

**Perdas quantitativas e qualitativas de cana-de-açúcar em função de métodos de colheita e cultivares**

**Quantitative and qualitative losses of sugarcane as a function of harvesting methods and cultivars**

**Pérdidas cuantitativas y cualitativas de caña de azúcar según los métodos de cosecha y variedades**

Recebido: 13/11/2020 | Revisado: 21/11/2020 | Aceito: 23/11/2020 | Publicado: 28/11/2020

**Leandro Meert**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2037-8898>

Centro Universitário Integrado, Brasil

E-mail: leandromeert@yahoo.com.br

**Gabriela Neves Aragão**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1386-9907>

Centro Universitário Integrado, Brasil

E-mail: gabrielanevesaragao@hotmail.com

**Aline Marques Genú**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7179-0244>

Universidade Estadual do Centro-Oeste, Brasil

E-mail: amgenu@gmail.com

**Marcelo Marques Lopes Müller**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5466-2398>

Universidade Estadual do Centro-Oeste, Brasil

E-mail: mmuller@unicentro.br

**Jhone de Souza Espíndola**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0163-9071>

Centro Universitário Integrado, Brasil

E-mail: jhone.souza@grupointegrado.br

**Antônio Krenski**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8967-4404>

Centro Universitário Integrado, Brasil

E-mail: antonio.krenski@grupointegrado.br

**Alex Sandro Torre Figueiredo**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3738-4100>

Sakata Seed Sudamerica, Brasil

E-mail: [alexstfigueiredo@gmail.com](mailto:alexstfigueiredo@gmail.com)

## **Resumo**

O Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, ela a principal fonte para a produção de biocombustíveis e também açúcar no Brasil. Durante a colheita da cana, seja ela mecanizada ou manual, podem ocorrer dois tipos de perdas, as quantitativas e as qualitativas, além disso as cultivares também podem influenciar nessas perdas. Neste contexto o objetivo deste trabalho foi avaliar as perdas quantitativas e qualitativas de cana-de-açúcar em talhões comerciais no município de São Pedro do Ivaí-PR, em função de métodos de colheita e cultivares. O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 2 x 2 (colheita manual ou colheita mecanizada e as cultivares RB 966928 e RB 855156) com 20 repetições por tratamento. As perdas quantitativas avaliadas foram: toco, ponta, rebolo, repique, cana inteira e perdas totais, e as qualitativas: °Brix, açúcares redutores totais, açúcares redutores, teor de sacarose aparente, pureza aparente, umidade e fibra. A maior perda quantitativa foi causada pela colheita mecânica, dentre as cultivares, observou-se perda total em maior podem influenciar nessas perdas. Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar as perdas quantitativas nível para a cultivar RB 966928 nesse sistema de colheita. Na colheita manual a RB 855156 alcançou os maiores valores para o °Brix, e quando comparada a colheita mecânica, observa-se o mesmo efeito para essa cultivar. Na colheita manual o teor de sacarose aparente foi maior que na colheita mecânica, independentemente da cultivar avaliada.

**Palavras-chave:** ATR; °Brix; Colheita manual; Colheita mecanizada.

## **Abstract**

Brazil is the world's largest producer of sugarcane; it is the main source for the production of biofuels and sugar in Brazil. During sugarcane harvesting, whether mechanized or manual, two types of losses can occur, quantitative and qualitative, in addition, cultivars can also influence these losses. In this context, the objective of this work was to evaluate the quantitative and qualitative losses of sugarcane in commercial plots in the municipality of São Pedro do Ivaí-PR according to two harvesting methods and two cultivars. The experimental design adopted was completely randomized in a 2 x 2 factorial scheme (manual or

mechanized harvest and cultivars RB 966928 and RB 855156) with 20 replicates per treatment. The quantitative losses evaluated were: stump cane, tip cane, whole and shattered billets, whole cane and total losses, and qualitative losses: °Brix, total reducing sugars, reducing sugars, apparent sucrose content, apparent purity, moisture and fiber. The greatest quantitative loss was caused by mechanical harvest, among cultivars, total loss was observed at a higher level for cultivar RB 966928 in this harvest system. In manual harvesting, RB 855156 reached the highest values for °Brix, and when compared to mechanical harvesting, the same effect is observed for this cultivar. In manual harvesting, the apparent sucrose content was higher than in mechanical harvesting, regardless of the evaluated cultivar.

**Keywords:** TRS; °Brix; Manual harvesting; Mechanized harvesting.

### **Resumen**

Brasil es el mayor productor mundial de caña de azúcar, principal fuente para la producción de biocombustibles y azúcar del país. Durante la cosecha de la caña, ya sea de forma mecanizada o manual, pueden producirse dos tipos de pérdidas, cuantitativas y cualitativas, además de que las variedades también pueden influir en estas pérdidas. En este contexto, el objetivo de este trabajo fue evaluar las pérdidas cuantitativas y cualitativas de caña de azúcar en los campos comerciales del municipio de San Pedro de Ivaí-PR, por medio de dos métodos de cosecha y de dos variedades. El diseño experimental adoptado fue completamente aleatorio en un esquema factorial 2 x 2 (cosecha manual o mecanizada y las variedades RB 966928 e RB 855156) con 20 repeticiones por tratamiento. Las pérdidas cuantitativas evaluadas fueron: tallo, punta, tocho, repique, caña entera, y pérdidas totales, y las cualitativas: grado Brix (°Bx), azúcares reductores totales, azúcares reductores, contenido aparente de sacarosa, pureza aparente, humedad y fibra. La mayor pérdida cuantitativa fue causada por la cosecha mecánica, entre los cultivos se observó la pérdida total al nivel más alto para la variedad RB 966928 en este sistema de cosecha. En la cosecha manual la RB 855156 alcanzó los valores más altos de °Bx, y cuando se comparó con la cosecha mecánica se observó el mismo efecto para esa variedad. En la cosecha manual el contenido aparente de sacarosa era mayor que en la cosecha mecánica, independientemente de la variedad evaluada.

