DOI: 10.53660/CONJ-1230-U20

Produção e composição química da forragem de três variedades de cana-de-açúcar

Production and chemical composition of forage from three sugarcane varieties

Mauro Wagner de Oliveira [1]*, Gabriela Camila Silva Santos [1], Terezinha Bezerra Albino Oliveira [1], Dalmo de Freitas Santos[1], Esly da Costa Soares[1], Túlio Menezes Tenório[1]

RESUMO

No presente trabalho foram avaliadas a produtividade de forragem e a composição química das variedades de cana-de-açúcar RB835486, RB867515 e SP801816, no ciclo de cana-planta. Em relação à qualidade do caldo, as concentrações médias de Brix, POL, Pureza foram, respectivamente, de 22,32; 19,79; 88,67%. Não houve diferença entre a RB835486 e a RB8657515 quanto a produtividade de forragem e acúmulo de matéria seca na parte área, com valores médios, respectivamente, de 157 e 50 t por hectare, superando a SP801816 em cerca de 15%. Por outro lado, para os teores de proteína bruta, fósforo e enxofre na matéria seca da forragem não foi verificado efeito varietal. Os valores médios de proteína bruta, P e S na forragem foram, respectivamente, de 38,28; 0,50 e 2,15 g por kg de matéria seca de forragem. Para o sistema de produção adotado as três variedades tiveram alto potencial produtivo, entretanto, as duas variedades mais produtivas e de melhor qualidade bromatológica foram a RB835486 e a RB867515.

Palavras-chave: Cana-planta; Estado nutricional; Produtividade; Matéria;

ABSTRACT

In the present work, forage yield and chemical composition of sugarcane varieties RB835486, RB867515 and SP801816 were evaluated, in the cane-plant cycle. Regarding the quality of the juice, the average concentrations of Brix, POL, Purity were, respectively, 22.32; 19.79; 88.67%. There was no difference between RB835486 and RB8657515 regarding forage productivity and dry matter accumulation in the area, with average values, respectively, of 157 and 50 t per hectare, surpassing SP801816 by about 15%. On the other hand, for the contents of crude protein, phosphorus and sulfur in the dry matter of the forage, there was no varietal effect. The mean values of crude protein, P and S in the forage were, respectively, 38.28; 0.50 and 2.15 g per kg of forage dry matter. For the production system adopted, the three varieties had high productive potential, however, the two most productive varieties and with the best chemical quality were RB835486 and RB867515.

Keywords: Plant cane; Nutritional status; Productivity; Dry matter;

[1] Universidade Federal de Alagoas – Campus de Engenharias e Ciências Agrárias
*E-mail: maurowoliveira@gmail.com

INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar tem sido uma planta forrageira bastante utilizada tanto nas pequenas quanto nas médias e grandes propriedades rurais do Brasil, principalmente durante os meses mais secos do ano (BORGES et al., 2012; OLIVEIRA et al., 2021a). Dentre os principais fatores que contribuem para o uso da cana-de-açúcar na alimentação de bovinos podem-se citar: grande produção de forragem por unidade de área; facilidade de cultivo, pois quando está madura, mantém sua qualidade bromatológica; tem baixo custo relativo por unidade de matéria seca produzida; é semi-perene; apresenta maior flexibilidade quanto às épocas de plantio e de corte, em comparação com as culturas anuais, o que facilita o gerenciamento da atividade; podendo ser uma das fontes de energia de menor custo. Devido a essas características essa forrageira é um volumoso de grande interesse, tanto para a alimentação de novilhas quanto para vacas de pequena à média produtividade (OLIVEIRA et al., 2007; VALADARES FILHO et al., 2008; BEZERRA et al., 2017).

Outra característica vantajosa da cana-de-açúcar é ausência de período crítico de deficiência hídrica tão definido como o do milho, cultura mais utilizada para a produção de forragem de alto valor bromatológico (OLIVEIRA et al., 2019). A planta do milho é muito sensível ao déficit de água no solo, principalmente na fase de enchimento de grãos, e, às vezes, os veranicos que acontecem no centro-sul do Brasil, no final de dezembro - início de janeiro, influenciam negativamente na produtividade e no valor bromatológico da forragem de milho destinada à ensilagem, uma vez que o percentual de grãos na massa a ser ensilada será menor. Em anos que ocorrem déficits hídricos mais acentuados na cultura do milho, a cana-de-açúcar é ainda mais utilizada como forrageira substituta na alimentação do rebanho bovino (OLIVEIRA et al., 2007; NUSSIO et al., 2008; OLIVEIRA et al., 2018b).

A cana-de-açúcar, entretanto, apresenta algumas limitações nutricionais como baixo consumo de matéria-seca, devido a presença de altos teores de fibras de baixa digestibilidade, baixo teor de proteína e de minerais, como fósforo e enxofre (CARVALHO et al., 2010; OLIVEIRA et al., 2019). Portanto, para a utilização da cana-de-açúcar para a alimentação animal é necessário a suplementação proteica, bem como a mineral, para que a produtividade animal não seja afetada negativamente (BORGES et al., 2012; MEDEIROS et al., 2015; CAETANO et al., 2016).

As produtividades médias de forragem da cana-de-açúcar têm oscilado em torno

de 90 toneladas de matéria natural por hectare, mas plantando-se variedades melhoradas e, corrigindo-se e mantendo-se a fertilidade do solo, através de calagem, gessagem e adubação, pode-se alcançar produtividades superiores a 150 toneladas de matéria natural por hectare (BONOMO et al., 2009; CALHEIROS et al., 2012; OLIVEIRA et al., 2021a). A irrigação, principalmente aquela realizada após o corte da cana, tem repercutido em altas produtividades e maior longevidade do canavial. Em trabalhos conduzidos em Paracatu, noroeste de Minas Gerais, irrigando-se a cana no início da primavera, obtiveram produtividade média em dois cortes superior a 250 toneladas de forragem por hectare por ano, o que tornou a cultura da cana ainda mais atrativa para o arraçoamento animal (OLIVEIRA et al., 2007).

