

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA INSTITUTO
FEDERAL DE MINAS GERAIS-*CAMPUS* SÃO JOÃO EVANGELISTA
BACHARELADO EM AGRONOMIA

Joubert Pereira Caldeira

**DESENVOLVIMENTO DE MUDAS PRÉ-BROTADAS (MPB) DE CANA-DE-AÇÚ-
CAR PROMOVIDO POR APLICAÇÃO DE BIORREGULADOR**

São João Evangelista

2026

JOUBERT PEREIRA CALDEIRA

**DESENVOLVIMENTO DE MUDAS PRÉ-BROTADAS (MPB) DE CANA-DE-AÇÚ-
CAR PROMOVIDO POR APLICAÇÃO DO BIORREGULADOR**

Trabalho de conclusão de curso apresentada ao
Instituto Federal de Minas Gerais – *Campus* São
João Evangelista como exigência parcial para
obtenção do título de bacharel em Agronomia.
Orientador: Dr. João Paulo Lemos

São João Evangelista

2026

FICHA CATALOGRÁFICA

C146d Caldeira, Joubert Pereira.

Desenvolvimento de mudas pré-brotadas (MPB) de cana-de-açúcar promovido por aplicação do biorregulador. / Joubert Pereira Caldeira. – 2026.

36 f. : il.

Orientador: João Paulo Lemos.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) – Instituto Federal de Minas Gerais. *Campus* São João Evangelista, 2026.

1. *Saccharum ssp.* 2. Biorregulador. 3. Stimulate. I. Lemos, João Paulo. II. Instituto Federal de Minas Gerais. *Campus* São João Evangelista. III. Título.

CDD 633.61

Catálogo: Rejane Valéria Santos - CRB-6/2907


Elaborado Pela Biblioteca Professor Pedro Valério
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais
São João Evangelista

Joubert Pereira Caldeira


**DESENVOLVIMENTO DE MUDAS PRÉ-BROTADAS (MPB) DE CANA-DE-AÇÚ-
CAR PROMOVIDO POR APLICAÇÃO DO BIORREGULADOR**

Trabalho de conclusão de curso apresentada ao
Instituto Federal de Minas Gerais – *Campus* São
João Evangelista como exigência parcial para
obtenção do título de bacharel em Agronomia.


Aprovado em: 11/02/2026 pela banca examinadora:

Documento assinado digitalmente
 **JOAO PAULO LEMOS**
Data: 12/02/2026 21:30:34-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Orientador Prof. Dr. João Paulo Lemos
IFMG - SJE

Documento assinado digitalmente
 **RAFAEL CARLOS DOS SANTOS**
Data: 13/02/2026 06:57:25-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Rafael Carlos Dos Santos
IFMG - SJE

Documento assinado digitalmente
 **LUIS GUSTAVO MIRANDA SANTOS**
Data: 13/02/2026 07:15:45-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Luis Gustavo Miranda Santos
Eng. Agrônomo

A Deus, por abençoar meu caminho e proporcionar mais esta vitória.
A minha família por estar sempre ao meu lado me apoiando em toda essa jornada.
Aos amigos e colegas, que de alguma forma, colaboram com mais essa conquista.

RESUMO

A utilização do sistema de mudas pré-brotadas (MPB) tem se destacado como alternativa para a produção de mudas de cana-de-açúcar com maior vigor e qualidade sanitária. Nesse contexto, o uso de biorreguladores pode potencializar o desenvolvimento inicial das plantas. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da aplicação do biorregulador Stimulate® sobre o desenvolvimento radicular e da parte aérea de mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar. O experimento foi conduzido no viveiro de mudas do Instituto Federal de Minas Gerais – Campus São João Evangelista, utilizando a cultivar RB867515. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial, envolvendo tempo de avaliação, tempo de imersão e dose do biorregulador. Foram avaliadas as variáveis área foliar, altura da última folha, diâmetro de coleto, matéria seca da parte aérea, matéria seca radicular, área superficial da raiz e volume de raiz. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. O tempo de avaliação influenciou significativamente as variáveis da parte aérea e do sistema radicular, com maiores valores observados aos 90 dias. A aplicação da dose de 0,75 promoveu aumento da área superficial da raiz. A interação entre dose e tempo de imersão foi significativa para o diâmetro de coleto e a matéria seca radicular, enquanto a interação entre tempo de avaliação, tempo de imersão e dose influenciou o volume de raiz. Conclui-se que a aplicação do biorregulador Stimulate®, associada ao adequado manejo do tempo de imersão e ao período de avaliação das mudas, contribui para a formação de mudas de cana-de-açúcar mais vigorosas, com melhor desenvolvimento do sistema radicular.

Palavras-chave: *Saccharum spp.* Mudas Pré-Brotadas. Biorregulador. Desenvolvimento Radicular. Bioestimulante

ABSTRACT

The use of the pre-sprouted seedling (PSS) system has emerged as an important alternative for producing sugarcane seedlings with greater vigor and sanitary quality. In this context, the application of plant bioregulators may enhance early plant development. The objective of this study was to evaluate the effect of the bioregulator Stimulate® on the root system and shoot development of pre-sprouted sugarcane seedlings. The experiment was conducted at the seedling nursery of the Federal Institute of Minas Gerais – São João Evangelista Campus, using the RB867515 cultivar. The experimental design was completely randomized, arranged in a factorial scheme involving evaluation time, immersion time, and bioregulator dose. The following variables were evaluated: leaf area, height of the last leaf, stem diameter, shoot dry matter, root dry matter, root surface area, and root volume. Data were subjected to analysis of variance, and means were compared using the Tukey test at a 5% probability level. Evaluation time significantly affected shoot and root variables, with higher values observed at 90 days. The application of the 0.75 dose increased root surface area. The interaction between dose and immersion time was significant for stem diameter and root dry matter, while the interaction among evaluation time, immersion time, and dose significantly influenced root volume. It was concluded that the application of the bioregulator Stimulate®, combined with appropriate immersion time management and seedling evaluation period, contributes to the production of more vigorous sugarcane seedlings with improved root system development.

Keywords: *Saccharum spp.* Pre-Sprouted Seedlings. Bioregulator. Root Development. Biostimulant.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Variedade RB867515 utilizada no experimento.....	17
Figura 2 - Rebolos cortados com serra-mármore após à pré-seleção de amostras viáveis.....	18
Figura 3 – Esquema fatorial do experimento.....	19
Figura 4 - Tratamento térmico para o controle do raquitismo das soqueiras.	20
Figura 5 - Tratamento com fungicida PRIORIXTRA® para tratamento fúngico.....	20
Figura 6 - Acondicionamento dos rebolos em bandejas.....	21
Figura 7 - Mudanças de cana-de-açúcar produzidas através do processo de mudas pré-brotadas (MPB).....	22

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	10
2.1 Cana-de-Açúcar: origem, melhoramento e produção de mudas	10
2.2 Biorregulador Vegetal na Produção de Mudanças de Cana	13
2.3 Bioestimulante.....	14
3 METODOLOGIA.....	16
3.1 Caracterização da Área Experimental	16
3.2 Características da Variedade	16
3.3 Preparo dos Materiais Utilizados	17
3.4 Aplicação dos Tratamentos.....	18
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	23
4.1 Considerações Agronômicas	28
5 CONCLUSÃO.....	29
REFERÊNCIAS	30
APENDICE.....	38

1. INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar (*Sacharum spp.*) é uma cultura semiperene da família Poaceae, que se propaga de forma vegetativa pelo uso de toletes. É uma cultura fácil de ser implantada e manejada. (SAMPAIO, *et. al.*, 2015).

O Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, uma das matérias-primas mais importante do setor agroindustrial brasileiro, sendo responsável pelo fornecimento de uma diversidade de produtos, tais como: etanol, açúcar, cachaça e rapadura. Diversos subprodutos são gerados a partir dos processos de obtenção desses produtos, que são totalmente reutilizados, como por exemplo, a vinhaça e a torta de filtro, destinados à adubação e à fertirrigação e, em maior quantidade, o bagaço (COPERSUCAR, 2001; ALVES, OLEIRA e LOPES 2013).

O agronegócio constitui-se em uma das mais importantes fontes geradoras de receitas para o país, sendo que, as áreas cultivadas com a cana-de-açúcar têm sido destinadas para atender a agricultura familiar e agroindústria, atingindo assim dois extremos da economia brasileira (KRURGER *et al.*, 2012).