**Palabras clave:** ATR; °Brix; Cosecha manual; Cosecha mecanizada.

## 1. Introdução

A cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) possui grande importância socioeconômica para o Brasil, pois é a principal matéria prima para a produção de etanol e açúcar, além disso é um dos principais produtos de exportação do agronegócio nacional (Dalchiavon et al., 2014).

Segundo dados da Conab (2020) na safra 2019/2020 a área destinada para a cultura foi de 8,4 milhões de hectares, produção de 642,71 milhões de toneladas e produtividade de 76,13 toneladas por hectare. O estado de São Paulo responde por 53% da produção, seguido de Goiás e Minas Gerais, o Paraná está em quinto lugar com 5,2%. Da produção total de cana, 34% foi destinada a produção de açúcar, produzindo-se 29,79 milhões de toneladas, o restante foi destinado a produção de etanol. Na região sul do país a área destinada a produção de cana teve redução de 6,7% em relação ao ano anterior.

Para que a cana seja industrializada, é necessário que seja colhida e transportada até uma unidade de industrialização, conhecida como “usina”. Em relação a colheita, existem dois métodos, o manual, onde o trabalhador braçal, com o auxílio de uma ferramenta chamada podão ou foice faz o corte da cana, que em seguida é carregada e transportada até a usina, e o sistema mecanizado, no qual a colheita é feita com o auxílio de colhedoras combinadas, montadas ou autopropelidas que cortam e fragmentam a cana e na sequência as transferem para o transbordo que as levará até a usina.

O primeiro método representa uma importante fonte de emprego para as pessoas de baixo nível de instrução, por sua vez, esse método é mais oneroso em relação ao preparo da área a ser colhida, onde deve haver o manejo adequado da palhada, para posterior corte dos colmos com ferramentas de corte adequadas. Outro ponto, é a queima do canavial, amplamente utilizado em casos de não adesão ao corte manual de cana crua, tende a ser eliminada por motivos ambientais e de saúde pública. Já a colheita mecanizada surge como uma forma de manter um patamar competitivo para a cultura, além de facilitar o gerenciamento das tarefas intrínsecas à atividade (Braunbeck & Oliveira, 2006),

Durante o processo de colheita e carregamento da cana podem ocorrer dois tipos de perdas, as perdas quantitativas e as qualitativas, a primeira se refere aos pedaços, pontas, lascas e canas inteiras que são perdidos na lavoura ou então durante o transporte até a usina, reduzindo assim a produção total, e a segunda é inerente a redução da qualidade do caldo da cana, principalmente no que se refere ao teor de sacarose aparente (POL), pureza (relação entre POL e °Brix) e açúcar total recuperável (ATR) (Neves et al., 2004).

Outro fator que pode interferir nas perdas quantitativas e na qualidade do caldo da cana são as cultivares, pois, dependendo da arquitetura da planta, da uniformidade no tamanho dos colmos e resistência dos mesmos, as perdas quantitativas podem ser maiores ou menores, já que plantas menos eretas e que tombam com facilidade dificultam o corte por parte da colhedora ou pelos trabalhadores, favorecendo assim, as perdas na forma de topo, ponta e cana inteira, além do aumento da quantidade de impurezas no caldo (Barbosa, 2012; Morais et al., 2015). Além disso, existem no mercado cultivares que, devido as suas características genéticas, podem produzir caldo de maior qualidade que outras cultivares.

Nesse contexto o objetivo do trabalho foi avaliar as perdas quantitativas e qualitativas em função de dois métodos de colheita e duas cultivares de cana-de-açúcar em áreas comerciais município de São Pedro do Ivaí - PR.

## **2. Metodologia**

O presente trabalho foi de caráter quantitativo, que é caracterizada por ser uma pesquisa experimental de campo (Pereira, et al., 2018). O trabalho realizado em canaviais comerciais no município de São Pedro do Ivaí – PR no ano de 2015, as áreas pertencem a fornecedores da usina Renuka Vale do Ivaí S/A. A altitude média do local é de 389 metros e coordenadas 23°51'24" S e 51°50'58" O.

O clima da onde encontravam-se as áreas avaliadas é classificado como subtropical úmido mesotérmico (Cfa), com verões quentes e geadas pouco frequentes, com tendência de concentração das chuvas nos meses de verão, sem estação seca definida, de acordo com a escala de Koppen (Iapar, 2012), e o solo é classificado como Latossolo Vermelho Distroférico de textura muito argilosa (Bhering et al., 2007), com declividade média de 7%.

