
BROTAÇÃO DE GEMAS DE MINI TOLETES DE CANA-DE-AÇÚCAR SOB POSIÇÕES DO COLMO E TRATAMENTO COM AUXINA

ACCÁCIO, Michele da Cruz¹

SOUSA, Bruno Teixeira de²

MARTINS, Andréia Paula Carneiro³

ZUCARELI, Valdir⁴

Recebido em: 2020.10.15

Aprovado em: 2021.04.29

ISSUE DOI: 10.3738/1982.2278.3856

RESUMO: A propagação da cana-de-açúcar é realizada de forma assexuada e sofreu poucas alterações nas últimas décadas. O uso de mini toletes com apenas uma gema tem-se tornado uma alternativa viável. Objetivou-se avaliar o desenvolvimento inicial de brotos de cana-de-açúcar a partir de mini toletes com uma única gema axilar obtidos do ápice e da base de colmos tratados com auxina. O experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado e organizado esquema fatorial 2x5 (região do colmo x dose de auxina) totalizando 10 tratamentos com três repetições. Colmos inteiros de cana-de-açúcar (ainda com as folhas) permaneceram por 18 horas em tratamento via transpiração em soluções de AIA nas concentrações de zero, 25, 50, 75 e 100 mg L⁻¹. Em seguida os mini toletes foram coletados conforme sua posição no colmo, dispostos em bandejas com substrato e levados para câmara de germinação. Foram avaliados a porcentagem de brotação, comprimento e massa da seca dos brotos. Após a retirada dos brotos, os mini toletes foram processados para a quantificação dos teores de açúcares e AIA. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância por teste F ($p \leq 0,05$) para o fator posição e à análise de regressão para o fator dose de auxina. O tratamento com auxina prejudicou a brotação de gemas da base, sendo o efeito mais acentuado na dose de 75 mg L⁻¹. Maiores médias para brotação, comprimento e massa seca dos brotos foram obtidas em gemas da região apical dos colmos, assim como os maiores teores de açúcares e AIA.

Palavras-chave: AIA, regulador vegetal, propagação, *Saccharum*.

SPROUTING OF MINI STALKS SUGARCANE BUDS UNDER STEM POSITIONS AND AUXIN TREATMENT

SUMMARY: The propagation of sugarcane is carried out in an asexual way and has undergone few changes in the last decades. The use of mini stalks with only one bud has become a viable alternative. The objective of this study was to evaluate the initial development of sugarcane sprouts from mini stalks with a single axillary bud obtained from the apex and stem base treated with auxin. The experiment was carried out in a completely randomized design and organized a 2x5 factorial scheme (stem region x dose of auxin) totaling 10 treatments with three replications. Whole sugarcane stalks (still with leaves) remained for 18 hours in treatment via transpiration in IAA solutions at concentrations zero, 25, 50, 75 and 100 mg L⁻¹. Then, the mini stalks were collected according to their position in the stem, placed in trays with substrate and taken to the germination chamber. The percentage of sprouting, length and dry mass of the sprouts were evaluated. After removing the sprouts, the mini stalks were processed to quantify the levels of sugars and IAA. The data obtained were subjected to analysis of variance by F test ($p \leq 0.05$) for the position factor and regression analysis for the auxin dose factor. The treatment with auxin impaired the bud sprouting of the base, being the effect more accentuated in the dose of 75 mg L⁻¹. Higher averages for sprouting, length and dry mass of the sprouts were obtained in buds from the apical region of the stems, as well as the highest levels of sugars and IAA.

Keywords: IAA, plant regulator, propagation, *Saccharum*.

¹ Universidade Estadual de Maringá (UEM), Campus Regional de Umuarama.

² Universidade Estadual de Londrina (UEL). Departamento de Agronomia/Pós-graduação em Agronomia.

³ Universidade Estadual de Maringá (UEM), Campus Regional de Umuarama.

⁴ Universidade Estadual de Maringá (UEM), Campus Regional de Umuarama.

Departamento de Ciências Agrônômicas

INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar é uma espécie de planta pertencente à família Poaceae que possui metabolismo C4 com alta eficiência fotossintética em condições ideais, que se desenvolve em touceiras, têm caules do tipo colmo e raízes fasciculadas, podendo formar rizomas (THOMAS, 2016; LOPES SOBRINHO *et al.*, 2019). Os colmos de cana-de-açúcar apresentam nós e entrenós com divisão bem definida. Na região dos nós estão presentes as pontuações dos primórdios radiculares e as gemas axilares, formadas por um tecido meristemático jovem, em estado de latência, que em condições ideais emitirá uma brotação que dará origem a uma nova planta (THOMAS, 2016). Já na região dos entrenós, estão as reservas de nutrientes e açúcares como a sacarose, glicose e frutose (BOARETTO, 2012)

As variedades cultivadas comercialmente normalmente são originárias do cruzamento entre as espécies *Saccharum officinarum* e *S. spontaneum*, podendo haver cruzamentos com outras espécies do mesmo gênero (TOPPA *et al.*, 2010). Um canavial comercial geralmente permanece viável por uma média de 4 anos (BASTOS *et al.*, 2016), havendo após esse período a necessidade de renovação. Esse processo é realizado, na maioria das vezes, de forma assexuada por meio da propagação vegetativa onde são utilizados colmos jovens, cortados na forma de toletes com aproximadamente 30 centímetros de comprimento, contendo de três a quatro nós (MAY; RAMOS, 2019).

Segundo Baracat Neto *et al.* (2017), no processo de propagação vegetativa, o ápice e a base das plantas de cana-de-açúcar apresentam diferenças na brotação sobretudo pela ocorrência de dominância apical, porém, sabe-se que quando removido o ápice da planta, a concentração de auxina nas gemas axilares tende a aumentar, promovendo o processo de brotação (FAGAN *et al.*, 2015). Dependendo da maturidade e do tecido da planta, diferentes posições de um mesmo caule podem apresentar características distintas, como por exemplo o teor e o tipo do açúcar, nutrientes, concentração de hormônios vegetais, lignificação, dentre outros fatores que podem influenciar no processo de brotação das gemas axilares (SILVA *et al.*, 2004; FREIRE *et al.*, 2014; MANHÃES *et al.*, 2015; SOUSA *et al.*, 2020).

