os programas de melhoramento buscam o novo material com um alto teor de biomassa para fins energéticos e com um teor alto de fibra com um alto potencial produtivo, onde estes materiais são denominados cana-energia (DA SILVEIRA et al., 2016).

Dentre as metodologias que são utilizadas para fazer a seleção de famílias, a que mais se destaca é a REML/BLUP (*Restricted Maximum Likelihood/Best Linear Unbiased Prediction*). Através do REML/BLUP, é possível realizar uma seleção mais eficiente de genótipos superiores, reduzindo os custos operacionais associados ao processo de melhoramento genético. Consequentemente, esta ferramenta tem se mostrado valiosa para



acelerar o progresso genético, em espécies perenes, otimizando a seleção de genótipos promissores e contribuindo para o desenvolvimento de variedades mais produtivas e adaptadas ao ambiente (RESENDE, 2002).

Os resultados obtidos durante os anos vêm demonstrando que as seleções para fins de cana-energia vêm modificando as características agronômicas desejáveis em futuras cultivares. Com base nestes fatos objetivou-se neste trabalho avaliar características de produção de materiais com características de cana-energia comparando com cultivares comerciais, via REML/BLUP.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Centro Técnico de Irrigação (CTI), órgão vinculado ao Departamento de Agronomia (DAG) da Universidade Estadual de Maringá (UEM), situado na cidade de Maringá – PR (coordenadas 23°25'57" S, 51°57'08" W e 542 m).

Os genótipos estudados foram oriundos de um cruzamento com características de cana-energia, LCP85384 x MP, e as variedades RB867515 e a RB966928. As variedades utilizadas hoje são as duas mais plantadas no Brasil, e apresentam teor de fibra médio (DAROS; OLIVEIRA; BARBOSA, 2015).

O experimento foi conduzido em um delineamento inteiramente casualizado (DIC), com os 3 genótipos e com cinco repetições. As unidades experimentais eram constituídas 5 plantas espaçadas em 0.5 m entre plantas e 1.5 m entre linhas.

As características agronômicas avaliadas para todas as plantas das parcelas foram: Diâmetro médio dos colmos (DC), número de colmos por metro (NCM), grau BRIX (BRIX°) e toneladas de cana por hectare (THC). A avaliação de DC foi realizada através de um paquímetro digital, sendo verificado 3 colmos por planta e formou a média, já para avaliar NCM foi uma contagem direta em um metro linear. Os graus BRIX que são a porcentagem de sólidos solúveis em peso de caldo, foi realizada com o auxílio do refratômetro, já a variável relacionada a produtividade foi realizada no 12º mês após o plantio (DA SILVEIRA et al., 2016; MATOSO et al., 2019; SILVA et al., 2016).

Os dados foram analisados pelo software SELEGEN – REML/BLUP, sob o Modelo 20 (Inteiramente ao acaso, teste de clones não aparentados, uma planta por parcela):

$$y = X_u + Z_g + \varepsilon$$

Neste modelo:  $y$  é o vetor de dados,  $u$  é o escalar referente à média geral (assumido como fixos),  $g$  é o vetor dos efeitos genotípicos (assumidos como aleatórios),  $\varepsilon$  é o vetor de erros (assumidos como aleatórios).  $X$  e  $Z$  representam as matrizes de incidências para os efeitos respectivamente.

Foi utilizado o teste de DEVIANCE, o qual testa a significância dos estimadores por meio da estatística qui-quadrado ( $\chi^2$ ) (RESENDE, 2007).

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O resultado da análise de DEVIANCE, avaliada pelo teste de qui-quadrado ( $c^2$ ), aplicado sobre a razão entre a verossimilhança (LRT) do modelo completo em relação ao modelo sem o efeito que se deseja testar está apresentado na tabela 1, demonstrou a diferença significativa ( $p$ -valor  $\leq 0.01$ ) para todas as variáveis.

**Tabela 1:** Análise de DEVIANCE para as características DC, NCM, BRIX° e TCH para os três genótipos de *Saccharum* sp..

| DC | DEVIANCE | LRT ( $\chi^2$ ) |
|----|----------|------------------|
|----|----------|------------------|



|                         |                 |                                  |
|-------------------------|-----------------|----------------------------------|
| Genótipos               | 62.8056         | 13.0732**                        |
| <b>Completo</b>         | 49.7324         |                                  |
| <b>NCM</b>              | <b>DEVIANCE</b> | <b>LRT (<math>\chi^2</math>)</b> |
| Genótipos               | 94.8976         | 16.6416**                        |
| <b>Completo</b>         | 78.256          |                                  |
| <b>BRIX<sup>o</sup></b> | <b>DEVIANCE</b> | <b>LRT (<math>\chi^2</math>)</b> |
| Genótipos               | 42.1988         | 22.7773**                        |
| <b>Completo</b>         | 19.4215         |                                  |
| <b>TCH</b>              | <b>DEVIANCE</b> | <b>LRT (<math>\chi^2</math>)</b> |
| Genótipos               | 133.7884        | 8.0757**                         |
| <b>Completo</b>         | 125.7127        |                                  |

$\chi^2$  1;1% = 6,635 \*\*;

A tabela 2 apresenta os resultados das médias genotípicas referente a todas as características analisadas para cada um dos genótipos, e os seus intervalos de confiança, ordenados das maiores para os menores valores genotípicos.