O experimento foi organizado em delineamento inteiramente casualizado no esquema fatorial 2x2 (colheita manual e colheita mecanizada e duas cultivares de cana-de-açúcar: RB 966928 e RB 855156). Cada unidade experimental possuía 10 m<sup>2</sup> e para cada tratamento fez-se 20 repetições. As duas cultivares pertencem a RIDESA® Brasil, que possuem recomendação de plantio para a região sul do Brasil, podem ser colhidas de forma mecânica ou manual, com época de colheita entre abril a maio.

Nos talhões onde avaliou-se a colheita manual houve a queima do canavial e nos talhões onde fez-se a colheita mecanizada a cana-de-açúcar manteve-se a cana crua. Para a escolha dos canaviais que seriam utilizados no trabalho baseou-se na topografia. Para as

amostragens utilizou-se um gabarito com 10 m<sup>2</sup>, onde, cada amostragem foi feita a uma distância de 5 metros uma da outra, nos respectivos tratamentos.

A colhedora utilizada foi da marca John Deere modelo 3520 que possui 342 cv de potência e rodado de esteira, a altura de corte foi de 4 cm, a velocidade de colheita foi de 5 km h e a rotação do extrator primário de 950 rpm. A colheita manual foi feita por trabalhadores rurais munidos de facões para colheita de cana-de-açúcar, as avaliações foram feitas logo após a passagem da colhedora, no caso da colheita mecanizada. Já para a colheita manual, as avaliações foram feitas após o carregamento das canas cortadas pelos trabalhadores.

Para a avaliação das perdas quantitativas seguiu-se a classificação de Neves, Magalhães e Ota (2004) e Reis (2009), onde consideram as seguintes classes: tocos: parte do colmo que foi cortada acima do solo e que encontra-se presa às raízes, com comprimento menor ou inferior a 20 cm; comprimentos maiores que 20 cm são considerados pedaços; cana inteira: fração de colmo com tamanho igual ou superior a 2/3 do comprimento médio dos demais colmos da área, o referido colmo pode ou não estar preso ao solo, pelas raízes; cana ponta: pedaço de colmo deixada no solo e agregada ao ponteiro; rebolos: pedaço do colmo com o corte característico do facão picador ou do corte de base, em ambas as extremidades, após a coleta as perdas eram pesadas e extrapolado para toneladas por hectare.

As perdas qualitativas, ou de qualidade, avaliadas foram: Grau °Brix do caldo determinado por refratômetro a 20°C (Schneider, 1979); Açúcares totais recuperáveis (ATR) (kg t colmos): calculado pelo SPCTS atual, aprovado pelo Conselho dos produtores de cana-de-açúcar, açúcar e álcool do estado de São Paulo - Consecana, pureza aparente, açúcares redutores, teor de sacarose aparente, umidade e fibra, para todas as determinações seguiu-se a metodologia do Conselho dos produtores de cana-de-açúcar, açúcar e álcool do estado de São Paulo (Consecana, 2006).

Os dados oriundos das avaliações quantitativas e qualitativas foram submetidos ao teste de Shapiro-Wilk para se verificar a homogeneidade de variâncias e ao teste de Bartlett para se verificar a normalidade dos erros a 5% de probabilidade de erro, em seguida os dados foram submetidos a análise de variância, obedecendo ao delineamento experimental inteiramente casualizado, quando o teste de F mostrou haver efeito dos tratamentos, as médias foram comparadas aplicando-se o teste de Tukey  $p \leq 0,05$  de probabilidade, além disso, fez-se a correlação de Spearman a 5% de probabilidade de erro, para todas as análises utilizou-se o software Rbio (Bhering, 2017).

### 3. Resultados e Discussão

#### 3.1 Análise estatística

Na tabela 1 são apresentados os resultados referentes aos pressupostos da análise de variância para todas as variáveis resposta avaliadas no experimento. Nas variáveis resposta ponta, rebolo, cana inteira e repique em alguns tratamentos houve a presença de valores zero.

**Tabela 1.** Teste de Bartlett para homogeneidade de variâncias e teste de Shapiro-Wilk para a normalidade dos erros para as variáveis resposta toco, ponta, rebolo, cana inteira, repique, total, °Brix, açúcares totais recuperáveis (ATR), açúcares redutores, teor de sacarose aparente, pureza aparente, umidade e fibra de cana-de-açúcar em função de duas cultivares e dois métodos de colheita.

Variáveis resposta	Bartlett	Shapiro-Wilk
Toco	0,075 <sup>ns</sup>	0,066 <sup>ns</sup>
Ponta	0,051 <sup>ns</sup>	0,052 <sup>ns</sup>
Rebolo	0,053 <sup>ns</sup>	0,052 <sup>ns</sup>
Cana inteira	0,054 <sup>ns</sup>	0,058 <sup>ns</sup>
Repique	0,055 <sup>ns</sup>	0,051 <sup>ns</sup>
Total	0,073 <sup>ns</sup>	0,074 <sup>ns</sup>
°Brix	0,860 <sup>ns</sup>	0,630 <sup>ns</sup>
ATR	0,071 <sup>ns</sup>	0,140 <sup>ns</sup>
Açúcares redutores	0,084 <sup>ns</sup>	0,220 <sup>ns</sup>
Teor de sacarose aparente	0,077 <sup>ns</sup>	0,072 <sup>ns</sup>
Pureza aparente	0,074 <sup>ns</sup>	0,075 <sup>ns</sup>
Umidade	0,081 <sup>ns</sup>	0,078 <sup>ns</sup>
Fibra	0,070 <sup>ns</sup>	0,100 <sup>ns</sup>

<sup>ns</sup> Não significativo (p-valor  $\leq 0,05$ ).