Estabelecer e formar novos plantios com qualidade é fundamental na cultura da cana-de-açúcar, pois seu ciclo normalmente é de cinco anos, nos demais anos o rebrote é cultivado e colhido anualmente ocorrendo à renovação quando a produtividade se torna muito baixa e inviável.

Recentemente foi lançada uma tecnologia promissora que sugere um novo e mais eficiente conceito em plantio de cana-de-açúcar no Brasil, substituindo o plantio de toletes pela muda já formada, conhecido como Sistema de Multiplicação de Mudanças Pré-Brotadas (MPB) de Cana-de-Açúcar. O sistema MPB consiste em colocar no campo uma planta já desenvolvida, com isso, a tendência é diminuir o risco de falhas, aumentando a homogeneidade do canavial, aliado a um alto padrão de sanidade. Além disso essa tecnologia reduz a quantidade de mudas que vai para o campo no plantio.

O sistema MPB de multiplicação substitui o método convencional e vem contribuindo para a produção rápida de mudas, visando o aumento da eficiência e dos ganhos econômicos na implantação de viveiros, replantio de áreas comerciais, de renovação e de expansão de áreas de cana-de-açúcar (ALVES, 2013).

A tecnologia de minirrolos é recente em comparação com o cultivo manual (pé com ponta) e o mecânico (rebolos de 45 cm), e tem mostrado avanços significativos na produção, principalmente quando aliada a tratamentos térmicos e químicos, com inseticidas e fungicidas, e gerou o aperfeiçoamento da tecnologia de mudas pé-brotadas (MPB) (GOMES, 2019).

Apesar dos avanços proporcionados pelo sistema de mudas pré-brotadas (MPB), ainda existem lacunas quanto à definição de práticas de manejo que maximizem a qualidade fisiológica e o desenvolvimento inicial das mudas, especialmente no que se refere ao crescimento do sistema radicular. O uso de biorreguladores vegetais tem se mostrado uma estratégia promissora nesse contexto; contudo, os efeitos da dose e do tempo de exposição desses produtos, associados às diferentes fases de desenvolvimento das mudas, ainda não estão plenamente elucidados para a cultura da cana-de-açúcar. Dessa forma, torna-se necessária a realização de estudos que avaliem a eficiência da aplicação de bioestimulantes no sistema MPB, visando aprimorar o vigor, a uniformidade e o potencial de estabelecimento das mudas no campo.

A rápida produção de mudas é uma das vantagens desse sistema, melhorando o desenvolvimento radicular, vigor e sua produção em viveiros. Neste sentido, a utilização de técnicas avançadas como a aplicação de reguladores vegetais pode incrementar nessa produção. Para Costa (2010), os reguladores vegetais funcionam como ativadores do metabolismo das células, proporcionando vigor ao sistema imunológico, reativando processos fisiológicos nas diferentes fases de desenvolvimento, estimulando o crescimento radicular e induzindo a formação de novos brotos.

Diante do exposto, objetivou-se avaliar o efeito da aplicação do bioestimulante Stimulate[®] no desenvolvimento radicular e caulinar de mudas pé-brotadas (MPB) de cana-de-açúcar.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Cana-de-Açúcar: origem, melhoramento e produção de mudas

A cana de açúcar é cultivada em mais de 120 países, principalmente no Brasil e na Índia (BALDANI et al., 2002), é uma planta perene de reprodução alogamia, o que significa dizer que este vegetal realiza majoritariamente reprodução através de polinização cruzada. A classificação botânica mais aceita é a de que a planta pertence à divisão *Magnoliophyta*, Classe *Lilopsida*, sub-classe *Commelinidae*, Ordem *Cyperales*, família *Poaceae*, tribo *Androponeae* e sub-tribo *Saccharininae* (CASTRO et al., 2001). Duas espécies foram relatadas em 1753, por Lineu: *S. officinarum* e *S. spicatum* e há pelo menos mais quatro espécies deste gênero (*S. spontaneum*, *S. sinensis*, *S. barberi* e *S. robustum*), sendo a cana-de-açúcar cultivada comercialmente um híbrido multiespecífico, recebendo a designação *Saccharum* spp. (CHEN; CHOU, 1993).

O centro de origem da cana-de-açúcar é um ponto bastante debatido entre diversos autores estudiosos da cultura. A região das ilhas do arquipélago da Polinésia é um dos lugares mais aceitos (FIGUEIREDO, 2008), no entanto existem outros locais citados pela literatura, tais como Oceania (Nova Guiné) e Ásia (China e Índia) (DIOLA; SANTOS, 2010), de onde surgiram as espécies *Sccharum officinarum* e *Saccharum robustum*. Outras espécies como *Saccharum sinensis* e *Saccharum barberi* teriam surgido na China e no norte da Índia, respectivamente (SCARPARI; BEAUCLAIR, 2008).

As primeiras mudas chegaram ao Brasil por volta do ano 1502. Porém, somente em 1532 é que o cultivo comercial teve início de fato com a introdução de variedades trazidas da Ilha da Madeira por Martim Afonso de Souza (FIGUEIREDO, 2008). Segundo Miranda (2008), que teve início o primeiro ciclo econômico brasileiro, o “Ciclo da cana-de-açúcar”.

Primeiramente a cultura foi utilizada como alimento para animais e após para produção do açúcar. Ao fim da década de 1580 o Brasil já havia conquistado o monopólio mundial da produção de açúcar e assegurado a Portugal os lucros desse mercado (CARVALHO *et al.*, 2013).

Desde a introdução da cultura no Brasil tem aumentado sua produção consideravelmente até os dias atuais, por razões que vão desde o aumento das áreas plantadas até as tecnologias introduzidas, neste caso, adotando variedades melhoradas e sua aplicação em solos adequados, uso de agricultura de precisão, uso de fertilizantes e defensivos, entre outros (GÍRIO, 2014). No final do século XX, o Brasil tornou-se o maior produtor mundial de cana-de-açúcar. Essa liderança foi atingida principalmente em função da criação do Proálcool em 1975, um programa governamental de incentivo a produção de álcool combustível (BALSADI; FARIA; NOVAES FILHO, 1996).

A formação das lavouras é uma etapa crucial no sistema de produção da cultura. O plantio é realizado por propagação vegetativa, a qual pode ser implementada de duas formas: no sistema convencional e no sistema Mudas Pré-Brotadas (MPB). No sistema convencional utiliza-se toletes ou rebolos, conhecidos também como “colmo-semente”, sendo as mudas originadas através da brotação das gemas. Sob condições favoráveis, a gema se torna ativa e ocorre o crescimento e desenvolvimento devido à presença de reservas nutricionais, ativação de enzimas e reguladores de crescimento. Podem ocorrer duas situações: ou a gema brota e se desenvolve, dando origem a uma; planta ou pode ser que a gema não brote caso não encontre condições favoráveis, acarretando falhas na formação do canavial (DIAS *et al.*, 2012). Neste contexto, uma maior eficiência fisiológica na produção de biomassa do canavial, está relacionada

ao crescimento inicial da cultura, dependente da brotação, uniformidade da emergência, perfilhamento e da estatura das plantas (KRURGER *et al.*, 2012).

O sistema MPB de cana-de-açúcar foi lançado pelo Programa Cana do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) em 2009 e consiste no processo de produção rápida de mudas a partir de gemas individualizadas associado ao elevado padrão fitossanitário, vigor e uniformidade do plantio. O sistema Mudas Pré-Brotadas (MPB) leva ao campo mudas oriundas do corte do colmo, conhecido como minirrebolos, que possuem em média três centímetros de comprimento, e está localizada a gema, responsável pela brotação.

Grandes avanços tecnológicos têm ocorrido dentro do setor canavieiro, principalmente na área de produção de mudas. A utilização do sistema MPB consiste na utilização da plântula como meio de propagação promovendo mudança de conceito na forma de plantio da cana-de-açúcar (AGUIAR *et al.*, 2014). Possibilita uma melhor distribuição espacial das mudas nas aéreas induzindo melhor o aproveitamento de água e nutrientes (LANDELL *et al.*, 2012). Permite ao produtor qualificar seu processo de produção de mudas contribuindo nos resultados da canavieira moderna ao realizar o plantio de uma plântula desenvolvida em condições controladas (XAVIER *et al.*, 2014).