Os tecidos mais jovens das plantas de cana-de-açúcar, presentes no meristema apical, são metabolicamente mais ativos por encontrar-se em fase de crescimento e desenvolvimento, e por isso, apresentam maior teor de açúcares redutores, prontamente disponíveis para as demandas energéticas (LEITE *et al.*, 2009). Já em tecidos maduros, da região basal, onde os processos de crescimento estão praticamente acabados, são encontrados maiores teores de sacarose, um açúcar de reserva (LEITE *et al.*, 2009). Ainda no meristema apical, encontra-se a maior concentração de auxinas, hormônio vegetal produzido em regiões jovens das plantas, e distribuídas até a região da

base, ocasionando a dominância apical e inibindo a brotação das gemas axilares (FAGAN *et al.*, 2015; TAIZ *et al.*, 2017).

Apesar dos avanços em tratamentos culturais, genética e equipamentos utilizados no cultivo de cana-de-açúcar, o método de propagação permanece o mesmo há várias décadas, demandando por uma grande quantidade de material vegetal, cerca de 20 toneladas de colmos para o plantio de apenas um hectare (CIVIERO *et al.*, 2016; MAY; RAMOS, 2019). Possíveis alternativas para solucionar esse problema seriam a utilização do sistema MPB, com mudas pré-brotadas (MARQUES *et al.*, 2018), ou o plantio de mini toletes com apenas uma ou duas gemas (ARAUJO, 2016; CIVIERO *et al.*, 2016; BARACAT NETO *et al.*, 2017).

Porém, com a redução da fração do colmo utilizada para a propagação, a brotação e o desenvolvimento inicial das mudas pode ser comprometido, devido ao mais rápido esgotamento de reservas (JAIN *et al.*, 2010). Alguns métodos para compensar a redução de reservas disponíveis vêm sendo testados, como a aplicação de bioestimulantes, biorreguladores e a inoculação com bactérias promotoras de crescimento de plantas. O tratamento de gemas individuais e mini toletes de cana-de-açúcar com substâncias húmicas contendo auxinas, citocininas e giberelinas, entre outros componentes, incrementaram o desenvolvimento de raízes e perfilhamento das plantas (CIVIERO *et al.*, 2016). Já a inoculação com estirpes de bactérias capazes de produzir auxina do tipo ácido indolacético (AIA), promoveu maior velocidade de brotação e incremento de massa de parte aérea das novas plantas (CHAVES *et al.*, 2015).

Na literatura existem trabalhos com a aplicação de diferentes reguladores vegetais em soqueiras, toletes e mudas de cana-de-açúcar, que proporcionaram tanto resultados positivos quanto negativos para velocidade de brotação, número de brotações, acúmulo de massa fresca de parte aérea, perfilhamento e altura de plantas (SILVA *et al.*, 2010; LUCAS *et al.*, 2019; SIMÃO *et al.*, 2019). Diante das características de desenvolvimento das plantas de cana-de-açúcar e da busca por inovação do método de propagação, espera-se que a aplicação de AIA possa contribuir benéficamente no estímulo da brotação e desenvolvimento inicial de novas plantas obtidas a partir de mini toletes com uma única gema axilar de diferentes posições do colmo.

Portanto, objetivou-se avaliar a brotação e desenvolvimento inicial de parte aérea de plantas de cana-de-açúcar a partir de mini toletes com uma única gema axilar obtidos de diferentes posições (ápice e base) de colmos tratados com auxina (zero, 25, 50, 75 e 100 mg L⁻¹).

MATERIAL E MÉTODO

O experimento foi conduzido na Universidade Estadual de Maringá, Campus Regional de Umuarama (CAU), (23°47'30.4"S 53°15'22.8"W), situado na região Noroeste do Estado do Paraná, que apresenta clima Cfa, segundo classificação de Köppen. Para a montagem do

experimento foram utilizadas plantas de cana-de-açúcar da variedade CTC 9001, que é adaptada a condições de solo e clima restritivos, ao plantio e colheita mecanizada, e apresenta riqueza em açúcares com maior acúmulo de sacarose por peso (pol). As plantas utilizadas apresentavam aproximadamente 12 meses de idade e foram cultivadas no próprio Campus da Universidade, em área de solo do tipo latossolo vermelho distrófico (EMBRAPA, 2006), entre o período de fevereiro/2016 e março/2017. Não foi realizada irrigação. A colheita foi realizada manualmente em março/2017 em dia de sol pleno, no período da tarde.

Após a coleta no campo, as plantas inteiras e ainda com as folhas foram transportadas até área externa (coberta e arejada) anexa ao laboratório de Fisiologia Vegetal, onde foram colocadas em tambores contendo 10 litros de solução para cada tratamento, quantidade de líquido suficiente para encobrir o primeiro entrenó. Os tambores foram previamente higienizados com hipoclorito de sódio, lavados, secos e etiquetados. As plantas foram mantidas nessa condição por 18 horas. Dessa forma, o tratamento dos colmos foi realizado com a absorção das soluções pelas plantas via transpiração (MARTINS *et al.*, 2016).

Posteriormente ao período de tratamento, foram retiradas as extremidades do ápice e da base dos colmos, e feita a contagem do número de gemas, que serviu de parâmetro para divisão do colmo em ápice e base. Utilizando uma serra fita elétrica de bancada, os colmos foram seccionados em mini toletes de aproximadamente 4 cm, contendo uma gema axilar cada. Estes mini toletes foram utilizados para a montagem do experimento, de acordo com a sua posição de origem e solução de tratamento.

O experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado e organizado em esquema fatorial 2 x 5 (posição do colmo x dose de auxina), totalizando 10 tratamentos com três repetições. As posições dos colmos dos quais foram retirados os mini toletes foram o ápice e a base, e as concentrações de auxina utilizadas foram zero, 25, 50, 75 e 100 mg L⁻¹, tendo como fonte ácido indol-3-acético (AIA). As doses utilizadas foram escolhidas com base no trabalho de Martins (2016). As soluções para os tratamentos com as concentrações 25, 50, 75 e 100 mg L⁻¹ de auxina foram preparadas previamente, concentradas em 100 mL, sendo utilizado 10 mL de álcool etílico como solvente para dissolução do AIA, e completado o volume total com água destilada. No momento do tratamento as soluções concentradas foram diluídas em 9,9 L de água dentro dos tambores, e para a concentração zero (sem auxina) foi adicionado apenas 10 L de água ao tambor.

Cada repetição foi composta por 10 mini toletes, totalizando 30 mini toletes por tratamento, que foram colocados em bandejas de poliestireno expandido com uma camada de aproximadamente 3 cm de substrato vermiculita umedecido com água destilada, e cobertos com uma camada de aproximadamente 2 cm do mesmo substrato. Após esse processo, as bandejas

foram envoltas com filme plástico policloreto de vinila (PVC) e levadas para câmara de germinação à temperatura constante de 28 °C, umidade relativa de 80% e fotoperíodo de 12 horas.

Após 20 dias em câmara de germinação foram avaliados o número de brotações e comprimento de parte aérea das mesmas. Em seguida as brotações foram destacadas, colocadas em sacos de papel com identificação e, então, levadas a estufa à 65° C para a obtenção da matéria seca.

Após a retirada de parte aérea e raízes dos mini toletes, os mesmos foram utilizados para caracterização dos teores de açúcares redutores e totais e de auxina do tipo ácido indolacético (AIA). Para isso, foram moídos em engenho manual, lavado com água comum abundante e em seguida com água destilada entre uma amostra e outra, e o caldo obtido dos mini toletes de cada repetição foi utilizado para as análises. Durante o processo de moagem, as amostras obtidas foram acondicionadas em tubos do tipo Falcon com capacidade de 15 mL, tampados e conservados em caixa térmica de isopor com gelo.

Para quantificação do teor de açúcares redutores (AR) foi utilizado o método ADNS (ácido 3,5-dinitrossalicílico) (MILLER, 1959). Em tubos de ensaio com capacidade de 10 mL foram adicionados 1 mL das amostras do caldo diluídas em água destilada (1:10) e 0,5 mL de solução de ADNS 1%. Em seguida, os tubos foram levados para banho maria à 100 °C por 5 minutos. Após serem retirados do banho, foram adicionados 5 mL de água destilada em cada tubo, seguido de homogeneização em agitador vortex, por 30 segundos cada amostra. Em seguida, foi realizada leitura da absorbância das amostras em espectrofotômetro utilizando cubetas de vidro e comprimento de onda de 540 nm (UNICO SPECTROPHOTOMETER UV2100, UNITED PRODUCTS & INSTRUMENTS INC).

O teor de açúcares totais (ATR) foi determinado pelo método fenol sulfúrico (DUBOIS *et al.*, 1956). Foram adicionados 0,1 mL das amostras do caldo diluídas em água destilada (1:200) em tubos de ensaio de 10 mL. Em seguida, em capela de exaustão, foram adicionados 0,5 mL de solução de fenol (5%) e 2,5 mL de H₂SO₄ concentrado. As soluções foram homogeneizadas manualmente e deixadas em repouso por 30 minutos na capela de exaustão, na sequência foram novamente homogeneizadas em agitador vortex, e a leitura das amostras foram realizadas no espectrofotômetro em 490 nm.

Após a brotação foi quantificado os teores de auxina do tipo ácido indol-3-acético (AIA) presentes nos mini toletes, a auxina mais abundante e fisiologicamente importante nos vegetais. Para determinação do teor de AIA foi utilizado o método Salkowski (GORDON; WEBER, 1951). Em tubos de 5 mL foram adicionados 1 mL das amostras do caldo diluídas em água destilada (1:20). Em seguida, foram adicionados 2 mL de reagente Salkowski (1 mL de FeCl₃ 0,5 M em 50

mL de ácido perclórico 35 %) em cada tubo. As soluções foram homogeneizadas manualmente e deixadas em repouso por 1 hora em ambiente vedado de luz à temperatura ambiente de 25 °C. Após esse período, as amostras foram homogeneizadas em agitador vortex e tiveram suas absorvâncias lidas em espectrofotômetro, em cubetas de vidro e comprimento de onda de 530 nm.

A diluição das amostras de caldo obtidas foi necessária para não interferir nas leituras de absorvância. A estimativa dos teores presentes nas amostras analisadas foi obtida através de curvas de calibração, com diluições seriadas de solução de AIA 100 mg L⁻¹ para AIA e solução de glicose 1% para ATR e AR. Os teores são expressos em mg L⁻¹ para AIA e % para AR e ATR.

Os dados biométricos e de componentes bioquímicos obtidos foram submetidos à análise de variância por teste F ($p \leq 0,05$) para o fator posição, e para o fator dose de auxina realizou-se análise de regressão. As análises estatísticas foram realizadas pelo software SISVAR (Versão 5.6, DEX/UFLA).

RESULTADO E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 pode ser observado o resultado da análise de variância. A interação entre os fatores posição e dose ocorreu para as três variáveis biométricas avaliadas (brotação, comprimento e massa seca de parte aérea) e para o teor de ácido indolacético (AIA). O teor de açúcares redutores (AR) foi significativo apenas para o fator posição, enquanto o teor de açúcares totais (ATR) não foi significativo para nenhum dos fatores estudados.

Tabela 1. Análise de variância para brotação, comprimento de parte aérea, massa seca de parte aérea, teor de auxina, açúcares redutores e açúcares totais de mini toletes de cana-de-açúcar, sob posições do colmo (ápice e base) e doses de auxina (zero, 25, 50, 75 e 100 mg L⁻¹).