Fonte: Dados da pesquisa.

Lúcio et al. (2010) comentam que isso acarreta em superdispersão dos dados, por consequência a heterocedasticidade das variâncias, e, portanto, um dos pressupostos não é atendido. Por isso, houve a necessidade de se transformar os dados para as variáveis acima

cidadas, porém, em todas as tabelas são apresentados os dados originais, pois isso torna mais fácil a interpretação por parte dos leitores.

### **3.2 Perdas quantitativas de cana-de-açúcar**

Na Tabela 2 são mostrados os dados referentes as perdas quantitativas de cana-de-açúcar em função dos métodos de colheita e das cultivares. Não houve interação entre cultivar e método de colheita para a variável resposta toco, observa-se apenas a diferença entre o método de colheita para a cultivar RB 966928, na qual a colheita mecanizada causou maior perda que a colheita manual.

Este resultado mostra que na colheita mecanizada, o corte dos colmos da cana foi mais alto, com isso, ficou no campo 550 kg a mais de cana-de-açúcar na forma de toco quando comparado a colheita manual. Possivelmente, resultado semelhante poderia ocorrer com a outra cultivar testada, mas, devido ao alto coeficiente de variação, não observou-se diferença entre os métodos de colheita para a cultivar RB 855156.

Ripoli e Ripoli (2004) citam que, apesar de o conjunto cortador basal possuir acionamento hidráulico, permitindo variações na altura do corte, ele é projetado para cortar colmos num ponto um pouco acima do nível do terreno, com a touceira devendo estar sobre um leve camalhão, no entanto esta condição de terreno é rara no Brasil, pois em muitas áreas os preparos de solos não são voltados à colheita mecanizada (Volpato, 2001).

De fato, os talhões onde foi feito o trabalho apresentavam irregularidades no nivelamento, e isso fez a colhedora cortar os colmos de modo desigual. Por outro lado, na colheita manual, a desuniformidade do terreno não afeta da mesma maneira a altura de corte dos colmos da cana, mas apesar disso, este tipo de colheita também ocasionou perdas.

Independente da forma de colheita da cana, esse tipo de perda deve ser minimizada o máximo possível, primeiro, porque isso implica em menor produção total, além disso, quando tem-se a presença de tocos juntamente com as touceiras de cana, a produtividade do ciclo seguinte é prejudicada, pois segundo Manzano et al., (2004) e Schogor et al. (2009) as plantas provenientes das gemas presentes nos tocos não são tão produtivas quanto aquelas provenientes das gemas basais. Xavier et al. (2020) comentam que a presença de tocos no campo aumenta a probabilidade de ataques de pragas e/ou doenças na soqueira da cana.

**Tabela 2.** Perdas quantitativas na forma de toco, ponta, rebolo, cana inteira, repique e total de cana-de-açúcar (t ha<sup>-1</sup>) em função de duas cultivares e dois métodos de colheita.

Colheita	Cultivar	
	RB 855156	RB 966928
	Toco (t ha <sup>-1</sup> )	
Manual	1,05aA	1,22aA
Mecanizada	1,38aA	1,77aB
C.V.		37,95
	Ponta (t ha <sup>-1</sup> )	
Manual	0,26aB	0,31aB
Mecanizada	0,0aA	0,0aA
C.V.		114,64
	Rebolo (t ha <sup>-1</sup> )	
Manual	0,0aA	0,0aA
Mecanizada	1,33aB	1,79aB
C.V.		106,81
	Cana Inteira (t ha <sup>-1</sup> )	
Manual	0,0aA	0,0aA
Mecanizada	0,81aB	1,06aB
C.V.		114,28
	Repique (t ha <sup>-1</sup> )	
Manual	0,71aB	0,74aB
Mecanizada	0,0aA	0,0aA
C.V.		122,25
	Total (t ha <sup>-1</sup> )	
Manual	2,07aA	2,31aA
Mecanizada	3,43aB	4,72bB
C.V.		34,31

\*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a  $p \leq 0,05$ .

Fonte: Dados da pesquisa.

A colheita mecanizada não causou perdas de cana da forma de ponta, nesse sistema o desponte dos colmos foi uniforme, para essa variável, somente a colheita manual causou perdas, independentemente da cultivar, isso ocorre porque após o corte dos colmos, por parte dos trabalhadores, os colmos são acondicionados ao solo e em seguida faz-se o corte das pontas, e devido ao posicionamento irregular dos colmos ou plantas com tamanhos

irregulares, no momento do corte, algumas plantas com seus colmos podem ficar juntas ao ponteiro de outras, e acaba por ocorrer o desponte excessivo.

A região mais extrema do ponteiro da cana é a última parte da planta a acumular sacarose, pois o acúmulo se inicia da base em direção a ponta, portanto, no momento da colheita, essa região tem baixo acúmulo de sacarose, além disso, devido à maior atividade meristemática, maior quantidade de nós e conseqüentemente maior inserção de folhas. Esse fato dificulta o processamento e compromete a qualidade e riqueza do caldo, fazendo a necessidade da ocorrência da desponta dos colmos. Porém, quando o corte é excessivo, parte da região de pleno acúmulo de sacarose é desperdiçado, pois a região dos entrenós é caracterizada por sua maior quantidade e riqueza de carboidratos.