**Tabela 2:** Médias BLUP e seus intervalos de confiança, Limites Inferiores (LIIC) e Limites Superiores (LSIC).

| <b>DC</b>               |                  |                   |             |             |
|-------------------------|------------------|-------------------|-------------|-------------|
| <b>Ordem</b>            | <b>Genótipos</b> | <b>Média BLUP</b> | <b>LIIC</b> | <b>LSIC</b> |
| 1                       | RB867515         | 29.4407           | 23.1671     | 35.7143     |
| 2                       | RB966928         | 25.8474           | 18.5738     | 31.121      |
| 3                       | Cana Energia     | 19.1019           | 12.8283     | 25.3755     |
| <b>NCM</b>              |                  |                   |             |             |
| <b>Ordem</b>            | <b>Genótipos</b> | <b>Média BLUP</b> | <b>LIIC</b> | <b>LSIC</b> |
| 1                       | Cana Energia     | 44.0205           | 23.69       | 64.3511     |
| 2                       | RB867515         | 14.4522           | 6.8784      | 34.7828     |
| 3                       | RB966928         | 14.1939           | 5.1366      | 34.5245     |
| <b>BRIX<sup>o</sup></b> |                  |                   |             |             |
| <b>Ordem</b>            | <b>Genótipos</b> | <b>Média BLUP</b> | <b>LIIC</b> | <b>LSIC</b> |
| 1                       | RB966928         | 24.3720           | 21.1789     | 27.5651     |
| 2                       | RB867515         | 22.3518           | 19.1587     | 25.5448     |
| 3                       | Cana Energia     | 18.9322           | 15.7391     | 22.1253     |
| <b>TCH</b>              |                  |                   |             |             |
| <b>Ordem</b>            | <b>Genótipos</b> | <b>Média BLUP</b> | <b>LIIC</b> | <b>LSIC</b> |
| 1                       | Cana Energia     | 174.4171          | 100.665     | 248.169     |
| 2                       | RB867515         | 85.7262           | 11.9739     | 159.478     |
| 3                       | RB966928         | 66.3863           | 7.3659      | 140.139     |

LIIC e LSIC calculados com base no teste T-Student.

Em relação ao diâmetro de colmo as variedades RB867515 e RB966928 foram superiores em relação a cana-energia. O genótipo cana-energia foi superior as outras duas variedades para variável número de colmos por metro. Para a variável graus Brix as variedades RB966928 e RB867515 não diferenciam entre si, mas superam a cana-energia. Já em toneladas de cana por hectare as variedades comerciais foram inferiores a cana-energia.



É possível observar diferenças na produção ao comparar a cana-energia com as variedades comerciais. Apesar da cana-energia apresentar um diâmetro de colmo inferior às variedades comerciais, ela compensa essa desvantagem com um número maior de colmos por metro, o que tem um impacto direto em sua produtividade (TCH), superando as variedades comerciais.

Quanto ao grau Brix, a inferioridade pode ser explicada provavelmente pelo maior teor de fibra em detrimento da quantidade de sacarose na cana-energia, conforme observado por WACLAWOVSKY et al. (2010). Isso ocorre porque a cana-energia é destinada para fins energéticos, ao invés da produção de açúcar.

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Concluiu-se há diferenças entre variedades cultivadas para açúcar em relação a cultivares de cana-energia, e o modelo BLUP se mostra eficiente para realizar essas comparações, uma vez que apresenta os valores genotípicos preditos dos genótipos. Além disso, como pode se observar a cana-energia apresenta um grande potencial, superando as variedades principalmente em relação ao TCH, necessitando explorar mais o seu potencial. Isso demonstra a relevância do trabalho em encontrar novas cultivares de cana-energia e, conseqüentemente torna-se necessário mais estudos em cima desta variedade.

#### REFERÊNCIAS

CONAB. Acompanhamento da Safra Brasileira de Cana-de-açúcar: safra 2022/2023. **Observatório Agrícola**, v. 10, n. 4, p. 50, 2023.

DA SILVEIRA, L. C. I. et al. Selection in energy cane families. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 16, n. 4, p. 298–306, 2016.

DAROS, E.; OLIVEIRA, R. A. DE; BARBOSA, G. V. DE S. **45 anos de variedades Ridesa Brasil de cana-de-açúcar**. v. 1

FAOSTAT. **FOOD AND AGRICULTURE DATA**. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#home>>. Acesso em: 29 jul. 2023.

MATOSO, E. S.; AVANCINI, A. R.; REIS, V. M.; SILVA, S. D. D. A. Maturação e Produtividade de cana-de-açúcar com o uso de bactérias diazotróficas. **Journal of Chemical Information and Modeling**, v. 28, n. 4, p. 1689–1699, 2019.

RESENDE, M. D. V. Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes. Colombo, PR: **EMBRAPA Informação Tecnológica**, 2002. 975p.

RESENDE, M. D. V. Matemática e estatística na análise de experimentos e no melhoramento genético. Colombo, PR: **EMBRAPA Florestas**, 2007. 362p.

WACLAWOVSKY, A. J. et al. Sugarcane for bioenergy production: An assessment of yield and regulation of sucrose content. **Plant Biotechnology Journal**, v. 8, n. 3, p. 263–276, 2010.

SILVA, S. D. A.; MONTERO, C. R. S.; SANTOS, R. C.; NAVA, D. E.; GOMES, C. B.; ALMEIDA, I. R. **Sistema de produção da cana-de-açúcar para o Rio Grande do Sul**, Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 247 p., 2016.