O processo para produção de MPB definido por Landell *et al.* (2013), inicia-se com seleção de colmos de qualidade. A técnica possui seis estágios principais i) Corte e preparo do minirrebolo; ii) Tratamento das gemas; iii) Brotação; iv) Individualização ou “repicagem”; v) Aclimatização fase 1 e vi) Aclimatização fase 2. A importância da técnica de MPB é relatada em pesquisas que vêm sendo aprimoradas a cada dia, contudo os estudos com essa técnica ainda são escassos, dessa forma seu potencial de eficiência em campo ainda não foi inteiramente compreendido. Dessa forma, abre-se a perspectiva de muitos desdobramentos e novas necessidades de desenvolvimento dentro do manejo fitotécnico da cana-de-açúcar, dando oportunidade a elaboração de diversos trabalhos científicos.

Os colmos deverão ser oriundos de um tratamento térmico, acompanhados de procedimentos de rouging, visando eliminar patógenos e contaminantes e garantir a qualidade fitossanitária das mudas produzidas.

Ao serem levadas para o plantio no campo as mudas devem estar em condições ideais o que acontece aproximadamente 60 dias após o início do processo de produção, sendo que tenham características satisfatórias de vigor e estejam bem enraizadas. Para o total sucesso de desenvolvimento da muda em campo, é primordial que um preparo eficiente de solo seja realizado. O plantio da muda pré-brotada (MPB) em campo poderá ser feito de forma manual ou mecânica (LANDELL *et al.*, 2012).

Em ambos os sistemas duas características são essenciais para o sucesso no estabelecimento das mudas no campo, o adequado desenvolvimento do sistema radicular e a capacidade de perfilhamento. O sistema radicular da cana-de-açúcar tem um papel essencial na regeneração das soqueiras após a colheita, pois tem influência direta na eficiência de absorção de nutrientes pela planta, resistência a pragas e doenças e resistência as condições de estresse fisiológico. Vale salientar que a disponibilidade de água e as condições do solo são fatores determinantes para o tamanho, a forma e distribuição do sistema radicular (Smith et al., 2005 apud AQUINO *et al.*, 2015).

O perfilhamento consiste na brotação sequencial de gemas a partir do colmo primário, que origina os secundários e assim sucessivamente, até um limite (RIPOLI et al., 2006). Esse processo define a formação da touceira de cana-de-açúcar e a população de colmos a serem colhidos. O número de colmos e perfilhamento por área plantada é um dos fatores mais importantes na produção da cana. Dentre os estágios, a brotação constitui fase importante, pois uma boa brotação reflete um bom começo, que trará à área cultivada plantas vigorosas, que resultarão, no final do ciclo, em colheita compensadora (SILVA *et al.*, 2010).

Passados 40 dias do plantio, em média, tem início a fase 5 de perfilhamento, onde ocorrem processos fisiológicos de ramificação, podendo durar até 120 dias sendo formado de 10 a 20 perfilhos. Graças a esta fase de perfilhamento, a cultura apresenta o número de colmos necessários para assegurar uma boa produção. A população máxima de perfilhos é alcançada entre 90 e 120 dias após o plantio (DIOLA; SANTOS, 2010).

2.2 Biorregulador Vegetal na Produção de Mudanças de Cana

Na agricultura moderna, uma das tecnologias avançadas que vem sendo adotada no manejo fitotécnico das culturas é a aplicação de reguladores vegetais (SILVA, 2010). Esses produtos são amplamente utilizados na cultura da cana-de-açúcar, notadamente para antecipar a fase de maturação, além de promover melhorias na qualidade da matéria-prima a ser processada, otimizar os resultados agroindustriais e econômicos e auxiliar no planejamento da safra (CAPUTO *et al.*, 2008).

A interação entre dois ou mais hormônios é um tema recorrente no desenvolvimento vegetal (TAIZ; ZEIGER, 2004), assim, vem se tornando uma prática rotineira o uso de biorreguladores vegetais com o objetivo de explorar o potencial produtivo das culturas.

Para Taiz e Zeiger (2004), a maior parte do desenvolvimento vegetal é pós-embriônica e ocorre a partir dos meristemas, os quais podem ser considerados fábricas celulares

onde os processos em andamento de divisão celular, expansão e diferenciação geram o corpo vegetal. Os meristemas são populações de células pequenas e isodiamétricas (de igual dimensão em todos os lados) com características embrionárias.

Para crescer e se desenvolver, as plantas precisam de diversos fatores. Esses fatores são divididos em externos (luz, dióxido de carbono, água e minerais, incluindo o nitrogênio a partir do solo) e internos que são basicamente químicos. Os principais fatores internos são os chamados hormônios vegetais que regulam o crescimento e desenvolvimento das plantas, sendo, portanto, substâncias químicas que atuam sobre a divisão, alongação e diferenciação celular (RAVEN; EVERT; EICHHORN, 2007).

Os hormônios carregam informações e modificam o estado fisiológico das células, dos tecidos e, os biorreguladores, cujos efeitos são similares aos hormônios vegetais conhecidos (auxinas, citocininas, giberelinas), desempenham um papel importante de promover alterações nos processos vitais e estruturais da cana-de-açúcar (uniformizar a germinação, estimular o desenvolvimento radicular e o perfilhamento, além de possibilitar incrementos no teor de sacarose), são alguns dos benefícios desses biorreguladores (COSTA, 2010).

A utilização de biorregulador vegetal (BRV) visa aumentar o potencial produtivo das plantas, proporcionando um melhor equilíbrio fisiológico, favorecendo uma melhor expressão do potencial genético da cultura (COSTA, 2010).

2.3 Bioestimulante

O bioestimulante é um complemento para auxílio na manutenção fisiológica, o que tem ação favorável a planta, pois, tem papel fundamental em manter a produção de muda saudável em condições de seca ou geada, ou em condições limitantes como no surgimento de pragas e doenças (COSTA *et al.*, 2011).

O Stimulate[®] é um BRV composto por uma combinação de reguladores vegetais, que agem em conjunto garantindo um adequado equilíbrio hormonal, estimulando a formação de plantas (STOLLER, 2015). Esse biorregulador é composto pelos seguintes reguladores vegetais: 0,09 g/L de cinetina (citocinina), 0,05 g/L de ácido giberélico (giberelina) e 0,05 g/L de ácido indolbutírico (auxina), além de 999,80 g/L de ingredientes inertes. Pode ser aplicado via sementes, via foliar ou no sulco de plantio em diversas culturas, sendo uma delas a cana-de-açúcar (COSTA; DAROS; MORAES, 2011).

Diferentes respostas na literatura quanto ao uso de BRV tem sido encontrado em variedades de cana-de-açúcar. Ferreira, Ferreira e Bolonhezi (2013), notaram que o uso de

reguladores vegetais no sulco de plantio nas cultivares SP89⁻¹115, SP83-2847 e SP81-3250 promoveu aumento no número de perfilhos, acréscimos no diâmetro de colmo e, portanto, um incremento na produtividade de colmos.

Zilliani (2015) constatou também que aos 20 dias após o tratamento com as doses de Stimulate[®] aplicadas na variedade RB867515, as plantas apresentaram incremento na altura e número de folhas verdes.

Silva, Cato e Costa (2010), trabalhando com cinco genótipos de cana-de-açúcar: IAC87-3396, IAC91-2218, IAC91-4216, IAC91-5155 e IACSP93-6006, empregando o biorregulador Stimulate[®], com ou sem complementação de fertilizante líquido, verificou um aumento da produtividade de colmos e de açúcar em soqueira, independente do genótipo, o que indicou a possibilidade do aumento da longevidade dos canaviais.

Dantas *et al* (2012), afirmam que todas as concentrações utilizadas de Stimulate[®], promovem o incremento na altura de planta, massa seca da parte aérea e da raiz no desenvolvimento inicial do tamarindeiro. Trabalho desenvolvido por Gonçalves *et al* (2018) relata que a massa seca de raízes de maracujazeiro aumentou com as médias obtida com doses de 30 e 60 mL. L⁻¹ de Stimulate[®] e menores valores de 90 e 120 mL. L⁻¹ com as demais doses. Rosseto *et al.* (2007) reportaram que o regulador vegetal com auxina, citocinina e giberelina, na cana-de-açúcar, promoveu aumentos na massa seca das raízes.

Nesse sentido, estudar os efeitos específicos dos biorreguladores é fundamental para possibilitar uma maior exploração dos potenciais de uso dos diferentes produtos existentes, bem como dominar as técnicas de utilização na agricultura e ter conhecimento sobre os possíveis efeitos secundários indesejáveis sobre a fisiologia da planta (ZILLIANI, 2015).