Resultados similares foram observados por Peloso et al. (2019), para a colheita mecanizada, onde, independente da velocidade de deslocamento da máquina e da rotação do não ocorreram perdas de cana na forma de ponta.

Outro tipo de perda que é exclusiva da colheita manual é o repique, isso ocorre quando a cana é cortada em tocos menores, e no momento do carregamento estes tocos de cana escapam das garras carregadoras, são alçados para a o interior das carrocerias, por serem pedaços pequenos, assim perdidos durante o transporte na área de produção. No presente trabalho, assim como ocorreu com as perdas na forma de ponta, não houve diferença entre as cultivares avaliadas.

As condições que favorecem as perdas por repique estão principalmente relacionadas com a pressão por partes dos trabalhadores em realizar o corte, principalmente em áreas que possuem alta produção, o que não foi observado no presente estudo.

Para as variáveis resposta rebolo e cana inteira, que são perdas exclusivas do sistema mecanizado, foram observadas no presente estudo. Perdas na forma de rebolo referem-se aqueles pedaços de colmo que foram cortados pela máquina, mas que caíram fora do transbordo, a perda na forma de cana inteira refere-se as canas que não foram cortadas pela máquina.

Peloso et al. (2019) comentam que as perdas na forma de cana inteira ocorrem devido a erros no manuseio da colhedora na linha de colheita, outro fator que pode influenciar é a arquitetura das plantas, pois segundo Silva & Garcia (2009) quanto mais ereta for a planta, mais fácil é seu corte, e isso facilita a colheita e minimiza as perdas.

As perdas na forma de rebolo ocorrem, segundo Salvi et al. (2007), devido a falha no sincronismo entre a colhedora e o transbordo, desgaste do assoalho do elevador, flap do elevador danificado, excesso de carga no transbordo ou então sobrecarga da colhedora.

Para a variável cana inteira, Pelloso et al. (2019) não observaram perdas na colheita mecanizada, divergindo, portanto, do presente trabalho, o modelo da colhedora foi o mesmo, porém a cultivar era a RB 965902.

A colheita mecanizada proporcionou mais perdas que a colheita manual, para a cultivar RB 855156 a colheita manual reduziu em 40% as perdas totais de cana, e para a cultivar RB 966928 a redução foi ainda maior, 52%. Cabe ressaltar que a cultivar RB 966928 é recomendada por seu obtentor para a colheita mecanizada.

As variáveis que mais contribuíram com as perdas totais na colheita mecanizada, foram as perdas em forma de toco e na forma de rebolo, a primeira ocorre devido as irregularidades no terreno, que pode ser corrigido no momento da reforma do canavial, já a segunda, ocorre devido aos descuidos no momento da colheita e manutenção dos equipamentos, portanto, caso não houvesse perdas por rebolo as perdas totais da colheita mecanizada teriam sido 37,5% menores, na média das duas cultivares

Na colheita manual não observou-se interação entre a colheita e a cultivar, isso só ocorreu na colheita mecanizada, onde, a RB 966928 causou 28% a mais de perdas que a RB 855156. Isso pode ter ocorrido devido as características da RB 966928, que favoreceu as perdas maiores de cana inteira e também perdas na forma de toco.

Solano (2011) cita que a cultivar ideal de cana para a colheita mecanizada, é aquela que apresenta porte ereto, sistema radicular profundo e são vigorosas, para facilitar o corte da base e do topo, e desse modo minimizando as perdas.

Pegando como base a classificação de Benedini, Brod & Peticarrari (2009), a colheita mecanizada, independente da cultivar, proporcionou perdas altas de cana, pois elas ficaram acima de 4,5%, em contrapartida, a colheita manual, independente da cultivar, proporcionou perdas médias, pois elas ficaram entre 2,5 e 4,5%.

### **3.3 Perdas qualitativas de cana-de-açúcar**

Para as variáveis resposta, pureza aparente, porcentagem de umidade e porcentagem de fibra não se observou diferença entre as cultivares e nem entre os métodos de colheita, também não ocorreu interação entre os fatores testados (Tabela 3).

Resultados divergentes foram observados por Datir e Joshi (2015), que ao compararem o efeito da colheita manual e mecanizada sobre as características pós colheita da cana-de-açúcar observaram maior pureza no caldo proveniente das canas colhidas mecanicamente.

Houve interação para entre as cultivares e a colheita manual, para a variável resposta °Brix, como pode ser observado na tabela 3, onde, a cultivar RB 855156 foi superior a RB 96-6928, fato que não foi observado na colheita mecanizada. Para a cultivar RB 855156 observou-se maior °Brix que na colheita mecanizada, esse resultado deve-se as maiores perdas na forma de rebolo e cana inteira ocasionadas pela colheita mecanizada, já que a correlação de Spearman indicou correlação negativa entre estes tipos de perdas e o °Brix, além disso, houve correlação positiva entre as perdas na forma de ponta, modalidade de perda que foi maior na colheita manual.