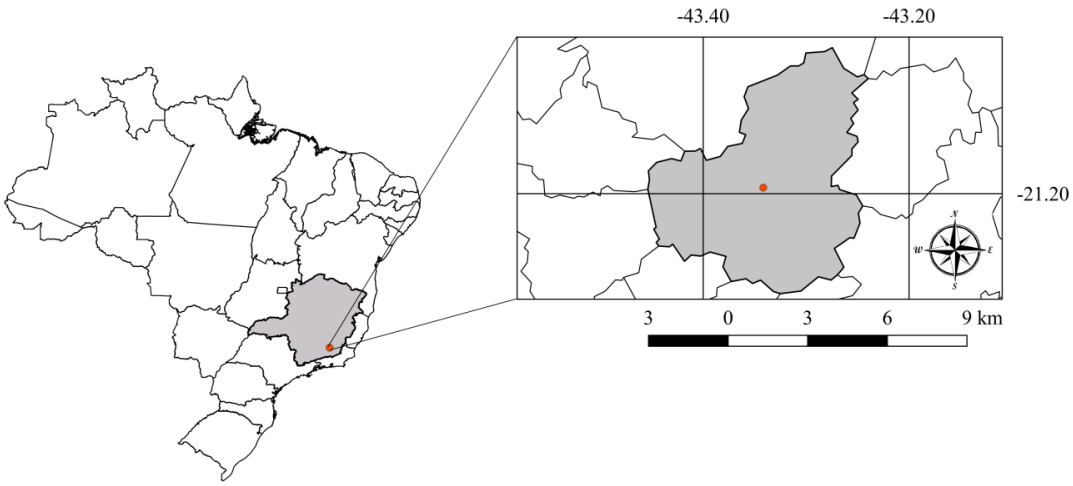
Ante ao exposto, no presente trabalho, foi avaliado o estado nutricional, a produtividade de forragem e a composição química das variedades de cana-de-açúcar RB835486, RB867515 e SP801816, no ciclo de cana-planta, em sistema intensivo de produção de forragem.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido em uma propriedade rural localizada no município de Mercês, zona da Mata Mineira (Figura 1). Esta propriedade tem sistema intensivo de produção de forragem para a alimentação de bovinos leiteiros. O estudo, que teve duração de setembro a julho do ano subsequente, foi implantado em um solo de textura média. A altitude média da propriedade é de 520 m, o clima é do tipo tropical de altitude com chuvas durante o verão e temperatura média anual em torno de 18 °C, com variações entre 24 °C (média das máximas) e 13,8 °C (média das mínimas).

A precipitação média nos últimos 30 anos foi cerca de 1.200 mm. Há um excedente hídrico de novembro a abril; a precipitação fica abaixo da evapotranspiração potencial de abril até setembro, causando um déficit hídrico nesse período; e, nos meses de outubro a novembro, a precipitação volta a ser maior que a evapotranspiração, na qual se define uma estação seca e outra chuvosa. Os solos predominantes na região são: Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, Argissolo Vermelho-Amarelo e Cambissolo Latossólico. Embora de baixa fertilidade, sua constituição física permite a atividade agrícola desde que se use manejo adequado e fertilizações (OLIVEIRA et al., 2019).

Figura 1- Localização do município de Mercês- MG, região sudeste do Brasil



Fonte: Oliveira et al. (2022)

Preparo do solo para instalação do estudo

Antecedendo a implantação do estudo, coletaram-se amostras de solo nas camadas de 0 a 20 e de 20 a 40 cm, para avaliar da fertilidade do solo. Determinou-se: pH (H_2O), Ca^{2+}, Mg^{2+}, K^{+}, Al^{3+} e P. O Ca^{2+}, o Mg^{2+} e o Al^{3+} foram extraídos com KCl 1,0 mol L^{-1} e quantificados por titulometria. A extração de P e K^{+} foi com Mehlich-1, sendo o P determinado por colorimetria, o K^{+} por fotometria de chama. Todas as análises foram realizadas conforme métodos descritos pela Embrapa (2017).

De posse dos resultados das análises químicas (Tabela 1), no início de setembro foram aplicados 6,0 t de calcário e 6,0 t de gesso por hectare com o objetivo de elevar a saturação por base para 60% na camada arável e reduzir a saturação por alumínio na subsuperfície, conforme proposto por Oliveira et al. (2007) e Raij (2008). O calcário utilizado foi o dolomítico, devido ao teor de Mg^{+2} encontrar-se abaixo de 0,40 $cmol_c$ dm^{-3} de solo, teor considerado crítico por Oliveira et al. (2007), Raij (2011) e Oliveira et al. (2018a). Logo após a aplicação do calcário e do gesso o solo foi arado e gradeado. Em meados de outubro, cerca de quarenta e cinco dias após a aplicação da mistura de calcário dolomítico e de gesso, gradeou-se novamente o terreno e sulcou-se o solo no espaçamento de 1,2 m entre sulcos.

Tabela 1 – Análise química do solo da área do estudo, nas camadas de 0 a 20 e de 20 a 40cm

Camada (cm)	pH H_2O	P	K	Al^{3+}	$H^+ + Al^{3+}$	Ca^{2+}	Mg^{2+}	SB	CTC (t)	CTC (T)	V	m
		--- mg dm^{-3} ---		.---------- $cmol_c$ dm^{-3} ----------.							.----- (%) -----.	
0 a 20	4,7	2	13	0,60	2,90	0,83	0,31	1,17	1,77	4,07	28,75	33,90
20 a 40	4,4	0,7	6	0,90	2,60	0,30	0,15	0,47	1,37	3,07	15,31	65,69

pH em água: relação 1:2,5. Ca^{2+}, Mg^{2+} e Al^{3+}: extrator KCl 1 mol L^{-1}. P, K e Na: extrator Mehlich 1. $H^+ + Al^{3+}$: Extrator Acetato de cálcio 0,5 molL^{-1}, a pH 7,0.
Fonte: Oliveira et al. (2022)