Segundo Taiz e Zeiger (2009) são oito grupos de substâncias que são consideradas hormônios vegetais e tem papel importante no desenvolvimento das plantas, as auxinas, giberelinas, citocininas, etileno, ácido absísico, brassinoesteroides, jasmonatos e salicilatos. As auxinas, citocininas e giberelinas são hormônios que atuam na divisão e no alongamento celular, na quebra de dormência de gemas, no aumento dos tecidos meristemáticos e no transporte de nutrientes (TAIZ; ZEIGER, 2004).

As auxinas, citocininas e giberelinas são exemplos de hormônios mais estudados e com suas funções bem definidas nas plantas (ZILLIANI, 2015). Diante da importância desses hormônios em plantas, algumas informações estão discutidas a seguir.

A utilização de biorreguladores, além de favorecer o maior crescimento radicular e da parte aérea, pode favorecer o arranque inicial da plântula e aumento do conteúdo de água

nas folhas, também aumentar os níveis de antioxidantes nas plantas no sistema de defesa destas (LANA *et al.*, 2006; BARBOSA *et al.*, 2010; SANTOS *et al.*, 2015)

3 METODOLOGIA

3.1 Caracterização da Área Experimental

O trabalho foi conduzido no viveiro de mudas do Instituto Federal de Educação, Ciência Tecnologia de Minas Gerais – Campus São João Evangelista (IFMG – SJE), situado no município de São João Evangelista, MG (latitude: 18° 32' 52''; longitude: -42° 45' 48'' e altitude: 690 m). O clima da região é temperado chuvoso-mesotérmico e classificado como Cwa pelo sistema de Koppen (com inverno seco e verão chuvoso), a precipitação média anual é de 1400 mm e a temperatura média anual é de 21 °C (BRAGA *et al.*, 1999).

A produção e o desenvolvimento das mudas foram baseados no Sistema de Produção de Mudas Pré-brotadas (MPB). Na área experimental foram disponibilizadas as bandejas, assim como, substrato e os tubetes para a condução do experimento. Também foi disponibilizado o material para desinfestação dos tubetes, vasilhames, baldes, termômetro e ebulidor para o aquecimento da água para tratamento térmico.

3.2 Características da Variedade

A cultivar utilizada no experimento foi a RB867515, conhecida também por mineirinha, adaptada a região, utilizada na alimentação de gados de leite e produção de cachaça, também chamada de aguardente. Esta variedade foi desenvolvida pelo programa de melhoramento genético de cana-de-açúcar da Universidade Federal de Viçosa - MG (UFV).

Suas características agrônômicas foram descritas pela Canaoeste (s.d.), Andrade e Cardoso (2004) e Landell *et al.* (2006) sendo uma cultivar que possui maturação média com a colheita de julho a novembro, com médio a alto teor de sacarose, boa brotação de soqueiras, médio perfilhamento, resistência ao acamamento, fácil despalha, ausência de joçal, pouco florescimento e chochamento/isoporização, resistência à ferrugem comum e alaranjada (*Puccinia* spp), ao carvão (*Ustilago scitaminea* Syd), escaldadura (*Xanthomonas albilineans*) e intermediária resistência à broca do colmo/podridão.

Foram coletadas mudas com dez meses de idade (Figura 01) de acordo com a recomendação da EPAMIG (2010), para implantação de canavial pelo plantio convencional, na qual utilizam-se mudas sadias entre 10 a 12 meses de idade.

Figura 1 - Variedade RB867515 utilizada no experimento.



Fonte: Elabora Pelo Autor, 2019

3.3 Preparo dos Materiais Utilizados

Primeiramente, realizou-se a retirada dos colmos, utilizando como instrumento de corte facão/podão, previamente desinfestado com produtos à base de amônia quaternária (desinfetantes ou sanitizantes). Em seguida, o corte e a preparação dos minirrebolos (gema individualizada) foram feitas com serra mármore, com sua parte cortante também esterilizada. O tamanho do minirrebolo utilizado neste experimento foi de 3 cm, de acordo com Landell *et al.* (2012) (Figura 2). Com seleção visual, foram selecionados os minirrebolos com gemas viáveis.

Figura 2 - Rebolos cortados com serra-mármore após à pré-seleção de amostras viáveis.



Fonte: Elabora Pelo Autor, 2019

O tratamento térmico da cana-de-açúcar (figura 4), foi adotada para controlar o raquitismo das soqueiras provocada pela bactéria *Leifsonia xyli* subsp. *Xyli*.

3.4 Aplicação dos Tratamentos

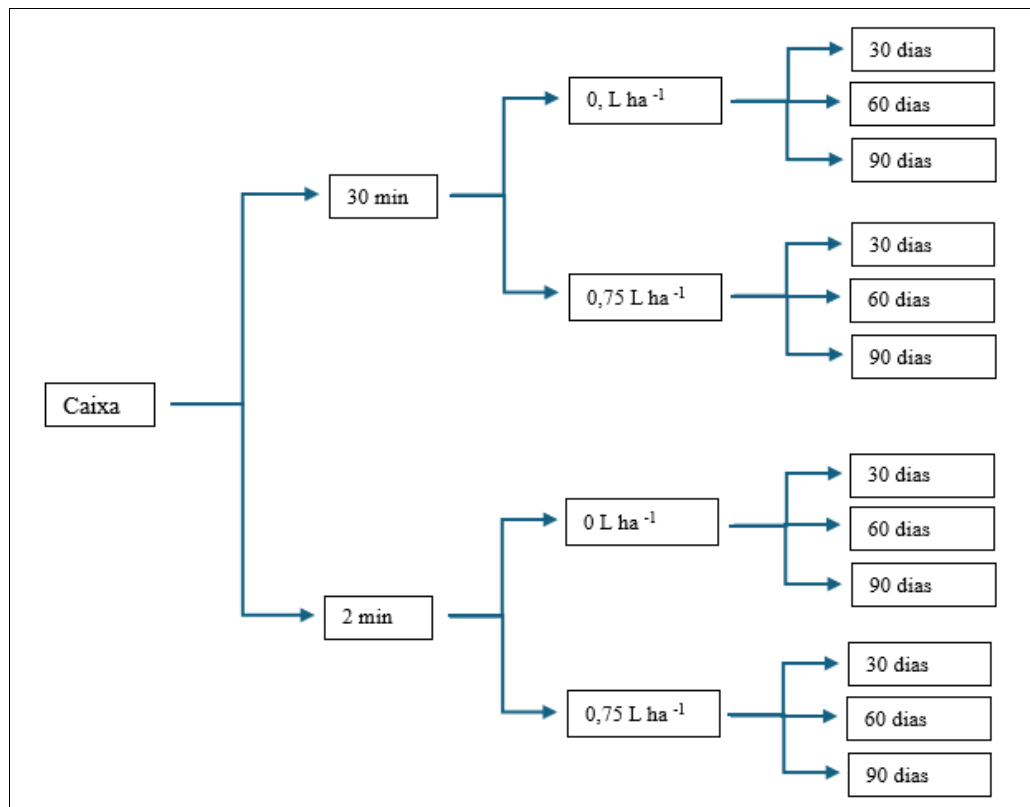
Tabela 1 - Tratamentos empregados no experimento.

Tratamento	Descrição do Tratamento
1	Tratamento térmico 52 °C por 30 minutos sem aplicação do produto
2	Tratamento térmico 52 °C por 30 minutos com adição de 0,75 L.ha ⁻¹ de Stimulate®
3	tratamento térmico 52 °C por 2 minutos sem aplicação do produto
4	tratamento térmico 52 °C por 2 minutos com adição de 0,75 L.ha ⁻¹ de Stimulate®

Fonte: Elabora Pelo Autor, 2026

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2 x 2 x 3 com 4 repetições por tratamento, sendo a unidade experimental composta por 48 unidades experimentais conforme abaixo (Figura 3).

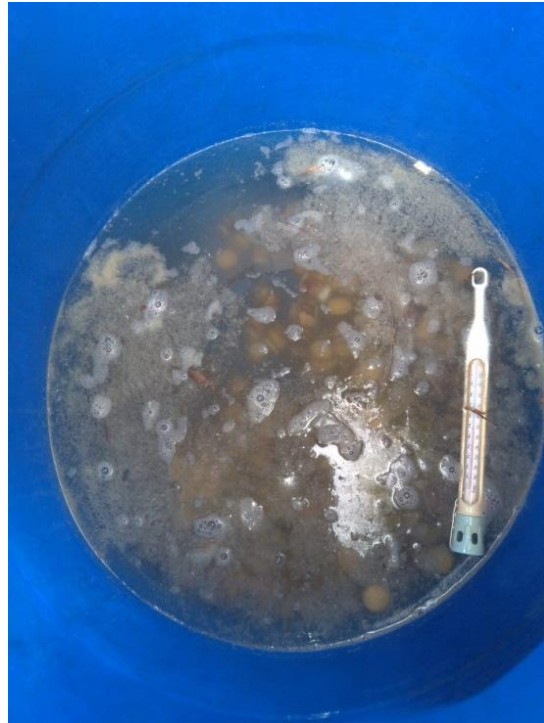
Figura 3 – Esquema fatorial do experimento.