Para a cultivar RB 855156, na colheita manual, o ATR foi de 120,68 kg e na colheita mecanizada foi de 117,43 kg, isso ocorreu porque o teor de sacarose aparente foi maior na colheita manual, a exemplo do °Brix, este resultado ocorreu devido as perdas na forma de rebolo, repique e inteira. Em ambas cultivares houve maior quantidade de sacarose aparente quando a cana foi colhida manualmente.

Outro ponto que faz com que a quantidade de açúcares seja menor nas pontas da cana é o teor de água, que é maior nessa região do colmo (Ravaneli et al., 2004), de fato, conforme mostrado pela correlação negativa entre umidade e ponta (-0,41), ao aumentar-se as perdas por ponta, reduz-se a umidade do caldo.

Para a cultivar RB 855156 houve maior porcentagem de açúcares redutores na colheita mecanizada (0,61) enquanto que na colheita manual a porcentagem foi de 0,59. Datir e Joshi (2015) comentam que quando a cana é colhida mecanicamente tem-se mais superfície exposta, e isso favorece a entrada de microrganismos, além disso, essa maior exposição favorece a degradação mais rápida da sacarose em açúcares redutores, os mesmo autores observaram que com o passar do tempo, após a colheita, a porcentagem de açúcares redutores aumentava mais na colheita mecanizada quando comparada a colheita manual.

Na colheita manual, a cana é colhida inteira e na colheita mecânica a cana é picada toletes, e isso acelera a degradação dos açúcares, acarretando com isso, perdas na porcentagem de cana comercial. Solomon et al. (2003) comentam que após a colheita iniciam-se reações metabólicas que culminam com a inversão da sacarose e formação da ácidos orgânicos, sendo esses alguns dos fatores que reduzem a quantidade de ATR da cana, portanto, quanto mais superfícies expostas tiverem nos colmos, maiores serão as perdas de ATR.

**Tabela 3.** Perdas qualitativas (°Brix, açúcares totais recuperáveis (ATR), pureza aparente, açúcares redutores (AR), teor de sacarose aparente (POL), umidade e fibra) de cana-de-açúcar em função de duas cultivares e dois métodos de colheita.

Colheita	Cultivar	
	RB 855156	RB 966928
	°Brix (%)	
Manual	18,45bB	17,89aA
Mecanizada	17,43aA	17,38aA
C.V.	5,54	
	Açúcares totais recuperáveis (kg ha <sup>-1</sup> )	
Manual	120,68aB	119,94aA
Mecanizada	117,43aA	116,92aA
C.V.	6,48	
	Pureza aparente (%)	
Manual	83,91aA	80,97aA
Mecanizada	83,73aA	83,43aA
C.V.	1,92	
	Açúcares redutores (%)	
Manual	0,59aA	0,61aA
Mecanizada	0,61aB	0,62aA
C.V.	7,20	
	Teor de sacarose aparente	
Manual	15,50aA	15,03bA
Mecanizada	14,60aB	14,51aB
C.V.	3,72	
	Umidade (%)	
Manual	64,94aA	67,96bA
Mecanizada	67,57aA	67,70aA
C.V.	2,79	
	Fibra (%)	
Manual	16,59bA	15,25aA
Mecanizada	14,99aA	14,90aA
C.V.	5,33	

\*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey a  $p \leq 0,05$ .

Fonte: Dados da pesquisa.

Singh e Solomon (2003) avaliaram a qualidade pós colheita de cinco cultivares de cana colhidas manual e mecanicamente, os autores observaram que a quantidade de cana comercial foi menor na colheita mecânica, além disso, os autores observaram interação entre os métodos de colheita e cultivares, indicando que algumas cultivares toleram mais a colheita mecânica que outras, concordando, portanto, com os resultados observados no presente trabalho, onde para a cultivar RB 966928 não houve efeito do método de colheita.

### **3.4 Matriz de correlação de Spearman**

Na Tabela 4 são mostrados os valores da matriz de correlação de Spearman para todas as variáveis resposta analisadas no experimento, observa-se que tem-se correlação negativa entre as perdas na forma de toco e a quantidade de °Brix e teor de sacarose aparente (POL) no caldo da cana-de-açúcar, isso indica que ao deixar tocos na lavoura, tem-se redução na qualidade do caldo, pois quanto maior o °Brix da cana, maior a quantidade de sacarose e quanto maior o teor de sacarose, maior o potencial de produção de açúcar (Silva Neto et al., 2014). Este resultado deve-se a localização dos açúcares que é maior na região basal da cana.

Do ponto de vista da qualidade do caldo, quando tem-se maiores perdas da ponta da cana, aumenta-se o °Brix e também o teor de sacarose aparente, pois em ambos casos a correlação foi positiva, com valores de 0,32 e 0,56 respectivamente.

Isso deve-se, possivelmente, porque nas pontas da cana tem-se menores concentrações de sacarose, pois nesta parte do colmo tem-se maior quantidade de nós, Leite et al. (2010) comentam que o caldo proveniente da região apical possui baixa pureza, devido ao baixo teor de sacarose e alto teor de compostos não açúcares.

Outro ponto que faz com que a quantidade de açúcares seja menor nas pontas da cana é o teor de água, que é maior nessa região do colmo (Ravaneli et al., 2004), de fato, conforme mostrado pela correlação negativa entre umidade e ponta (-0,41), ao aumentar-se as perdas por ponta, reduz-se a umidade do caldo.