Delineamento estatístico e implantação do estudo

O estudo foi conduzido em delineamento experimental em blocos casualizados com quatro repetições. Foram utilizadas as variedades de cana-de-açúcar RB835486, RB867515 e SP801816, devido a seu grande potencial forrageiro (OLIVEIRA et al., 2007; BEZERRA et al., 2017; OLIVEIRA et al., 2021b). As parcelas foram constituídas por sete sulcos de cinco metros de comprimentos. Todas as parcelas receberam adubação fosfatada e potássica na dose de 100 kg de fósforo (229 kg equivalente a P_2O_5) e 150 kg de potássio por hectare, usando o superfosfato simples e o cloreto de potássio como fontes de P e K, respectivamente, seguindo recomendação de Oliveira et al. (2007), Raij (2011) e Oliveira et al. (2018a). Utilizaram-se mudas de oito meses de idade, com excelente vigor e sanidade. As mudas foram distribuídas no sulco e picadas em toletes de duas a três gemas, sendo posteriormente cobertas com terra, numa espessura de cinco a seis cm, seguindo-se recomendação de Oliveira et al. (2021b). Após o plantio da cana, aplicou-se o herbicida Sencor (Metribuzin) na dose de 4,0L do produto comercial por hectare (OLIVEIRA et al., 2019).

Variáveis analisadas

Em meados de janeiro do ano subsequente, quando as plantas estavam na fase de crescimento máximo, foram coletadas folhas + 3, para avaliação do estado nutricional das plantas, seguindo-se métodos descritos por Malavolta et al. (1997), Raij (2011) e Oliveira et al. (2018a). As amostragens foram realizadas nos cinco sulcos centrais da parcela. O limbo foliar foi analisado quanto aos teores de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn, seguindo-se métodos descritos por Malavolta et al. (1997) e Silva e Queiroz (2006).

Por ocasião da maturação da cana, julho do ano subsequente ao plantio, foi realizada a colheita da cana e avaliados os acúmulos de matéria seca e os teores de proteína bruta, fósforo e enxofre na biomassa da parte aérea das três variedades, a produção de colmos industrializáveis, a qualidade do caldo e os teores de carboidratos

estruturais. À semelhança da coleta da folha +3, as amostragens foram realizadas nos cinco sulcos centrais da parcela. Para determinação da matéria seca a cana foi cortada rente ao solo e, após a pesagem da matéria fresca, uma subamostra de toda a parte aérea foi passada em picadeira de forragem e seca a 65 °C em estufa de ventilação forçada até massa constante. Essas subamostras foram passadas em moinho tipo Willey, sendo, posteriormente, quantificados os teores dos nutrientes e de carboidratos estruturais, novamente seguindo métodos descritos por Malavolta et al. (1997) e Silva e Queiroz (2006).

Das plantas anteriormente cortadas para avaliação da biomassa foram selecionados 10 colmos industrializáveis. Esses colmos foram despalhados e despontados. Os colmos industrializáveis foram passados em picadeira de forragem, homogeneizados e uma subamostra de 500 gramas foi prensada a 250 kgf cm^{-2} por um minuto (FERNANDES, 2000). No caldo obtido foram determinados os teores de sólidos solúveis (“Brix”), sacarose aparente (“POL”), pureza do caldo (“Pureza”), teor de sacarose aparente nos colmos (“PCC”) e o Total de Açúcares Recuperáveis (“ATR”).

Os dados foram analisados utilizando o programa computacional Sisvar (Ferreira, 2011), as variáveis submetidas à análise de variância pelo Teste F e, para aquelas em que o F foi significativo, compararam-se as médias pelo Teste de Scott Knott a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente serão apresentadas as avaliações relacionadas ao estado nutricional das plantas, sendo posteriormente discutidas as avaliações das outras variáveis constantes no estudo.

Estado nutricional das plantas

Os teores de nutrientes nas folhas da cana-de-açúcar influenciam a taxa fotossintética e o metabolismo da sacarose que, por consequência, também influenciam a produtividade, a qualidade do caldo e da forragem. Com base no monitoramento do estado nutricional é possível verificar se a planta está bem suprida ou se há algum nutriente cuja concentração esteja limitando o seu desenvolvimento e, caso necessário, realizar ajustes nas adubações (MALAVOLTA, et al., 1997; RAIJ, 2011; OLIVEIRA et al., 2021b).

No presente estudo as variedades foram semelhantes quanto aos teores de macronutrientes foliares e tiveram a seguinte ordem de concentração de macronutrientes:

N>K>Ca>Mg>S>P. Esses resultados confirmam os de Oliveira et al. (2007), Oliveira et al. (2014), Silva et al. (2017) e Oliveira et al. (2018b) em estudos conduzidos no centro-sul e nordeste do Brasil, com diversas variedades, no ciclo de cana-planta, incluindo a RB855536, RB867515, SP801816, SP813250 e VAT90212.

As variedades apresentaram, em média, 22,54 g kg^{-1} de N na folha +3 (Tabela 2). Comparando-se o teor médio de N com os relatados por Malavolta et al. (1997), Raij (2011) e Oliveira et al. (2018a) verificam-se valores situados no intervalo de concentração considerado adequado para a cultura, indicando que as plantas estavam bem supridas em N. Tal fato, tem elevada importância para o crescimento e a produtividade do canavial, uma vez que o N é o segundo macronutriente mais exigido pela cana (OLIVEIRA et al., 2018a), atuando na síntese de clorofila, de aminoácidos essenciais e da energia necessária à produção de carboidratos e esqueletos carbônicos, refletindo diretamente no desenvolvimento e rendimento da cultura (MARSCHNER, 1995; MALAVOLTA et al., 1997; MARENCO, LOPES, 2013).