Fonte: Elaborado pelo Autor, 2026

Os níveis das doses do Stimulate[®] testadas (composto por 90 mg.L⁻¹ de citocinina, 50 mg.L⁻¹ de auxina e 50 mg.L⁻¹ de giberelina), foram as mesmas utilizadas no trabalho de Miguel et al. (2016) por meio de imersão dos minirrebolos. O tratamento dos minirrebolos foi realizado com água quente aquecida com ebulidor industrial mantendo a temperatura por 52 °C com o tempo de 30 minutos, seguindo as recomendações de Landell et al., (2012). Nesta etapa foi conduzida a aplicação da dosagem de 0,75 L ha⁻¹ no mesmo tempo, das variáveis a serem observadas (Figura 4b). Outra variável foi a aplicação do bioestimulante Stimulate[®] em isolado, por 30 minutos, após o tratamento térmico e em temperatura ambiente. O fato de se utilizar dose fixa de 0,75 L ha⁻¹ refere-se a dados encontrados em trabalho desenvolvido por Magalhães et al. (2018), onde verificou doses de bioestimulante Stimulate[®] na produção de mudas pré-brotadas da cultura de cana-de-açúcar com doses de 0 L ha⁻¹; 0,5 L ha⁻¹ e 0,75 L ha⁻¹, constatou-se que para a produção de mudas de cana-de-açúcar pelo o sistema de MPB, a dose de 0,75 L.ha⁻¹ apresentou efeito positivo na taxa de clorofila e interseção de última folha.

Figura 4 - Tratamento térmico para o controle do raquitismo das soqueiras.



Fonte: Elabora Pelo Autor, 2019

Posteriormente, foi realizado a proteção dos minirrebolos com uso de fungicida à base de Azoxistrobina (PRIORIXTRA[®]), com imersão em solução por 3 minutos (Figura 5).

Figura 5 - Tratamento com fungicida PRIORIXTRA[®] para tratamento fúngico.



Fonte: Elaborado Pelo Autor, 2019

Após aplicação dos tratamentos os rebolos foram tratados com o biorregulador, foram colocados em diferentes em bandejas, conforme Landell *et al.* (2012), (Figura 6), com substrato comercial.

Figura 6 - Acondicionamento dos rebolos em bandejas.



Fonte: Elaborado Pelo Autor, 2019

Após o tratamento com o Stimulate[®], os minirrebolos foram distribuídos com as gemas voltadas para cima e cobertos com substrato. Cada parcela ou unidade amostral foi composta por 25 unidades, totalizando 600 unidades. Nesta fase, foi realizada a hidratação com o uso de regador onde foi umedecido o substrato para que os rebolos pudessem garantir a manutenção do processo de pré-brotação. Estes rebolos foram acondicionados em estufa e tiveram lâmina de irrigação total de 12 mm distribuídas em quatro aplicações durante o dia.

Imediatamente após a pré-brotação, as gemas brotadas em bandejas passaram para os tubetes, denominado processo de individualização ou “repicagem”. Para a casa de vegetação, a lâmina aplicada era de 8 mm/dia, distribuídas em quatro intervalos. No fim dessa etapa, foi realizado uma segunda poda foliar com tesouras devidamente desinfestadas.

O processo foi finalizado em bancadas a pleno sol, com o objetivo principal de aclimatar as mudas e adaptar a muda às condições de plantio no campo, com lâmina de irrigação era idêntica ao manejo em casa de vegetação. O manejo de podas foliares foi intensificado, com três podas ao longo de 21 dias. No fim dessa etapa, realizou-se a poda foliar que consiste a retirada das folhas da muda de cana para que, em forma de compensação fisiológica, estimular a formação de raízes com a retirada da parte aérea da planta.

A muda esteve em condições ideais para serem levadas ao campo com aproximadamente 60 dias do início do processo de produção. Neste momento, as mudas tinham bom vigor e boa estrutura de raízes (Figura 7).

Figura 7 - Mudanças de cana-de-açúcar produzidas através do processo de mudas pré-brotadas (MPB)



Fonte: Elaborado Pelo Autor, 2019

Selecionaram-se então neste estágio, três mudas por repetição sendo avaliados: os dados biométricos de diâmetro de coleto (DC), altura da última folha (AltUF) e matéria seca (MS), tanto da parte aérea quanto de raízes. Análises radiculares específicas foram obtidas pelo Scanner de Raíz (WinRHIZO) computando o volume de raiz (VOLR), área da raiz (AR). Para análise de área foliar (AF), foi utilizado o medidor de área foliar portátil CI-203 Conveyor Attachment, onde foram utilizadas as folhas totalmente desenvolvidas e retiradas na sua lígula.

A matéria seca (MS) foi determinada desmembrando-se a planta em parte aérea (colmo, folhas verdes) e raízes. O material foi lavado minuciosamente para retirada de impurezas, em que o sistema radicular foi separado do solo com auxílio de peneira com malha de 2,0 mm sob o uso de água corrente. O material foi levado em estufa à 65 °C por 72 horas. Após a secagem do material, determinado a MS por meio da pesagem do material em uma balança semi-analítica, tanto para parte aérea quanto raízes.

Os dados foram submetidos aos testes de normalidade segundo Shapiro-Wilk, homogeneidade de variâncias por Bartlett, autocorrelação por Durbin-Watson e aditividade por Tukey.

As análises estatísticas foram efetuadas com auxílio do software R versão 3.5.2 (R Core Team, 2018), por meio dos pacotes estatísticos *alr3* (Weisberg, 2018), *ExpDes.pt* (Ferreira *et al.*, 2018), *MASS* (Venables & Ripley, 2002) e *stats* (R Core Team, 2018), com significância de 1 e 5% de probabilidade.

As 7 variáveis atenderam a homogeneidade por Bartlett, normalidade de resíduos por Shapiro Wilk e Autocorrelação por Durbin-Watson. Somente a variável *AltUF* foi transformada com LN.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados foram submetidos a análises estatísticas para às variáveis de área foliar (AF), altura da última folha (ALTUF), matéria seca da parte aérea (MSPA) com resultados significativos somente para tempo de análise e área superficial da raiz (ASR), diâmetro de coleto (DC) e matéria seca radicular (MSR) e volume de raiz (VOLR) em função do tempo de análise, tempo de imersão e dose, todos as médias foram submetidas à análise de variância (ANOVA) e as médias significativas dos tratamentos foram comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade de erro. Os resultados são apresentados nas tabelas 2, 3, 4 e 5, sendo interpretados e discutidos nos tópicos a seguir.

O tempo de análise influenciou significativamente as variáveis área foliar (AF), altura da última folha (ALTUF), matéria seca da parte aérea (MSPA) e área superficial da raiz (ASR), conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 - Valores médios de área foliar (AF), altura da última folha (ALTUF), matéria seca parte aérea (MSPA) e área superficial da raiz (ASR), referente ao tempo de avaliação. São João Evangelista-MG, 2026.

Tempo de análise (dias)	AF (m ²)	ALTUF (cm)	MSPA (g)	ASR (m ²)
30 dias	25,29 b	10,27 b	0,55 b	0,09 c
60 dias	60,72 a	31,83 a	0,77 b	0,23 b
90 dias	79,68 a	36,52 a	1,50 a	0,32 a

* Médias seguidas de mesma letra minúscula nas colunas não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Fonte: Elaborado Pelo Autor, 2026

Observa-se que, aos 30 dias, as mudas apresentaram menores valores para todas as variáveis avaliadas, diferindo estatisticamente dos períodos subsequentes. Esse comportamento

é esperado, uma vez que o crescimento inicial das mudas pré-brotadas ocorre de forma gradual, com intensificação do desenvolvimento a partir do estabelecimento fisiológico das plantas.

A área foliar e a altura da última folha apresentaram maiores valores aos 60 e 90 dias, não diferindo estatisticamente entre si, indicando que o crescimento da parte aérea se estabiliza a partir dos 60 dias. Já a matéria seca da parte aérea apresentou incremento significativo ao longo do tempo, com maior valor observado aos 90 dias, refletindo o acúmulo progressivo de biomassa vegetal.