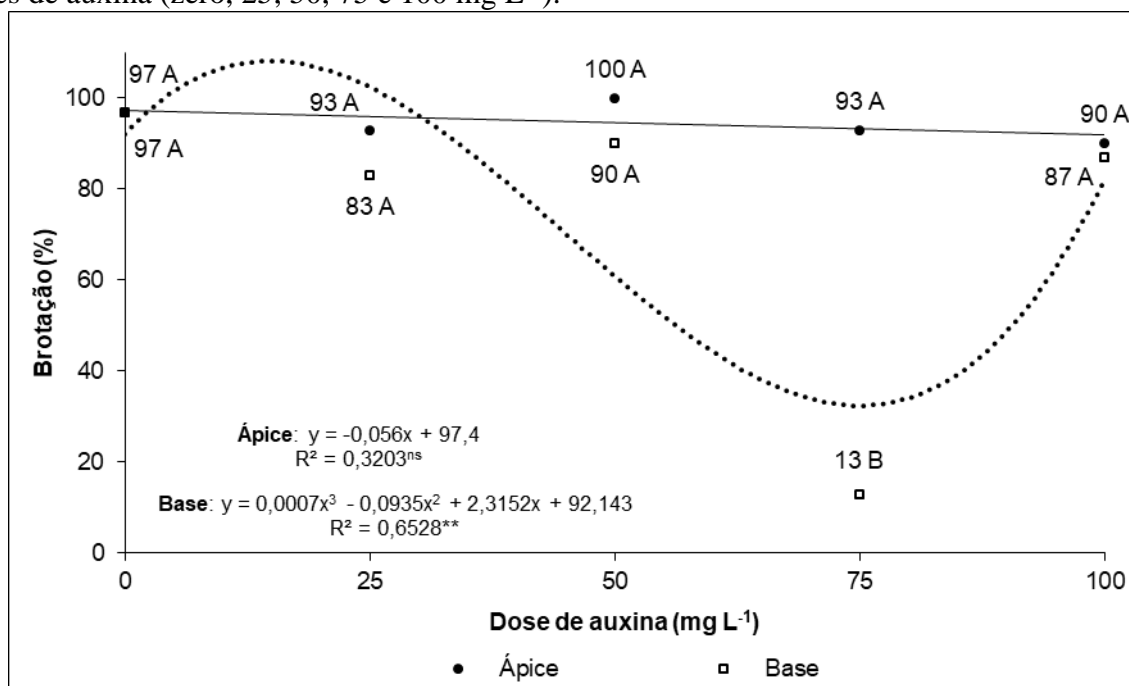
Fonte de variação	Brotação	CPA	MSPA	AIA	AR	ATR
Fc Posição (P)	28,26 ^{**}	240,70 ^{**}	116,59 ^{**}	7,48 [*]	25,53 ^{**}	0,596 ^{ns}
Fc Dose (D)	16,66 ^{**}	0,44 ^{ns}	1,37 ^{ns}	1,02 ^{ns}	1,94 ^{ns}	0,628 ^{ns}
Fc P x D	14,80 ^{**}	8,04 ^{**}	9,26 ^{**}	5,67 ^{**}	1,57 ^{ns}	0,334 ^{ns}
CV (%)	12,60	21,92	21,42	9,65	33,33	24,78

Fc: valor de F calculado; *: significativo $p \leq 0,05$; **: significativo $p \leq 0,01$; ns: não-significativo; CV: coeficiente de variação. **Fonte:** Dados da pesquisa, 2017. CPA: Comprimento de parte aérea; MSPA: Massa seca de parte aérea; AIA: Auxina do tipo ácido indolacético; AR: Açúcares redutores; ATR: Açúcares totais.

Na Figura 1 encontram-se representadas as médias para porcentagem de brotação em mini toletes provenientes de diferentes posições do colmo (ápice e base) em função das doses de auxina. Nota-se que as médias para porcentagem de brotação em gemas oriundas da base do colmo ajustaram-se a um modelo cúbico em função da dose de auxina, e as médias de brotação do ápice ajustadas à uma equação linear decrescente, não significativa. Pode ser observado que, ao tratar os colmos de cana-de-açúcar com auxina na dose 75 mg L⁻¹ houve redução de brotações

das gemas dos mini toletes oriundas da base do colmo, diferindo das brotações dos mini toletes da região do ápice de mesmo tratamento. É possível inferir que essa concentração de auxina (75 mg L^{-1}) inibiu a brotação das gemas, ocasionando às mesmas a permanência no estado de dormência ou até mesmo a morte. A partir da equação quadrática derivada da equação cúbica, foi encontrado que a dose de $4,5 \text{ mg L}^{-1}$ de auxina promoveu a máxima brotação das gemas de mini toletes da região basal dos colmos de cana-de-açúcar.

Figura 1. Brotação em mini toletes de cana-de-açúcar, sob posições do colmo (ápice e base) e doses de auxina (zero, 25, 50, 75 e 100 mg L^{-1}).



Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste F ($p \leq 0,05$).

Fonte: Dados da pesquisa, 2017.

Em plantas saudáveis, concentrações endógenas de auxina estão em quantidade ideal para o desenvolvimento dos tecidos, de maneira que a aplicação exógena pode resultar tanto em estímulo quanto em inibição (TAIZ *et al.*, 2017). Martins (2016) obteve a menor porcentagem de brotação de mini toletes de cana-de-açúcar no tratamento com auxina em dose semelhante, $75,5 \text{ mg L}^{-1}$, independente da região do colmo. Tal comportamento se deve, possivelmente, pela ativação de um sistema enzimático de defesa que em doses superiores a 75 mg L^{-1} é capaz de reverter a toxicidade da auxina.

Segundo Fagan *et al.* (2015), as plantas possuem mecanismos de inativação de auxinas como a degradação enzimática, a conjugação pela glicose e a fotoxidação. O catabolismo de auxina garante que o hormônio ativo excedente à concentração ideal ou que já tenha completado a sua resposta seja degradado (TAIZ *et al.*, 2017). A elevação da concentração desse hormônio no caule não consegue inibir a brotação das gemas axilares, no entanto, pode inibir a brotação ao

atuar como inibidor da síntese de citocinina, outro hormônio vegetal essencial para a brotação de gemas axilares (TANAKA *et al.*, 2006).