Tabela 2 - Teores foliares de macronutrientes de três variedades de cana-de-açúcar

Variedade	N	P	K	Ca	Mg	S
	---------- (g kg^{-1}) ----------					
SP801816	22,39 a	1,77 a	13,00 a	3,92 a	2,32 a	2,32 a
RB867515	22,60 a	1,82 a	13,25 a	3,55 a	2,40 a	2,40 a
RB835486	22,62 a	1,75 a	12,75 a	3,60 a	2,25 a	2,20 a
Média	22,54	1,58	13,00	3,69	2,30	2,30
C.V	5,34	8,82	10,01	9,31	11,39	8,01

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo Teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Fonte: Oliveira et al. (2022)

Baseando-se nos estudos conduzidos por Oliveira et al. (2007) e Oliveira et al. (2019) no município de Mercês-MG, era esperado que o teor foliar de N se situasse na faixa considerada adequada, uma vez que, por ocasião de reforma do canavial, a aplicação de calcário e gesso e o preparo do solo, aumentam a atividade microbiana do solo e há maior taxa de mineralização da matéria orgânica, especialmente dos restos culturais e rizomas do cultivo anterior. Assim, o teor de nitrato na solução do solo aumenta proporcionando maior disponibilidade de N para as plantas (SILVA et al., 1999; OLIVEIRA et al., 2021b). Outro fator a ser considerado é o aumento da eficiência do sistema radicular para absorver o nitrato, em plantas com bom suprimento de fósforo. Marschner (1995) e Oliveira et al. (2018a) citam vários estudos nos quais foi constatado

grande influência da disponibilidade endógena do fósforo na absorção e metabolismo do nitrato.

Em relação ao fósforo, as variedades tiveram teor médio de 1,7 g kg^{-1}, o que pode estar relacionado à fertilização fosfatada por ocasião do plantio (100 kg de P ha^{-1}), minimizando o efeito da baixa disponibilidade de P no solo, que apresentou na camada de 0 a 20 cm, 2 mg dm^{-3} de fósforo. As três variedades apresentaram teores foliares de P na faixa considerada adequada (MALAVOLTA et al., 1997; RAIJ, 2011; OLIVEIRA et al., 2018). Embora o fósforo seja o macronutriente quantitativamente menos absorvido pela cana-de-açúcar (OLIVEIRA et al., 2007), seu adequado suprimento é fundamental para o crescimento, desenvolvimento e rendimento da cana, visto que participa da maioria das transferências de energia metabólica, age como intermediário na síntese de numerosas moléculas complexas e pode regular a taxa de diversas reações enzimáticas e processos, como respiração, glicólise, fotossíntese, bem como atuar na síntese e degradação de amido (MARSCHNER, 1995; MARENCO, LOPES, 2013; OLIVEIRA et al., 2018a).

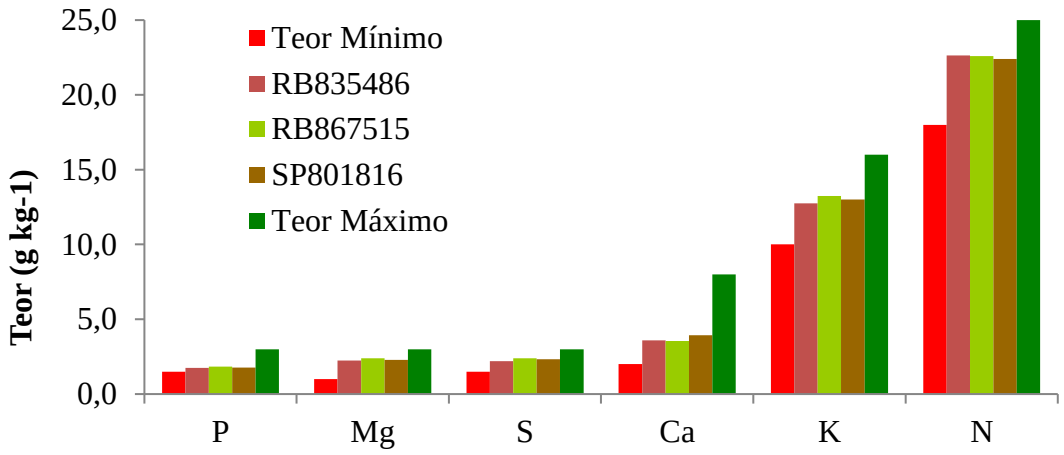
Para o potássio, as variedades apresentaram em média teor foliar de 13 g kg^{-1}. Esses resultados indicam que as cultivares estavam bem supridas deste nutriente e isso assume grande importância para a cana, em razão da participação do potássio na regulação da turgidez dos tecidos, ativação enzimática, abertura e fechamento de estômatos, transporte de carboidratos, transpiração, resistência a geadas, seca, doenças e ao acamamento (MARSCHNER, 1995; MALAVOLTA et al., 1997; RAIJ, 2011). Para a alimentação animal, eventual aumento dos teores de açúcares redutores não tem efeito sobre a qualidade da forragem (OLIVEIRA et al., 2021b).

Com relação ao teor foliar de cálcio, observou-se nos teores foliares, variação entre 3,55 a 3,92 g kg^{-1}. Os resultados foram semelhantes aos relatados por Oliveira et al. (2018), sendo considerados adequados conforme Raij (2011) e Oliveira et al. (2021b), provavelmente, devido à calagem e a gessagem, realizadas antes do plantio da cana-de-açúcar.

O teor médio de magnésio foi 2,30 g kg^{-1}, portanto, as plantas estavam bem supridas de Mg, visto que os teores estão dentro da faixa adequada estabelecida por Raij (2011) e Oliveira et al. (2018). Os teores adequados no presente estudo podem ser explicados pela aplicação de calcário dolomítico antes da implantação do estudo. Na figura 2 estão apresentados os teores foliares de macronutrientes das três variedades de

cana-de-açúcar, comparativamente aos citados como mínimo e máximo por autores brasileiros (MALAVOLTA et al., 1997; RAIJ, 2011; OLIVEIRA et al., 2018).

Figura 2 - Teores médios de macronutrientes nas folhas +3 de três variedades de cana-de-açúcar comparativamente aos valores citados na literatura nacional



Fonte: Oliveira et al. (2022)

Não houve efeito varietal para os teores foliares de enxofre (Tabela 2). As plantas apresentaram em média 2,30 g kg^{-1}. Os valores obtidos situaram-se nas faixas consideradas adequadas por Malavolta et al. (1997), Raij (2011) e Oliveira et al. (2018b). Os resultados obtidos no presente estudo foram semelhantes aos observados por Oliveira et al. (2007), Oliveira et al. (2014) e Silva et al. (2017). O bom suprimento de enxofre deve-se ao gesso aplicado juntamente com o calcário e também ao superfosfato simples aplicados no fundo do sulco.