Com isso, devido os fatores acima citados, ao reduzir-se a quantidade de pontas dentro da massa total colhida, aumenta-se a concentração de sacarose, e, portanto, tem-se um caldo de maior qualidade.

**Tabela 4.** Matriz de correlação linear de Spearman para as variáveis toco, ponta, rebolo, cana inteira, repique, total, °Brix, açúcares totais recuperáveis (ATR), pureza aparente, açúcares redutores (AR), teor de sacarose aparente (POL), umidade e fibra de cana-de-açúcar em função de duas cultivares e dois métodos de colheita.

	Toco	Ponta	Rebolo	Inteira	Repique	Total	°Brix	ATR	Pureza	AR	POL	Umidade	Fibra
Toco	1												
Ponta	-0,27	1											
Rebolo	0,40	-0,85	1										
Inteira	0,34	-0,84	0,87	1									
Repique	-0,28	0,89	-0,85	-0,84	1								
Total	0,47	-0,77	0,86	0,84	-0,79	1							
°Brix	-0,17	0,32	-0,40	-0,42	0,38	-0,39	1						
ATR	0,15	-	-0,26	-0,30	0,21	-0,22	0,84	1					
Pureza	-	-	-0,19	-0,19	-	-	0,62	0,73	1				
AR	-	-	0,25	0,26	-0,22	0,26	-0,66	-0,65	-0,88	1			
POL	-0,22	0,56	-0,60	-0,62	0,61	-0,56	0,54	0,37	0,27	-0,40	1		
Umidade	-	-0,41	0,40	0,43	-0,44	0,41	-0,75	-0,50	-0,46	0,64	-0,59	1	
Fibra	-	0,48	-0,44	-0,43	0,50	-0,49	0,38	-	-	-0,33	0,51	-0,69	1

Fonte: Dados da pesquisa.

Perdas por rebolo e cana inteira também afetaram negativamente a qualidade do caldo, pois a medida com que estas perdas aumentaram, houve redução no Brix, ATR, pureza e açúcar aparente da cana, como mostrado pelas correlações negativas entre essas variáveis resposta. Além disso, ao aumentar as perdas dessas frações, aumenta-se a quantidade de açúcar redutor, este tipo de açúcar ocorre devido à presença de material imaturo, portanto, seus valores devem ser baixos (Rodrigues et al., 2018).

A medida com que aumentou as perdas por repique, reduziu-se a quantidade de açúcares redutores e aumentou-se as quantidades de Brix, ATR e teor de açúcar aparente, isso indica que as frações do colmo que constituíram os repiques, no presente trabalho, pertenciam as partes superiores do colmo, próximas a ponta, pois o resultado se assemelhou muito aos observados com a variável resposta ponta.

#### **4. Considerações Finais**

Para as condições testadas a colheita mecanizada proporciona maior perda quantitativa, independente da cultivar avaliada.

Para a cultivar RB 855156, a qualidade do caldo de cana advindo de canas colhidas mecanicamente possui menor qualidade, devido a menor quantidade de °Brix, ATR e açúcar aparente.

#### **Referências**

Barbosa, M. H. P., & Silveira, L. C. I. (2012). *Melhoramento genético e recomendação de cultivares*. In: Santos, F., Borém, A., Caldas, C. (Ed.). *Cana-de-açúcar: bioenergia, açúcar e etanol: tecnologias e perspectivas*. (2a ed.), Viçosa. cap. 11. 313-331.

Benedini, M. S., Brod, F. P. R., Peticarrari, J. G. (2009) Perdas e impurezas vegetais e minerais na colheita mecanizada. *Boletim técnico*. Guariba. 7p.

Bhering, S. B., Santos, H. G. dos, Manzatto, C. V., Bognola, I. A., Fasolo, P. J., Carvalho, A. P. de, Potter, R. O.; Curcio, G. R. (2007). *Mapa de Solos do Estado do Paraná*. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2007, 73p. (Documentos, 96).

Bhering, L. L. (2017). Rbio: A Tool for Biometric and Statistical Analysis Using the R Platform. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 17, 187-190.

Braunbeck, O. A., & Oliveira, J. A. (2006). Colheita de cana-de-açúcar com auxílio mecânico. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, 26, 300-308.

Conab, Companhia Nacional de Abastecimento. (2019) *Acompanhamento da safra brasileira: Cana-de-açúcar*. Brasília: CONAB, 62p. 2020.

Consecana, Conselho dos Produtores de Cana de Açúcar, Açúcar e Etanol do Estado de São Paulo. Regulamento dos negócios de compra e venda de cana-de-açúcar no Estado de São Paulo: *Manual de Instruções*. Piracicaba: 2006. Recuperado de [http://www.oricana.com.br/novosite/manual\\_consecana.pdf](http://www.oricana.com.br/novosite/manual_consecana.pdf)

Dalchiavon, F. C., Carvalho, M. P., Montanari, R., & Andreotti, M. (2014). Interrelações da produtividade de cana soca com a resistência à penetração, umidade e matéria orgânica do solo. *Revista Ceres*, 61, 255-264.

Datir, S., Joshi, S. (2015). Post-Harvest Sugarcane Quality under Manual (Whole Cane) and Mechanical (Billet) Harvesting. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 4, 204-218.