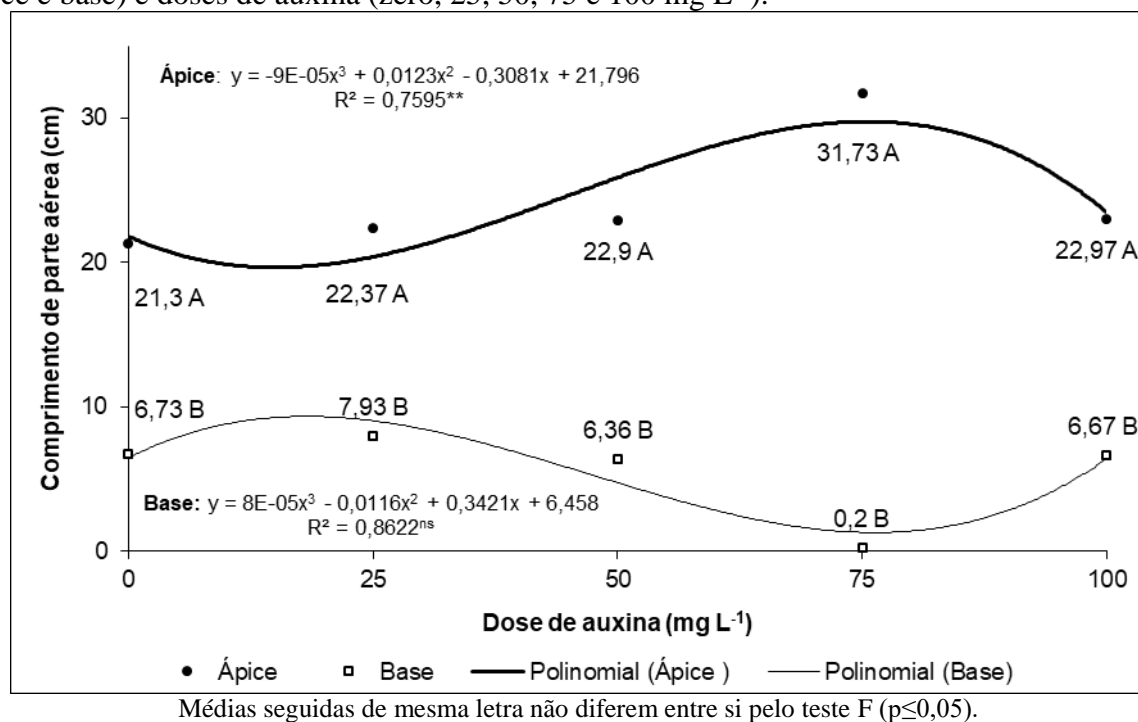
A brotação é um processo biológico que ocorre pela ação de hormônios vegetais e enzimas. É influenciado por diversos fatores, sendo eles intrínsecos ou extrínsecos à planta, tais como umidade e temperatura do solo, aeração, variedade, idade, tamanho e sanidade das gemas, reserva energética e de nutrientes no tolete (AUDE, 1993; MANHÃES *et al.*, 2015). No presente trabalho, mesmo em colmos que não receberam o tratamento com auxina (dose zero), a porcentagem de brotações foi semelhante entre as duas posições e mostrou que a diferença de maturidade dos mini toletes não foi um fator limitante.

A disponibilidade de água é fundamental para o início do processo de brotação pois dá início a ativação enzimática (LANDELL *et al.*, 2012). Provavelmente, a disponibilização de água para os colmos no tratamento via transpiração tenha favorecido a ativação enzimática de quebra dos açúcares de reservas da região basal, e que no período de 20 dias foi suficiente para mobilização desses para servirem como fonte de energia para o processo de brotação, corroborando o resultado de semelhança entre os teores de ATR nas duas posições do colmo.

As médias para crescimento de parte aérea dos mini toletes da região do ápice e base ajustaram-se ao modelo cúbico, onde apenas o ajuste para o crescimento de brotações de mini toletes da região apical foi significativo (Figura 2). Pode ser observado o maior crescimento de parte aérea em brotações oriundas da região do ápice, que diferiu da base, independente da dose de tratamento de auxina. Além de reduzir o número de brotações, notou-se também o efeito negativo da dose de 75 mg L^{-1} de auxina no crescimento de parte aérea em brotações de gemas em mini toletes da região basal. Com a equação quadrática derivada da equação cúbica, obteve-se o resultado de que a dose $45,5 \text{ mg L}^{-1}$ de auxina promoveu o maior crescimento de parte aérea dos brotos em mini toletes provenientes da região apical dos colmos.

Provavelmente, o maior desenvolvimento de parte aérea dos brotos da região apical ocorra em função das gemas brotarem mais rapidamente, devido à maior disponibilidade de açúcares redutores e maior atividade metabólica dessa região, culminando na maior síntese dos hormônios vegetais envolvidos na divisão e alongamento celular (LEITE *et al.*, 2009; BARACAT NETO *et al.*, 2017; TAIZ *et al.*, 2017; SOUSA *et al.*, 2020).

Figura 2. Comprimento de brotação em mini toletes de cana-de-açúcar, sob posições do colmo (ápice e base) e doses de auxina (zero, 25, 50, 75 e 100 mg L⁻¹).