Em relação aos micronutrientes, não houve efeito das variedades nos teores foliares (Tabela 3). Não ocorreu suprimento adequado para o boro, que apresentou uma concentração foliar de 9,3 mg kg^{-1}. O teor de cobre: 6,75 mg kg^{-1}, situou-se próximo ao mínimo, os demais micronutrientes situaram-se na faixa considerada adequada, segundo alguns autores brasileiros (MALAVOLTA et al. 1997; RAIJ, 2011, OLIVEIRA et al., 2018).

Em estudo conduzido por Oliveira et al. (2014) em Serra dos Aimorés, localizada no vale do Mucuri, nordeste de Minas Gerais, com as variedades RB867515, RB92579 e SP791011, também não foi observado efeito varietal para os teores foliares de nutrientes. Esses autores relatam que as concentrações foliares de B, Cu e Mn situaram-se abaixo do

mínimo, que são, respectivamente, 10,0; 6,0 e 25,0 mg kg^{-1} (OLIVEIRA et al., 2007; RAIJ, 2011, OLIVEIRA et al., 2018).

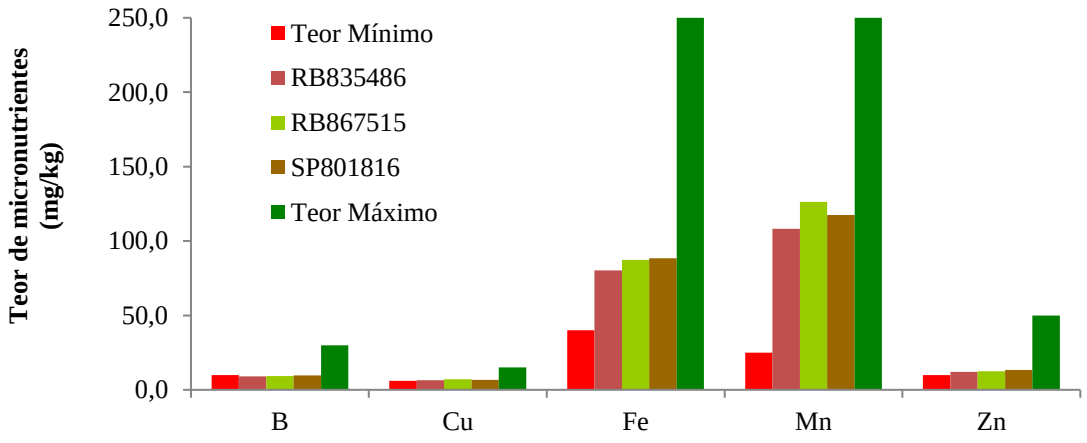
Tabela 3 - Teores de micronutrientes no limbo foliar de três variedades de cana-de-açúcar

Variedade	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	----------(mg kg^{-1})----------				
SP801816	9,72 a	6,75 a	88,50 a	117,50 a	13,25 a
RB867515	9,32 a	7,00 a	87,25 a	126,25 a	12,50 a
RB835486	8,95 a	6,50 a	80,25 a	108,25 a	12,00 a
Média	9,33	6,75	85,33	117,33	12,58
C.V. (%)	14,38	10,18	7,85	7,35	15,50

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo Teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Fonte: Oliveira et al. (2022)

Na figura 3 estão apresentados os teores foliares de micronutrientes das três variedades de cana-de-açúcar, comparativamente aos citados como mínimo e máximo por autores brasileiros (RAIJ, 2011; OLIVEIRA et al., 2018). Deficiência de cobre na RB867515 foi observada em estudos conduzidos no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas por Calheiros et al. (2012).

Figura 3 - Teores médios de micronutrientes nas folhas +3 de três variedades de cana-de-açúcar comparativamente aos valores citados na literatura nacional



Fonte: Oliveira et al. (2022)

Em pesquisas conduzidas por Oliveira et al. (2018a) em diversas lavouras de cana de açúcar do Estado de Alagoas, também constatou-se que os teores foliares de cobre e manganês estavam em concentração inferior ao valor mínimo citado por Malavolta et al.

(1997) e Oliveira et al. (2007). A deficiência de cobre e de manganês tem sido frequente em lavouras do nordeste de Minas Gerais – sul da Bahia, até o Rio Grande do Norte (OLIVEIRA et al., 2014; OLIVEIRA et al., 2021b). Os solos dessas regiões têm baixos teores de cobre e de manganês, assim, o suprimento é inadequado e as plantas geralmente estão deficientes nesses micronutrientes.

Não foram encontrados trabalhos de pesquisas relacionando a deficiência de boro e de cobre com a qualidade nutricional da cana-de-açúcar para a alimentação animal. Entretanto, para a cana-de-açúcar destinada à produção de açúcar, a deficiência de cobre, além de comprometer o potencial produtivo da planta, acarreta alterações metabólicas que comprometem a qualidade do caldo, pois, esse nutriente é constituinte das metaloenzimas polifenol oxidase e amilase (MALAVOLTA et al., 1997; OLIVEIRA et al, 2018a). Portanto, sob atuação deficiente destas enzimas há acúmulo de compostos fenólicos e de amido. Os compostos fenólicos, o amido e as clorofilas são substâncias que influenciam negativamente na cor do caldo e, consequentemente, na do açúcar, diminuindo a qualidade e a aceitabilidade do produto (OLIVEIRA et al., 2014; OLIVEIRA et al., 2017).