Fernandes, A. C. (2000). *Cálculos na Agroindústria da cana de açúcar*. Piracicaba, STAB: Açúcar, Álcool e Subprodutos, 193p.

Iapar, Instituto Agrônomo do Paraná. *Cartas climáticas do Paraná*. 2012. Recuperado de <http://www.iapar.br./modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=597>

Leite, G. H. P., Crusciol, C. A. C., Siqueira, G. F., Silva, M. de A. (2010). Qualidade tecnológica em diferentes porções do colmo e produtividade da cana-de-açúcar sob efeito de maturadores. *Bragantia*, 69, 861-870.

Lúcio, A. D., Couto, M. R. M., Trevisan, J. N., Martins, G. A. K. & Lopes, S. J. (2010). Excesso de zeros nas variáveis observadas: estudo de caso em experimento com brócolis. *Bragantia*, 69, 1035-1046.

Manzano, R. P., Penati, M. A., & Nussio, L. G. (2004). *Cana-de-açúcar na alimentação de bovinos*. (2a ed.), Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 29p.

Morais, L. K. de, Cursi, D. E., Santos, J. M. dos, Sampaio, M., Câmara, T. M. M., Silva, P. Ap, Barbosa, G. V., Hoffmann, H. P., Chapola, R. G., Fernandes Júnior, A. R., Gazaffi, R. (2015). *Melhoramento Genético da Cana-de-Açúcar*. Recuperado de <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/142119/1/Doc-200.pdf>

Neves, J. L. M., Magalhães, P. S. G., Ota, W. M. (2004). Sistema de monitoramento de perdas visíveis de cana-de-açúcar em colhedora de cana picada. *Engenharia Agrícola*, 24, 764-770.

Pelloso, M. F., Lima, A. A. de, Pelloso, B. F., & Silva, A. P da. (2019). Perdas na colheita mecanizada da cana-de-açúcar em resposta a diferentes velocidades da colhedora e de rotação do extrator primário. *Colloquium Agrariae*, 15, 114-120.

Pereira, A. S., Shitsuka, D. M., Parreira, F. J., & Shitsuka, R. (2018). *Metodologia da pesquisa científica*. Brasil. Recuperado de <http://repositorio.ufsm.br/handle/1/15824>

Ravaneli, G. C., Mutton, M. A. & Mutton, M. J. R. (2004). Efeitos do desponte e das épocas de colheita sobre os parâmetros tecnológicos em cana-de-açúcar. *Científica*, 32, 185-190.

Reis, G. N. (2009). *Perdas na colheita mecanizada da cana-de-açúcar crua em função do desgaste das facas do corte de base*. 73 p. Tese (Doutorado) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista. Jaboticabal.

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

Rodrigues, J. D., Jadoski, C. J., Fagan, E. B., Ono, E. O., Soares, L. H., Dourado Neto, D. 2018. *Fisiologia da produção de cana-de-açúcar*. São Paulo: Editora Andrei, 177 p.

Salvi, J. V., Matos, M. A., Milan, M. (2007). Avaliação do desempenho de dispositivo de cortes de base de colhedora de cana-de-açúcar. *Engenharia Agrícola*, 27, 201-209.

Schneider, F. (1979). *Sugar analysis ICUMSA methods*. Copenhagen. 265 p.

Schogor, A. L. B, Nussio, L. G., Mourão, G. B., Muraro, G. B., Sarturi, J. O., & Matos, B. da C. de. (2009). Perdas das frações de cana-de-açúcar submetida a diversos métodos de colheita. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 38, 1443-1450.

Silva, F. I. C., Garcia, A. (2009). Colheita mecânica e manual da cana-de-açúcar: histórico e análise. *Nucleus*, 6, 233-248.

Silva Neto, H. F., De Pauli, F. A., Tasso Junior, L. C., Marques, M. O. (2014). Porcentagem de sacarose aparente e potencial produtivo de açúcar em cultivares de cana. *Scientia Agropecuaria*, 5, 53-58.

Singh, I., Solomon, S. (2003). Postharvest quality loss of sugarcane genotypes under subtropical climate: Deterioration of whole stalk and billets. *Sugar Tech*. 5, 285 288.

Solano, C. S. (2011). *Avaliação técnica e econômica dos sistemas de colheita da cana-de-açúcar no município de Campos dos Goytacazes*. 108f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias. Campos dos Goytacazes, 108f.

Solomon, S., Ramaduri, R., Shanmugathan, S., Shrivastava, A. K., Deb, S., Singh, I., (2003). Management of biological losses in milling tandem to improve sugar recovery. *Sugar Tech*. 5, 137 142.

Volpato, J. L. M.(2011). *Otimização de um cortador de base flutuante para seguimento do perfil de solo em colhedoras de cana-de-açúcar*. 204f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 204f.

Xavier, W. D., Silva, D. C., Costa, R. B., Ribeiro, D. O., Souza, V. S., Silva, J. V. de S. (2020). Losses in the mechanized harvesting of sugarcane as of speed function of two harvester models in Tropical Savanna Environment. *Australian Journal of crop Science*. 04, 675-682.

**Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito**

Leandro Meert – 40%

Gabriela Neves Aragão – 20%

Aline Marques Genú – 10%

Marcelo Marques Lopes Müller – 10%

Jhone de Souza Espíndola – 7%

Antônio Krenski – 6%

Alex Sandro Torre Figueiredo – 7%