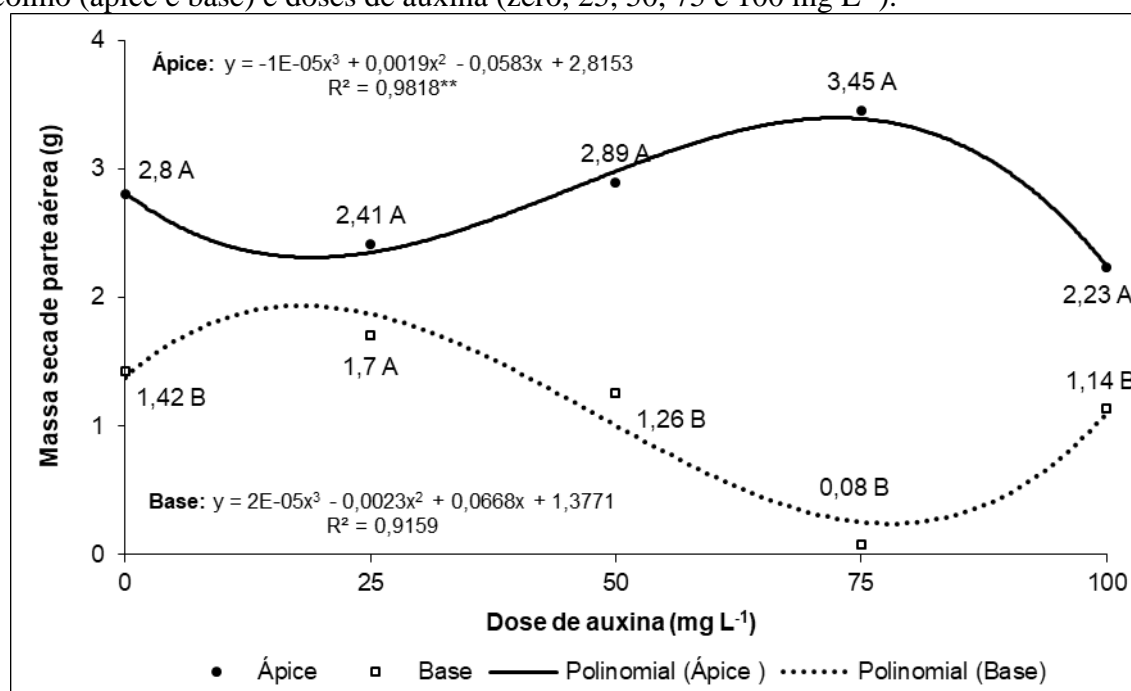


Fonte: Dados da pesquisa, 2017.

Na Figura 3, estão apresentadas as médias para massa seca de parte aérea, onde é possível observar comportamento similar à variável crescimento de parte aérea para as brotações de mini toletes da região do ápice, sugerindo a relação entre essas duas variáveis e indicando que o maior vigor das plantas está relacionado ao comprimento e a massa das brotações. As médias obtidas dos brotos das gemas apicais e basais se ajustaram à equação cúbica, onde é evidente o comportamento inverso para as duas posições.

Para as brotações obtidas das gemas da região do ápice, com a equação quadrática derivada da equação cúbica, o maior acúmulo de massa ocorreu na dose 63,3 mg L⁻¹ de auxina e para a brotação das gemas da base, a dose de maior acúmulo de massa foi de 38,3 mg L⁻¹. Nota-se ainda, que o menor valor de acúmulo de massa ocorreu com o tratamento da dose de 75 mg L⁻¹ de auxina, que assim como nas variáveis anteriores, mostrou influência negativa, inibindo a brotação e o desenvolvimento da parte aérea. Isso indica que, no presente trabalho, houve influência negativa da aplicação do regulador de crescimento auxina (AIA) na dose de 75 mg L⁻¹ para a brotação e vigor de plantas obtidas a partir de gemas em mini toletes da base do colmo, seja por ação direta, agindo como um substituto da gema apical e inibindo a brotação das gemas axilares (TAIZ *et al.*, 2017), ou por ação indireta, inibindo processos vitais para a brotação das gemas, como a produção de citocininas (TANAKA *et al.*, 2006).

Figura 3. Massa seca de parte aérea da brotação em mini toletes de cana-de-açúcar, sob posições do colmo (ápice e base) e doses de auxina (zero, 25, 50, 75 e 100 mg L⁻¹).



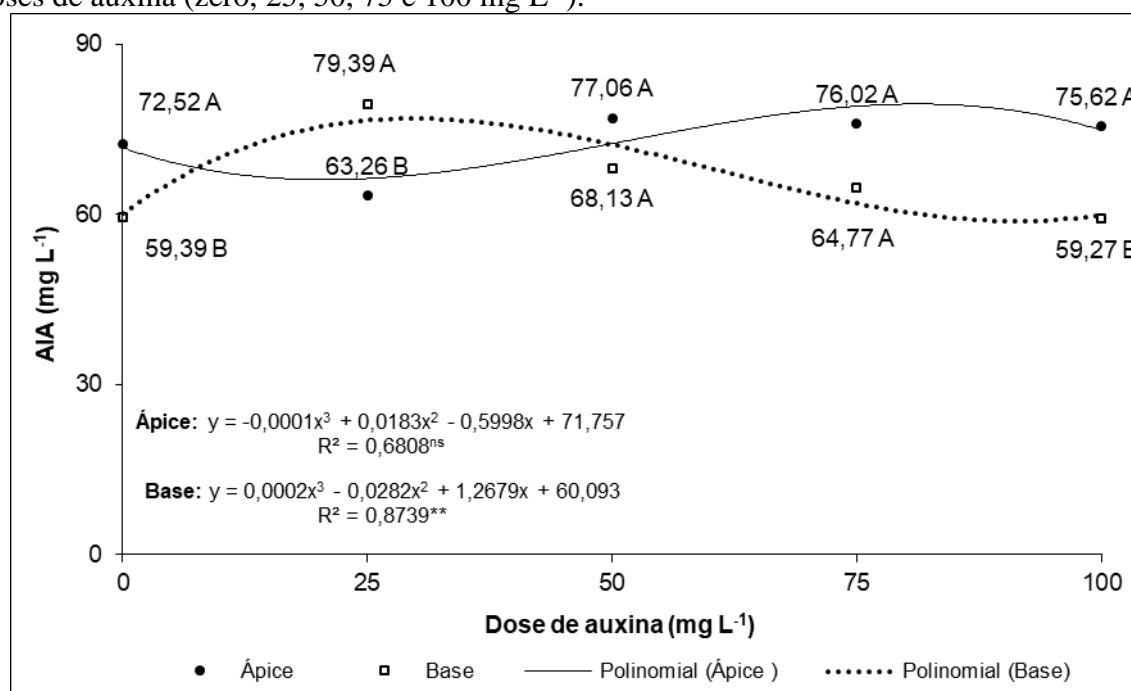
Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste F ($p \leq 0,05$).

Fonte: Dados da pesquisa, 2017.