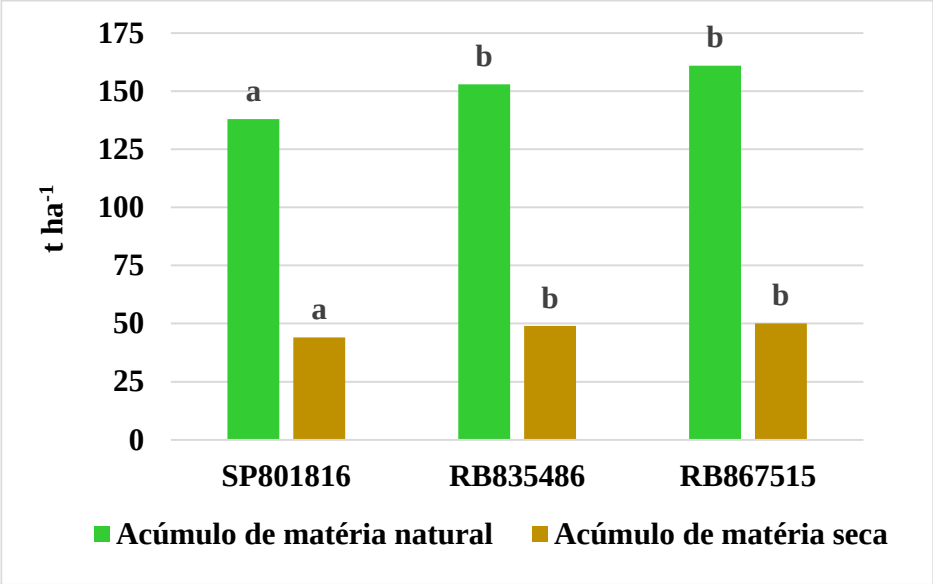
Produtividade de forragem e acúmulo de biomassa

A cultivar SP801816 apresentou produtividade de forragem e acúmulo de matéria seca inferior as variedades RB835486 e RB867515, que, por sua vez, não diferiram entre si (Figura 4). Os acúmulos médios de forragem da SP801816, RB835486 e RB867515 foram respectivamente de 138, 153 e 161 de matéria natural por hectare. Para os acúmulos médios de matéria seca na parte área das plantas, observaram-se valores médios de 44, 49 e 50 t por hectare, respectivamente para a SP801816, RB835486 e RB867515. Cerca de 85% da biomassa aérea da SP801816, RB835486 e RB867515 foi constituída de colmos industrializáveis. O bom suprimento de nutrientes pela calagem, gessagem e adubação química, devem ter contribuído para essa alta produtividade. Produtividades de forragem semelhantes é relatada por Oliveira et al. (2021b), em canaviais com bom suprimento de nutrientes.

No centro-sul do Brasil, a fase de máximo crescimento da cana-de-açúcar ocorre em dias longos e, portanto, sob alta luminosidade e disponibilidade hídrica, diferentemente do nordeste do Brasil, onde o aumento da luminosidade na primavera coincide com o final do período chuvoso. A coincidência da máxima disponibilidade

hídrica com a luminosa influencia positivamente nas taxas fotossintéticas, resultando em maior produtividade da cana no centro-sul, comparativamente ao nordeste do Brasil (CALHEIROS et al., 2012; OLIVEIRA et al., 2021b).

Figura 4 - Acúmulo de matéria natural e de matéria seca na parte aérea das três variedades, no ciclo de cana-planta



Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo Teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Fonte: Oliveira et al. (2022)

Em estudos conduzidos por Bezerra et al. (2017) foi avaliada a produtividade de forragem das variedades RB863129, RB943655 e RB98710 no ciclo de cana-planta cultivadas no Semiárido do nordeste do Brasil e constataram-se acúmulos de matéria natural que variaram de 91 a 99 t ha^{-1}, cerca de 50% inferior aos obtidos no presente trabalho. Entretanto, no semiárido do Brasil o crescimento da cana-de-açúcar ocorre sob noite longas crescentes, reduzindo o período de fotossíntese e a produtividade da lavoura.

Carboidratos estruturais, qualidade do caldo e teores de nutrientes na biomassa

Outras variáveis, além da produção de matéria seca, têm sido consideradas na escolha das variedades de cana-de-açúcar destinadas à alimentação de bovinos. Uma delas é a relação entre a fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) e a sacarose aparente no caldo dos colmos industrializáveis e, esta variável, é um indicador da qualidade bromatológica. A FDN é constituída pela celulose, hemicelulose e lignina. Assim, desconsiderando a pectina, molécula que une as células vegetais, que é solúvel no detergente neutro e tem alta digestibilidade no rúmen, a FDN é uma medida da massa da

parede celular das plantas em relação aos demais constituintes da célula (MEDEIROS et al., 2015; BEZERRA et al., 2017; OLIVEIRA et al., 2021 b).

Outra variável muito utilizada na avaliação da qualidade bromatológica da cana-de-açúcar é a relação entre FDN e os sólidos solúveis dos colmos industrializáveis, designado de "Brix" (MELLO, FRANÇA, 2006; THIAGO, 2009; CARVALHO et al., 2010). Brix (símbolo °Bx) é uma escala numérica que mede a quantidade de sólidos solúveis em uma solução açucarada. Esta escala é uma homenagem ao matemático e engenheiro alemão Adolf Ferdinand Wenceslaus Brix (1798-1870), que a propôs. Nas citações a seguir será utilizada a expressão "Brix" e "sacarose aparente" para nos referirmos, respectivamente, a concentração de sólidos solúveis e a concentração de sacarose no caldo dos colmos industrializáveis da cana.

A sacarose é aparente, porque na análise realizada por polarimetria alguns compostos orgânicos presentes no caldo da cana podem desviar a luz polarizada no mesmo ângulo que a sacarose. Contudo, quando a análise é realizada até 72 horas após o corte da cana, os resultados da análise do caldo da cana por polarimetria tem acima de 95% de concordância com os determinados por cromatografia líquida de alta eficiência ("HPLC", em inglês), o método referência, mas de alto custo analítico (OLIVEIRA et al., 2021b). Na Tabela 4 estão apresentados os teores de FDN, FDA, Brix, sacarose aparente e relações FDN/ Brix e FDN/sacarose aparente das três variedades de cana-de-açúcar utilizadas no presente estudo.

Observa-se pela análise da tabela 4 que a variedade SP801816 teve maior teor de FDN e FDA que a RB835486 e a RB867515. Em relação ao Brix e a sacarose aparente no caldo, não houve diferença entre as variedades, sendo que todas apresentaram alta concentração de Brix e sacarose aparente, indicativo que estavam maduras. A pureza do caldo, valor percentual da sacarose aparente em relação ao total de sólidos solúveis (sacarose aparente/Brix x 100), situou-se próximo a 90%, não havendo diferença estatística entre as variedades. A relação FDN/sacarose aparente da RB835486 foi a menor das três variedades, reforçando resultados de estudo conduzidos por Mello e França (2006), Bonomo et al. (2009) e Oliveira et al. (2021b), nos quais a RB835486 também se destacou isoladamente das demais variedades quanto a menor relação FDN/ sacarose aparente.