A área superficial da raiz também aumentou significativamente com o avanço do tempo de avaliação, evidenciando maior expansão do sistema radicular. Esse resultado é agronomicamente relevante, pois mudas com maior área radicular tendem a apresentar melhor capacidade de absorção de água e nutrientes, favorecendo o estabelecimento no campo.

Esses resultados estão de acordo com a literatura, que descreve crescimento progressivo da parte aérea e do sistema radicular em mudas produzidas pelo sistema MPB, especialmente durante as primeiras semanas de desenvolvimento (LANDELL *et al.*, 2012).

Houve efeito significativo da dose do biorregulador Stimulate® sobre a área superficial da raiz (ASR), conforme apresentado na Tabela 3. Observa-se incremento de aproximadamente **38,9%** na ASR quando aplicada a dose de 0,75 L ha⁻¹ em comparação ao tratamento controle (0 L ha⁻¹), evidenciando resposta positiva do sistema radicular à aplicação do produto.

Tabela 3 - Valores médios de área superficial da raiz (ASR), referente a dose São João Evangelista-MG, 2026.

Dose	ASR (m ²)
0	0,18 b
0,75	0,25 a

* Médias seguidas de mesma letra minúscula nas colunas não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Fonte: Elaborado Pelo Autor, 2026

Esse aumento na área superficial radicular é fisiologicamente relevante, pois está diretamente relacionado à maior capacidade de absorção de água e nutrientes, fator determinante para o estabelecimento inicial de mudas pré-brotadas no campo. Em sistemas de produção de MPB, o rápido desenvolvimento radicular é um dos principais indicadores de qualidade fisiológica da muda.

O efeito observado pode estar associado à composição do Stimulate®, que contém auxinas, citocininas e giberelinas. As auxinas exercem papel central na indução e alongamento de raízes laterais, promovendo maior ramificação radicular. As citocininas atuam na divisão celular e na formação de tecidos meristemáticos, enquanto as giberelinas contribuem para o

alongamento celular. A ação combinada desses reguladores pode explicar o aumento significativo da superfície de contato do sistema radicular com o substrato.

Além disso, o incremento da ASR sugere possível melhoria na eficiência fisiológica da planta, uma vez que sistemas radiculares mais desenvolvidos tendem a apresentar maior exploração do volume de solo e melhor tolerância a estresses iniciais, como déficit hídrico após o transplântio.

Resultados semelhantes foram relatados por Rossetto *et al.* (2007) e Zilliani (2015), que observaram aumento no crescimento radicular de mudas de cana-de-açúcar submetidas à aplicação de biorreguladores vegetais, reforçando a hipótese de que o uso desses compostos pode contribuir para a produção de mudas mais vigorosas.

Verificou-se efeito significativo da interação entre a dose do biorregulador Stimulate® e o tempo de imersão para as variáveis diâmetro de coleto (DC) e matéria seca radicular (MSR), conforme apresentado na Tabela 4, evidenciando que a resposta das mudas não depende isoladamente de cada fator, mas da combinação entre eles.

Tabela 4 - Valores médios de diâmetro de coleto (DC), matéria seca raiz (MSR), referente a interação tempo de imersão (TI) e dose. São João Evangelista-MG, 2026.

Dose	DC (cm)		MSR (g)	
	Tempo de imersão		Tempo de imersão	
	2 min	30 min	2 min	30 min
0	7,75 bA	8,87 aA	0,15 bA	0,11 aA
0,75	10,15aA	8,70 aB	0,33 aA	0,20 aB

* Médias seguidas de mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula na linha para cada variável, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Fonte: Elaborado Pelo Autor, 2026

Para o diâmetro de coleto, observou-se que, na dose de 0,75 L ha⁻¹, o maior valor foi obtido com 2 minutos de imersão, diferindo estatisticamente do tempo de 30 minutos. Esse resultado indica que a exposição prolongada ao biorregulador não potencializa o crescimento do coleto quando a dose é elevada, podendo, inclusive, reduzir a eficiência do tratamento. Em contrapartida, na ausência do biorregulador, o aumento do tempo de imersão de 2 para 30 minutos promoveu incremento no diâmetro de coleto, sugerindo que o efeito térmico isolado contribui para o desenvolvimento estrutural inicial das mudas.

Comportamento semelhante foi observado para a matéria seca radicular. Na dose de 0,75 L ha⁻¹, o maior acúmulo de biomassa radicular ocorreu no menor tempo de imersão (2 minutos), evidenciando que a combinação entre dose elevada e curto período de exposição

favorece o desenvolvimento do sistema radicular. Já no tempo de imersão de 30 minutos, a aplicação do biorregulador não resultou em incrementos significativos na matéria seca da raiz, indicando possível saturação fisiológica ou limitação na resposta da planta ao excesso de estímulo hormonal.

Esses resultados sugerem que tempos excessivos de imersão associados à aplicação do biorregulador podem provocar desequilíbrio hormonal ou reduzir a eficiência de absorção dos reguladores vegetais pelas gemas, comprometendo o efeito positivo esperado. Por outro lado, a aplicação do Stimulate® em curto período de imersão mostrou-se mais eficiente, promovendo maior espessamento do coleto e maior acúmulo de matéria seca radicular, características fundamentais para a qualidade das mudas pré-brotadas.

Do ponto de vista fisiológico, o efeito positivo observado pode ser explicado pela ação das auxinas na indução da formação e alongação de raízes, enquanto as citocininas estimulam a divisão celular e a atividade meristemática, e as giberelinas favorecem a expansão celular. A atuação conjunta desses hormônios, quando aplicada em doses e tempos adequados, resulta em mudas com melhor estrutura morfológica e maior vigor (TAIZ; ZEIGER, 2017).

Dessa forma, os resultados evidenciam que a eficiência do uso de biorreguladores na produção de mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar depende do ajuste preciso entre dose e tempo de imersão, sendo a combinação de $0,75 \text{ L ha}^{-1}$ com 2 minutos de imersão a mais indicada para maximizar o desenvolvimento estrutural e radicular das mudas.

Verificou-se efeito significativo da interação entre tempo de análise (TA), tempo de imersão (TI) e dose do biorregulador para o volume de raiz (VOLR), indicando que o desenvolvimento radicular das mudas foi influenciado simultaneamente pelos três fatores. Esse resultado demonstra que a resposta fisiológica não pode ser explicada isoladamente por cada variável, mas pela combinação entre elas ao longo do tempo.

Tabela 5 - Valores médios de volume de raiz (VOLR), referente a interação tempo de análise (TA), tempo de imersão (TI) e dose em mudas de cana-de-açúcar. São João Evangelista-MG, 2026.

Tempo de análise	VOLR (cm)			
	2 min		30 min	
	0mm	0,75 mm	0 mm	0,75 mm
30 dias	0,61 bB	2,58 bB	1,85 aB	1,09 bB
60 dias	2,08 ab	3,08 bA	2,41 aB	4,63 aA
90 dias	3,04 aA	5,54 aA	3,63 aA	4,70 aA

* Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas colunas e maiúscula na linha não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. Tempo de imersão: 2 min – dois minutos e 30 min – trinta minutos; Dose: 0mm zero milímetros e 0,75 mm – zero virgula setenta e cinco milímetros.

Fonte: Elaborado Pelo Autor, 2026

No período inicial (30 dias), os menores valores de volume de raiz foram observados na maioria dos tratamentos, independentemente do tempo de imersão e da dose aplicada, refletindo a fase inicial de estabelecimento do sistema radicular. Destaca-se que o tratamento com 30 minutos de imersão sem aplicação do biorregulador apresentou valor superior aos demais na linha, sugerindo que, nesse estágio inicial, o efeito do tratamento térmico pode exercer maior influência que a aplicação hormonal.

Aos 60 dias, observou-se aumento expressivo do volume radicular em todos os tratamentos, evidenciando avanço no desenvolvimento estrutural das mudas. Nesse período, destacou-se o tratamento com 30 minutos de imersão associado à dose de 0,75 L ha⁻¹, que apresentou o maior valor de VOLR, diferindo estatisticamente dos demais.

Esse resultado sugere que, em estágio intermediário de desenvolvimento, a combinação entre maior tempo de imersão e aplicação do biorregulador potencializa o crescimento radicular. Nessa fase, o sistema radicular já se encontra metabolicamente ativo e mais responsivo aos estímulos hormonais, permitindo maior aproveitamento dos reguladores vegetais aplicados.