A interação entre posição do colmo e dose de auxina para a variável teor de auxina do tipo ácido indolacético (AIA) quantificados nos mini toletes apresentou ajuste à uma equação cúbica para a região da base (Figura 4). Quando derivada para uma equação quadrática, pode ser encontrado que a dose que proporcionou maior concentração de AIA nos mini toletes da região basal foi de 12,7 mg L⁻¹ de auxina. Para os mini toletes provenientes da região apical do colmo também houve ajuste a uma equação cúbica, no entanto, não significativa. É possível observar que o teor endógeno de AIA dos mini toletes foi pouco influenciado pelas concentrações de auxina aplicada de forma exógena pois, apesar das doses crescentes, o teor endógeno manteve-se semelhante em todos os tratamentos, com tendência de degradação, como relatado por Fagan *et al.* (2015).

Naturalmente, na região apical da planta, no meristema e em suas proximidades há maior concentração de auxina, que se apresenta em menor concentração na região basal (FAGAN *et al.*, 2015; BARACAT NETO *et al.*, 2017). No entanto, quando os colmos foram tratados com 25 mg L⁻¹ de AIA, puderam ser encontrados maiores teores dessa auxina em mini toletes da região basal comparado aos de origem apical. Esses dados podem indicar a maior sensibilidade de tecidos maduros para menores concentrações de auxina, que na concentração de 75 mg L⁻¹ tende a ser tóxica, e acima disso leva a ativação de processo de degradação para reverter o efeito tóxico.

Figura 4. Teor de auxina em mini toletes de cana-de-açúcar sob posições do colmo (ápice e base) e doses de auxina (zero, 25, 50, 75 e 100 mg L⁻¹).



Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste F ($p \leq 0,05$).

Fonte: Dados da pesquisa, 2017.

Como pode-se observar na Tabela 2, a região apical apresentou maior teor de açúcares redutores que a base, possivelmente por ser uma posição metabolicamente mais ativa e que necessita da energia facilmente utilizável como glicose e frutose (monossacarídeos simples) para o crescimento e desenvolvimento, diferentemente de tecidos mais maduros da base, onde esses processos estão praticamente acabados e ocorre o maior acúmulo de sacarose (LEITE *et al.*, 2009).

Quando observados conjuntamente os dados de crescimento e massa seca de parte aérea (Figura 2 e 3) é possível notar que o ápice apresentou maiores médias que a base, outra evidência de que essa região se encontrava mais ativa e com energia prontamente disponível para o crescimento e desenvolvimento.

Tabela 2. Teor de açúcares redutores em mini toletes de cana-de-açúcar de sob posições do colmo (ápice e base) e doses de auxina (0, 25, 50, 75 e 100 mg L⁻¹).

Posição	Teor de açúcares redutores (%)
Ápice	0,34 a
Base	0,18 b

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste F ($p \leq 0,05$). Fonte: Dados da pesquisa, 2017.

CONCLUSÃO

O tratamento com auxina influenciou negativamente a brotação de gemas da base do colmo de maneira mais acentuada na dose 75 mg L⁻¹, não apresentando efeito nas gemas provenientes do ápice caulinar.

As doses de auxinas influenciaram no crescimento e acúmulo de massa seca das brotações sendo o efeito mais evidente nos mini toletes provenientes do ápice caulinar, com maiores médias obtidas com as doses de 45,5 e 63,3 mg L⁻¹ para comprimento e massa seca de brotos, respectivamente.

O teor endógeno de auxina nos mini toletes é maior na região apical do colmo, independentemente do tratamento com auxina.

As maiores médias para porcentagem de brotação, comprimento e massa seca dos brotos foram obtidas em gemas da região apical dos colmos, onde estão os maiores teores de auxina e açúcares redutores.

REFERÊNCIAS

- ARAUJO, S. H. C. **Minitoletes de cana-de-açúcar: gemas, biorreguladores, adubação nitrogenada e déficit hídrico**. 2016. 83p. Tese (Doutorado em Ciências) – Escola Superior em Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2016.
- AUDE, M. I. S. Estádio de desenvolvimento da cana-de-açúcar e suas relações com a produtividade. **Ciência Rural**, v.23, n.2, p.241-248, 1993. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84781993000200022>
- BARACAT NETO, J.; SCARPARE, F. V.; ARAUJO, R. B.; SCARPARE FILHO, J. A. Initial development and yield in sugarcane from different propagules. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.47, n.3, p.273-278, 2017. <http://dx.doi.org/10.1590/1983-40632016v4744472>
- BASTOS, K. J. J. Z.; LANDELL, M. G. A.; MIRANDA, E. S. Influência da produtividade da cana-de-açúcar no custo do corte mecanizado. **Revista iPecege**, v.2, n.4, p.42-59, 2016. <http://dx.doi.org/10.22167/r.ipecege.2016.4.42>
- BOARETTO, L. F. **Análise do transcrito e proteoma do colmo de cana-de-açúcar relacionada ao metabolismo da sacarose**. 2012. 177p. Tese (Doutorado em Fisiologia e Bioquímica de plantas) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.
- CHAVES, V. A.; SANTOS, S. G.; SCHULTZ, N.; PEREIRA, W.; SOUSA, J. S.; MONTEIRO, R. C.; REIS, V. M. Desenvolvimento inicial de duas variedades de cana-de-açúcar inoculadas com bactérias diazotróficas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.39, n.6, p.1595-1602, 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/01000683rbc20151144>
- CIVIERO, J. C.; FIORI-TUTIDA, A. C.; DAROS, E.; ALVES, M. J.; FIGUEIREDO, G.G. Crescimento inicial da cana-de-açúcar em função do tamanho do mini-rebolo e aplicação de bioestimulantes. **Brazilian Journal of Applied Technology for Agricultural Science**, v.9, n.1, p.7-15, 2016. <http://dx.doi.org/10.5935/PAeT.V9.N1.01>