Tabela 4 - Teores de fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) e fibra insolúvel em detergente ácido (FDA) na matéria seca da parte aérea (MS), teores de sólidos solúveis (Brix) e sacarose aparente no caldo dos colmos industrializáveis (Sac. Apar.) das três variedades de cana, no ciclo de cana-planta

Variedade	.-- FDN --.	.-- FDA --.	Brix	Sac. Apar.	Pureza	FDN/Brix	FDN/Sac. Apar.
	.-- % na MS cana --.		.-- % no caldo dos colmos --.				
RB835486	42,26 a	26,49 a	21,98 a	19,61 a	89,21 a	1,92 a	2,16 a
RB867515	46,31 a	29,18 a	22,44 a	19,67 a	87,65 a	2,06 a	2,35 b
SP801816	53,89 b	33,45 b	22,55 a	20,09 a	89,09 a	2,39 b	2,68 c
Média geral	47,79	29,71	22,32	19,79	88,65	2,13	2,68
C.V. (%)	5,69	8,79	2,84	2,89	1,32	6,31	6,46

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Fonte: Oliveira et al. (2022)

A relação FDN/sacarose aparente expressa qual é a massa da parede celular de toda a forragem em relação a massa de sacarose dos colmos industrializáveis, assim, quanto menor essa relação mais energia facilmente digestível o animal consumirá. Além disso, há correlação negativa entre o teor de FDN da forragem da cana-de-açúcar e consumo de forragem pelo bovino. Maior teor de FDN na variedade de cana-de-açúcar resulta também em maior tempo de retenção da forragem no rúmen (maior tempo de passagem), menor ingestão de novos alimentos e, consequentemente, menor produtividade animal (OLIVEIRA et al., 2021b).

Relatando estudos conduzidos por diversos autores, Oliveira et al. (2021b) citam que a relação FDN/ sacarose aparente correlacionou-se negativamente (r= -0,85) com a digestibilidade *in vitro* da matéria seca da parte aérea de diversas variedades de cana-de-açúcar, colhidas aos 12 meses de idade. Thiago (2009) também observou que a digestibilidade *in vitro* da matéria seca da parte aérea apresentou relação inversa com a FDN/sacarose aparente e FDN/Brix, tendo obtido coeficiente de correlação de -0,6755 e -0,6940, respectivamente, ambos com significância a 0,1%. Oliveira et al. (2021b) recomendam que, caso na escolha de variedades com maior valor bromatológico tenha-se variedades de cana-de-açúcar com mesma relação FDN/Brix, deve-se optar pelas variedades com menor FDN. Assim, das variedades apresentadas na Tabela 4, a RB835486 e a RB867515 seriam as escolhidas, contudo, a RB835486 tomba com mais facilidade e é mais susceptibilidade às doenças foliares (OLIVEIRA et al., 2019).

As concentrações de proteína bruta, de fósforo e de enxofre na biomassa aérea foram semelhantes entre as cultivares. Os valores médios de proteína bruta, P e S na forragem foram respectivamente de 38,28; 0,50 e 2,15 g por kg de matéria seca de

forragem (Tabela 5). Para dietas exclusivas de cana-de-açúcar, o teor de proteína bruta deveria situar-se entre 60,0 e 70,0 g kg^{-1} (OLIVEIRA et al., 2021b). Entretanto, em vários trabalhos conduzidos por diversos pesquisadores brasileiros têm-se verificado ampla variação no teor de proteína bruta da biomassa da parte aérea da cana-de-açúcar, com valores oscilando de 20,0 a 43,0 g kg^{-1} de matéria seca de biomassa (VALADRES FILHO et al., 2008; BONOMO et al., 2009; BORGES et al., 2012; BEZERRA et al., 2017). A cana-de-açúcar é uma forrageira que apresenta baixos teores de proteína, variando de 1,5 a 4,4% na matéria seca (15 a 44 g de proteína bruta por kg de matéria seca), sendo mais comuns, em canaviais bem nutridos, teores de proteína da ordem de 30 g kg^{-1}.

Tabela 5 - Concentração de proteína bruta, fósforo e enxofre na biomassa das variedades de cana-de-açúcar

Variedades	Proteína Bruta	P	S
	----------%----------		
SP801816	37,94 a	0,49 a	2,13 a
RB867515	38,50 a	0,51 a	2,17 a
RB835486	38,42 a	0,50 a	2,15 a
Média	38,28	0,50	2,15
C.V. (%)	6,28	4,49	8,70

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Fonte: Oliveira *et al*. (2022)

Uma alternativa para elevar os teores de proteína bruta da cana-de-açúcar seria aumentar a dose de adubação nitrogenada. Entretanto, Oliveira et al. (2021b) citam que em estudos com as variedades de cana-de-açúcar RB835486, RB855536 e RB867515, verificou-se que, mesmo sob alta adubação nitrogenada (300 kg de N ha^{-1}) e fornecimento adequado dos outros nutrientes, o teor de proteína bruta da biomassa aérea (colmos industrializáveis + folhas secas + folhas verdes + ponteiros) dessas variedades de cana-de-açúcar aumentou pouco, não ultrapassando a 4,4%. Nussio et al. (2008), ao citarem a composição química de amostras de cana-de-açúcar analisadas no Laboratório de Bromatologia da ESALQ/USP, relatam valor máximo de 4,43% de proteína bruta na biomassa aérea da cana-de-açúcar. Oliveira et al. (2019) comentam que nas pesquisas com doses de adubação nitrogenada a produtividade do canavial aumentou bastante, havendo pouca influência de doses maiores de nitrogênio nos teores de proteína da cana-de-açúcar.