Aos 90 dias, observou-se aumento expressivo do volume radicular em todos os tratamentos, evidenciando avanço no desenvolvimento estrutural das mudas. Nesse período, destacou-se o tratamento com 30 minutos de imersão associado à dose de 0,75 L ha⁻¹, que apresentou o maior valor de VOLR, diferindo estatisticamente dos demais.

Esse resultado sugere que, em estágio intermediário de desenvolvimento, a combinação entre maior tempo de imersão e aplicação do biorregulador potencializa o crescimento radicular. Nessa fase, o sistema radicular já se encontra metabolicamente ativo e mais responsivo aos estímulos hormonais, permitindo maior aproveitamento dos reguladores vegetais aplicados. De acordo com Davies (2010), a interação entre auxinas, citocininas e giberelinas pode potencializar o crescimento radicular quando aplicada em condições fisiológicas favoráveis.

Aos 90 dias, verificaram-se os maiores valores de volume de raiz de forma geral, demonstrando efeito cumulativo do tempo sobre o desenvolvimento radicular. Observa-se que os tratamentos com dose de $0,75 \text{ L ha}^{-1}$, independentemente do tempo de imersão, apresentaram os maiores volumes radiculares, não diferindo estatisticamente entre si.

Esse comportamento indica que, em tempo de análise mais avançado como aos 90 dias, juntamente com a dose do biorregulador torna-se os fatores predominantes, enquanto o tempo de imersão perde relevância. Isso sugere que o efeito hormonal apresenta caráter residual e progressivo, influenciando o crescimento radicular ao longo do ciclo inicial da muda.

Esse comportamento é consistente com o descrito por Castro e Vieira (2001), que relatam que reguladores vegetais podem exercer influência prolongada sobre o crescimento radicular, especialmente em culturas perenes.

Além disso, o aumento progressivo do volume de raiz ao longo do tempo está associado à maior capacidade de absorção de água e nutrientes, fator essencial para o estabelecimento inicial da cultura (Marschner, 2012).

4.1 Considerações Agronômicas

De modo geral, os resultados indicam que o tempo de avaliação foi determinante para o crescimento da parte aérea e do sistema radicular das mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar.

Mudas com maior desenvolvimento radicular e maior diâmetro de coleto apresentam maior potencial de sobrevivência e estabelecimento após o transplântio, o que reforça a importância do uso de biorreguladores como ferramenta auxiliar na produção de mudas de qualidade pelo sistema MPB.

5 CONCLUSÃO

O tempo de análise foi determinante para o crescimento e o desenvolvimento das mudas de cana-de-açúcar produzidas pelo sistema de mudas pré-brotadas, influenciando positivamente as variáveis área foliar, altura da última folha, matéria seca da parte aérea e área superficial da raiz, com maiores valores observados aos 90 dias. Esses resultados indicam que o avanço do período de desenvolvimento das mudas proporciona maior acúmulo de biomassa e melhor formação do sistema radicular.

A aplicação do biorregulador Stimulate® influenciou positivamente o desenvolvimento radicular, especialmente quando associada a combinações adequadas de dose e tempo de imersão.

A aplicação da dose de 0,75 L ha⁻¹ promoveu incremento significativo na área superficial da raiz, evidenciando que o uso do biorregulador favorece o desenvolvimento do sistema radicular e contribui para a melhoria da qualidade das mudas. A aplicação do biorregulador associada ao menor tempo de imersão proporcionou melhores características estruturais das mudas.

O uso de Stimulate® influencia significativamente o crescimento das mudas, especialmente no que diz respeito ao desenvolvimento do sistema radicular. Os efeitos do bioestimulante na promoção do desenvolvimento vegetal é consistente com a literatura existente, que enfatiza os benefícios dos bioestimulantes na agricultura moderna, melhorando não apenas o crescimento das plantas, mas também sua resistência a estresses ambientais.

Dessa forma, conclui-se que o uso do biorregulador, aliado ao adequado manejo do tempo de imersão e ao período de avaliação das mudas, contribui para a formação de mudas de cana-de-açúcar mais vigorosas, com melhor desenvolvimento do sistema radicular, o que pode refletir positivamente no estabelecimento inicial da cultura em campo.

REFERÊNCIAS

- ACCÁCIO, Michele et al. Brotação de minitoletes de cana-de-açúcar sob posições de colmos tratados com auxina. *In*: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 2016, Vitória, ES. **Anais** [...] Vitória: Universidade Estadual de Maringá – UEM, 2016. Disponível em: [vera,+Gerente+da+revista,+3856 \(1\).pdf](#). Acesso em: 25 nov. 2025.
- AFERRI, Gabriela; XAVIER, Mauro Alexandre; PEREIRA, Marcos Alexandre Aparecido. Custo de produção de mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar – mpb. **Pesquisa & tecnologia**, Campinas, v. 13, n. 2, 2016. Disponível em: <https://repositorio-aptaregional.agricultura.sp.gov.br/server/api/core/bitstreams/da4bd1fa-8ba3-4991-a393-6a7ba2e79ef4/content>. Acesso em: 25 nov. 2025.
- AGRIANUAL. **Anuário Estatístico da Agricultura Brasileira**. São Paulo: FNP, 2007. 516p.
- AGUIAR, Adriano. *et al.* **Instruções agrícolas para as principais culturas econômicas**. 7. Ed. Campinas: Instituto Agrônomo, 2014, 452 p.
- ALBRECHT, Leandro Paiola. *et al.* Biorregulador na composição química e na produtividade de grãos de soja. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, p. 774-782, 2012. Disponível em: SciELO Brasil - Biorregulador na composição química e na produtividade de grãos de soja Biorregulador na composição química e na produtividade de grãos de soja. Acesso em: 26 nov. 2025.
- ARAUJO, Raphael Branco de. **Avaliação de diferentes tipos de propágulos no desenvolvimento inicial da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.)**. 2015. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2015. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11136/tde-20102015-112934/>. Acesso em: 15 nov. 2025.
- AUDE, Maria Isabel. Estádios de desenvolvimento da cana-de-açúcar e suas relações com a produtividade. **Ciência Rural**. Santa Maria, v. 23, n. 2, p. 241-248, 1993. Disponível em: SciELO Brasil - ESTÁDIOS DE DESENVOLVIMENTO DA CANA-DE-AÇÚCAR E SUAS RELAÇÕES COM A PRODUTIVIDADE ESTÁDIOS DE DESENVOLVIMENTO DA CANA-DE-AÇÚCAR E SUAS RELAÇÕES COM A PRODUTIVIDADE. Acesso em: 26 nov. 2025.
- BALDANI, José Ivo *et al.* Review: a brief story of nitrogen fixation in sugarcane-reasons for success in Brazil. **Functional Plant Biology**, Clayton, v. 29, n. 4, p. 417-423, 2002. Disponível em: Review: A brief story of nitrogen fixation in sugarcane - reasons for success in Brazil - PubMed. Acesso em: 26 nov. 2025.
- BALSADI, Otavio; FARIA, César; NOVAES FILHO, Roberto. Considerações sobre a dinâmica recente do complexo sucroalcooleiro no Estado de São Paulo. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 26, p. 21–30, 1996. Disponível em: C:\Revistas\IE-96\TEC2-AB.WPD. Acesso em: 16 nov. 2025.

BARACAT NETO, Jorge. **Desenvolvimento e produção da cana-de-açúcar em função do propágulo utilizado**. 2015. 77 f. Dissertação (Mestrado em Ciências: Fitotecnia) – Universidade de São Paulo: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2015. Disponível em: Metadados do item: Desenvolvimento e produção da cana-de-açúcar em função do propágulo utilizado. Acesso em; 16 nov. 2025.

BARBIERI, Diogo. **Formas do relevo e variabilidade espacial de atributos químicos e mineralógicos de um argissolo cultivado com cana-de-açúcar**. 2007. 95 f. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, Jaboticabal, 2007. Disponível em: Formas do relevo e variabilidade espacial de atributos químicos e mineralógicos de um argissolo cultivado com cana-de-açúcar. Acesso em: 17 nov. 2025.

BATISTA FILHO, Carlos. Efeito do stimulate® nas características agrônômicas da soja. **Acta Iguazu**, v. 2, n. 4, p. 76–86, 2000. DOI: 10.48075/actaiguaz.v2i4.9112. Disponível em: <https://e-revista.unioeste.br/index.php/actaiguazu/article/view/9112>. Acesso em: 25 out. 2025.