- DUBOIS, M.; GILLES, K. A.; HAMILTON, J. K.; REBERS, P. A.; SMITH, F. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. **Analytical Chemistry**, v.28, n.3, p.350–356, 1956. <http://dx.doi.org/10.1021/ac60111a017>
- EMBRAPA- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2 ed. Rio de Janeiro – RJ. **Embrapa Solos**, 2006. 306p.
- FAGAN, E. B.; ONO, E. O.; RODRIGUES, J. D.; CHALFUN JÚNIOR, A.; DOURADO NETO, D. **Fisiologia vegetal: Reguladores vegetais**. 1ª ed. São Paulo: Andrei, 2015. 300p.
- FREIRE, C. S.; SIMÕES, A. N.; VIEIRA, M. R. S.; BARROS JÚNIOR, A. P.; COSTA, F. B. Qualidade de raízes de mandioca de mesa minimamente processada nos formatos minitolete e rubiene. **Revista Caatinga**, v.27, n.4, p.95–102, 2014.
- GORDON S. A.; WEBER R. P. Colorimetric estimation of indole acetic acid. **Plant Physiology**, v.26, n.1, p.192-195, 1951. <http://dx.doi.org/10.1104/pp.26.1.192>
- JAIN, R.; SOLOMON, S.; SHRIVASTAVA A. K.; CHANDRA, A. Sugarcane bud chips: A promising seed material. **Sugar Tech**, v.12, n.1, p.67-69, 2010. <http://dx.doi.org/10.1007/s12355-010-0013-9>
- LANDELL, M. G. A.; CAMPANA, M. P.; FIGUEIREDO, P. **Sistema de multiplicação de cana-de-açúcar com uso de mudas pré-brotadas (MPB), oriundas de gemas individualizadas**. 1ª ed. Campinas: Instituto Agronômico, 2012. 16p.
- LEITE, G. H. P.; CRUSCIOL, C. A. C.; LIMA, G. P. P.; SILVA, M. A. Reguladores vegetais e atividade de invertases em cana-de-açúcar em meio de safra. **Ciência Rural**, v.39, n.3, p.718-725, 2009. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782009000300014>
- LOPES SOBRINHO, O. P. ; SILVA, G. S.; PEREIRA, A. I. S.; SOUSA, A. B.; CASTRO JÚNIOR, W. L.; SANTOS, L. N. S. A cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) e o manejo da irrigação. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v.12, n.4, p.1605-1625, 2019. <http://dx.doi.org/10.17765/2176-9168.2019v12n4p1605-1625>
- LUCAS, L. S.; PEREIRA, J. L. S.; SILVA, M. M.; SILVA, M. Y. O.; ALVES, D. F. Crescimento de minirrebolos de cana-de-açúcar sob doses de ácido indolbutírico e ácido giberélico. **Ipê Agronomic Journal**, v.3, n.1, p.132–143, 2019
- MANHÃES C. M. C.; GARCIA, R. F.; FRANCELINO, F. M. A.; FRANCELINO, H. O.; COELHO, F. C. Fatores que afetam a brotação e o perfilhamento da cana-de-açúcar. **Vértices**, v.17, n.1, p.163-181, 2015. <http://dx.doi.org/10.5935/1809-2667.20150011>
- MARQUES, T. A.; MELO, B. L.; FLUMINHAN JÚNIOR, A.; SILVA, P. A. Biofábricas de mudas de cana-de-açúcar. **Bioenergia em revista: Diálogos**, v.8, n.2, p.8-18, 2018.
- MARTINS, A. P. C. **Aspectos fisiológicos e bioquímicos de gemas de cana-de-açúcar em minitoletes armazenados após tratamento com reguladores vegetais via transpiração**. 2016. 76p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual de Maringá, Umuarama, 2016.
- MARTINS, A.P.C.; ZUCARELI, V.; PASSOLONGO JÚNIOR, M.R.; SOUSA, B.T.; MINZON, P.R.S.; MARTIN, V.A. Uso da transpiração como veículo de aplicação de reguladores vegetais

em gemas caulinares de cana-de-açúcar. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 67. **Anais....** 2016.

MAY, A.; RAMOS, N. P. **Uso de gemas individualizadas de cana-de-açúcar para a produção de mudas**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2019, 19p. (Circular Técnica 29).

MILLER, G. L. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. **Analytical Chemistry**, v.31, p.426-428, 1959.

SILVA, M. A.; CARLIN, S. D.; PERECIN, D. Fatores que afetam a brotação inicial de cana-de-açúcar. **Revista Ceres**, v.51, n.296, p.457-466, 2004.

SILVA, M. A.; CATO, S. C.; COSTA, A. G. F. Produtividade e qualidade tecnológica da soqueira de cana-de-açúcar submetida à aplicação de biorregulador e fertilizantes líquidos. **Ciência Rural**, v.40, n.4, p.774-780, 2010. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782010005000057>

SIMÃO, R. M.; CLEMENTE, J. M.; DUARTE, A. R.; SOUZA, A. R.; SANTOS, T. M.; MACHADO, M. G. Interferência do hormônio giberelina no desenvolvimento inicial da cultura da cana-de-açúcar. **Humanidades e Tecnologia (FINOM)**, v.18, n.1, p.1-7, 2019.

SOUSA, B.T.; ZUCARELI, V., MARTINS, A.P.C. Quantificação de açúcares totais e auxina no desenvolvimento inicial de mini-toletes de cana-de-açúcar. **Colloquium Agrariae**, v.16, n.3, p.94-103, 2020. <http://dx.doi.org/10.5747/ca.2020.v16.n3.a375>

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. (Org). **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed. 2017. 888p.

TANAKA, M.; TAKEI, K.; KOJIMA, M.; SAKAKIBARA, H.; MORI, H. Auxin controls local cytokinin biosynthesis in the nodal stem in apical dominance. **The Plant Journal** v.45, p.1028–1036, 2006. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-313X.2006.02656.x>

THOMAS, A. L. **Desenvolvimento das plantas de batata, mandioca, fumo e cana-de-açúcar**. Porto Alegre: UFRGS, 2016. 76p.

TOPPA, E. V. B.; JADOSKI, C. J.; JULIANETTI, A.; HULSHOF, T.; ONO, E. O.; RODRIGUES, J. D. Aspectos da fisiologia de produção da cana-de-açúcar (*Saccharum Officinarum* L.). **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, v.3, n.3, p.215-221, 2010.