CONCLUSÃO

Para o sistema de produção adotado, as três variedades RB835486, RB867515 e SP801816 tiveram alto potencial produtivo, entretanto, as duas variedades mais produtivas foram a RB835486 e a RB867515.

As variedades RB835486, RB867515 e SP801816 são semelhantes quanto ao estado nutricional, composição química na biomassa e qualidade do caldo. Porém, a SP801816 tem teor de fibra na forragem maior que a RB835486 e a RB867515.

REFERÊNCIAS

BEZERRA, J. D. C. et al. Biometric and chemical characteristics of sugarcane varieties for use as forage in limiting soil water conditions. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.46, n.5, p.384-392, 2017.

BONOMO, P. et al. Potencial forrageiro de variedades de cana-de-açúcar para a alimentação de ruminantes. Acta Scientiarum. **Animal Sciences**, 2009; 31 (1): 53-59.

BORGES, A. L. C. C. et al. Cana-de-açúcar na alimentação de bovinos leiteiros. **Revista Veterinária & Zootecnia**, v 1, n 114, p. 36, 05 set. 2012.

CAETANO, G. A. O. et al. Cana-de-açúcar na alimentação de novilhas leiteiras: Revisão. Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia: **PUBVET**; v.10 n.10, p. 766-778, 2016.

CALHEIROS, A. S. et al. Produção de biomassa, de açúcar e de proteína em função de variedades de cana e de adubação fosfatada. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, n. 2, p. 809-818, abr. 2012.

CARVALHO, M. V.; RODRIGUES, P. H. M.; LIMA, M. L. P. Composição bromatológica e digestibilidade de cana de açúcar colhida em duas épocas do ano. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v.47, n.4, p.298-306, 2010.

EMBRAPA-Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solos**. 3ª ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 573p. 2017.

FERNANDES, A. C. Cálculos na agroindústria da cana-de-açúcar. **STAB - Sociedade das Técnicos Açucareiro e Alcooleiros do Brasil**. 2000. 193p.

FERREIRA D. F.; Sisvar: a computer statistical analysis system. **Cienc Agrotec**. 35 (6):1039-1042, 2011.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas** – Princípios e Aplicações (2ª Edição). Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997. 319p.

MARENCO, R.A. & LOPES, N.F. **Fisiologia Vegetal: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral de plantas**. 3 ed. Viçosa, MG. Ed. UFV, 486 p. 2013.

MARSCHNER, O. **Mineral nutrition of higher plants**. 2 ed. Ney York: Academic Press, 889 p. 1995.

MEDEIROS, S. R. de; GOMES, R. da C.; BUNGENSTAB, D. J. **Nutrição de bovinos de corte: fundamentos e aplicações**. Brasília, DF: Embrapa, 2015. 162 p.

NUSSIO, L.G. et al. Cana-de-açúcar para a produção intensiva de leite a pasto. **Cadernos Técnicos de Veterinária e Zootecnia**. v.57., p. 40-66. 2008.

OLIVEIRA, M. W. et al. Nutrição mineral e adubação da cana-de-açúcar. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.28, n.239, p.30-43, 2007.

OLIVEIRA, M. W. et al. Produção e qualidade de três variedades de cana-de-açúcar cultivadas no nordeste de Minas Gerais. **Ciência Agrícola**, v.12, n.1, p.9-16, 2014.

OLIVEIRA, D. C. et al. Stalk productivity and quality of three sugarcane varieties at the beginining, in the middle, and at the end of the harvest. **African Journal of Agricultural Research**., v.12, n.4, p.260 -269, 2017.

OLIVEIRA M.W. et al. Mineral nutrition and fertilization of sugarcane. **In: Sugarcane – Technology and Research. 1ed**. Londres: INTECH - Open Science, 2018a.

OLIVEIRA, M. W. et al. Biomass yield, nutritional status and industrial quality of sugarcane as a function of nitrogen and potassium fertilization. **Australian Journal of Crop Science**, v.12, n. 5, p. 834- 840. 2018b.

OLIVEIRA, M. W. et al. Sugarcane Production Systems in Small Rural Properties. In: **Multifunctionality and Impacts of Organic and Conventional Agriculture. 1ed**. Londres: INTECH - OpenScience, 2019.

OLIVEIRA M. W. et al. Adubação verde com crotalária juncea em áreas de implantação ou reforma de canaviais, em pequenas propriedades rurais. In: **Extensão Rural: práticas e pesquisas para o fortalecimento da agricultura familiar.** v.2, 2021a.

OLIVEIRA, M.W. et al. **Produção de cana-de-açúcar para a alimentação de bovinos.** Alimentos e alimentação animal. Guarujá – SP, Editora Científica Digital, cap.6, p. 82-114, 2021b.

RAIJ, B.V. **Gesso na agricultura**. Campinas: Instituto Agronômico/ Fundação IAC, 2008. 233p.

RAIJ, B. **Fertilidade do Solo e Manejo de Nutrientes**. 1. ed. Piracicaba - SP: IPNI - International Plant Nutrition Institute, 2011. 420 p.

SILVA, C. A. et al. Mineralização de nitrogênio e enxofre em solos brasileiros sob influência da calagem e fósforo. **Pesq. Agropec. Bras**., v.34, n.9, p.1679-1689, 1999.

SILVA, D. J. & QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3ª ed. Viçosa: UFV. 2006. p.235.

SILVA, E. A. et al. Utilização da cana-de-açúcar na alimentação de ruminantes. **Informe Agropecuário**, v.28, n.239, p.101-119, 2007.

SILVA, V. S. G. et al. Nutritional diagnosis of sugarcane varieties in a Yellow Oxisol during three agricultural seasons. **African Journal of Agricultural Research**, vol.12, n.1, p. 50, 2017.

THIAGO, R. D. R. T. Avaliação nutricional da cana-de-açúcar submetida a métodos de colheita para a produção animal. **Dissertação** – ESALQ /USP. 2009. 100p.

VALADARES FILHO, S. C. et al. Otimização de dietas à base de cana-de-açúcar. In: Simpósio de Produção de Gado de Corte, 6. **Anais.**Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2008. p.121-182.

Recebido em: 25/05/2022

Aprovado em: 01/07/2022

Publicado em: 06/07/2022