BRAMBILLA, Palaco. **Estudo da fisiologia de gemas laterais de cana-de-açúcar durante o armazenamento**. 2013, 36 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Botucatu. 2013. Disponível em: Estudo da fisiologia de gemas laterais de cana-de-açúcar durante o armazenamento. Acesso em: 17 nov. 2025.

CALVO, Pamela; NELSON, Louise; KLOEPPER, Joseph. (2014). Agricultural uses of plant biostimulants. **Plant and Soil**, 383, n. 1–2, p. 3–41, 2014. Disponível em; (PDF) Agricultural uses of plant biostimulants. Acesso em: 19 nov. 2025.

CAPUTO, Mariana. *et al.* Acúmulo de sacarose, produtividade e florescimento de cana-de-açúcar sob reguladores vegetais. **Interciência**, v.32, n.12, p.834-840, 2007. Disponível em: Acúmulo de sacarose, produtividade e florescimento de cana-de-açúcar sob reguladores vegetais. Acesso em: 19 nov. 2025.

CARVALHO, Silvia; FURTADO, Andre Tosi. O melhoramento genético da cana-de-açúcar no Brasil e o Desafio das mudanças climáticas globais. **Revista Gestão & Conexões** (Management and Connections Journal), v.2, n.1, 2013. Disponível em: O Melhoramento Genético de Cana-de-Açúcar no Brasil e o Desafio das Mudanças Climáticas Globais | Revista Gestão & Conexões. Acesso em: 19 nov. 2025.

CATO, Stella Consorte; CASTRO, Paulo R.C. **Ação de bioestimulante nas culturas do amendoizeiro, sorgo e trigo e interações hormonais entre auxinas, citocininas e giberelinas**. 2006. 74 p. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006. Disponível em: ReP USP - Detalhe do registro: Ação de bioestimulante nas culturas do amendoizeiro, sorgo e trigo e interações hormonais entre auxinas, citocininas e giberelinas. Acesso em: 19 nov. 2025.

CHAVES, Valfredo Almeida. *et al.* Desenvolvimento inicial de duas variedades de cana-de-açúcar inoculadas com bactérias diazotróficas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. p. 1595-1602, 2015. Disponível em: scielo.br/j/rbcs/a/LmPxwjcm7zTVhKZtZ78n3wQ/?format=pdf&lang=pt. Acesso em: 11 dez. 2025.

CHEN, James; CHOU, Chung-Chi. **A manual for cane sugar manufacturers and their chemists**. 12. ed. New York: Wiley, 1993. Disponível em: Cane Sugar Handbook: A Manual for Cane Sugar Manufacturers and Their Chemists - James C. P. Chen, Chung Chi Chou - Google Livros. Acesso em: 05 dez. 2025.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar**. Terceiro levantamento: Safra 2025/26, v. 2, n. 4, Disponível em: <https://www.gov.br/conab/pt-br/atuacao/informacoes-agropecuarias/safras/safra-de-cana-de-acucar>. Acesso em: 11 dez. 2025.

COPLANA. Cooperativa dos Plantadores de Cana da Zona de Guariba. **Revista Técnica**. Ano 3, n 3, ago. 2011. Disponível em: Cooperativa dos Plantadores de Cana da Zona de Guariba em Catanduva, SP - Consulta CNPJ 48.662.175/0024-87. Acesso em: 11 dez. 2025.

COSTA, Newton de Lucena. **Bioestimulante Como Fator de Produtividade da Cana-de-Açúcar**. Boa Vista: Embrapa Roraima, 2010. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/878849/1/ClicNews20104.pdf>. Acesso em: 18 nov. 2025.

COSTA, Newton de Lucena; DAROS, Edelclainton.; MORAES, Anibal. **Utilização de bioestimulantes na cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.)**. PUBVET, Londrina, v. 5, n. 22, 2011. Disponível em: Alice: Utilização de bioestimulantes na cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.). Acesso em: 11 dez. 2025.

CRISTOEFELTI JUNIOR, Silvio Carlos. **Fisiologia da emergência e perfilhamento em mini-toletes de variedades de cana-de-açúcar**. Dissertação (Mestrado). Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11144/tde-29052012-102556/>. Acesso em: 11 nov. 2025.

DAS, Ajay; PRASAD, Bierendra. (2014) – Effect of plant growth regulators on rooting survival of air layering in litchi. **Advanced Research Journal of Crop Improvement**, vol. 5, n. 2, p. 126-130. Disponível em: [2203102H_5_126-130_A.pdf](https://www.researchgate.net/publication/2203102H_5_126-130_A.pdf). Acesso em: 12 dez 2025.

DE CAMARGO, Paulo Roberto; LIMA, Castro Elvis. **Aplicações de reguladores vegetais na agricultura tropical**. Guaíba: Agropecuária, 2001. Disponível em: Aplicações de reguladores vegetais na agricultura tropical – ScienceOpen. Acesso em: 12 dez. 2025.

DIAS, Fabio. *et al.* Efeito da aplicação de bioestimulantes, no vigor, brotação e produção de biomassa de cana-de-açúcar na variedade RB867515. **VIII Workshop Agroenergia – Matérias-primas**. 2012. Disponível em: http://www.infobibos.com/agroenergia/cd/resumos/ResumoAgroenergia_2014_037.pdf. Acesso em 22 dez. 2025.

DU JARDIN, Patrick. Plant biostmulants: Definition, concept, main categories and regulation. **Scientia Horticulturae**, 196, 3-14, 2015. Disponível em: Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation - ScienceDirect. Acesso em: 22 dez. 2025.

EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DE MINAS GERAIS – EPAMIG. **Recomendações técnicas para o cultivo da cana-de-açúcar**. 2010. Série Mais Alimentos: um plano para a agricultura familiar para o Brasil, 2010. 4 p. Disponível em: <http://www.em-pamig.br/pesquisa/>. Acesso em: 23 nov. 2025.

FERREIRA, Marina; FERREIRA, Luiz; BOLONHEZI, Antonio. Reguladores vegetais aplicados no sulco de plantio em cultivares de cana-de-açúcar. **Scientia Agraria**, Curitiba, v.14, n.2, p.59-64, 2013. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/agraria/article/view/40891/0>. Acesso em: 23 nov. 2025.

FIGUEIREDO, P. Breve história da cana-de-açúcar e do papel do Instituto Agrônomo no seu estabelecimento no Brasil. *In*: DINARDO-MIRANDA, L.L.; VASCONCELOS, A.C.M.; LANDELL, M.G.A. (Ed.). **Cana-de-açúcar**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2008. cap.1, p. 29-44. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/858165638/Cap-1- Historia-da-Cana>. Acesso em: 23 nov. 2025.

GÍRIO, Lucas. **Eficiência agrônômica de bactérias diazotróficas na cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*)**. 2014, 60 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) -Faculdade de Ciência Agrárias e Veterinárias – Unesp - *Campus* de Jaboticabal, 2014. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/entities/publication/d5919a40-478b-4ec5-8671-14447381cd39/full>. Acesso em: 23 nov. 2025.

GOMES, Carla. Sistema muda conceito de plantio. **A Lavoura**. Nº696, 2013. Disponível em: http://sna.agr.br/uploads/ALavoura_696_38.pdf. Acesso em: 20 dez 2025.

GOMES, Flávio Barros. **Resposta do tratamento de minirrebolos de cana-de-açúcar com fungicidas e bioestimulante no desenvolvimento de mudas pré-brotadas (MPB)**. 2019. Monografia (Graduação) - Universidade de Brasília/Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, 2019. Disponível em: https://bdm.unb.br/bitstream/10483/24145/1/2019_FlaviaBarrosGomes.pdf. Acesso em: 18 nov. 2025.

HOFFMANN, Hermann Paulo. *et al.* PROGRAMA DE MELHORAMENTO GENÉTICO DA CANA-DE-AÇÚCAR – PMGCA. **Variedades RB de Cana-de-Açúcar**. 1 ed. Araras: Departamento de Biotecnologia Vegetal - Centro de Ciências Agrárias - Universidade Federal de São Carlos, 2008, 30 p. Disponível em : <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1042764/1/Doc200.pdf>. Acesso em: 18 nov. 2025.

JAMES, Glyn. **Sugarcane**. Oxford: Blackwell Science, 2004. 216 p. (World Agriculture Series).

KRURGER, Cleusa *et al.* Profundidade de plantio e região do tolete no desenvolvimento inicial de genótipos de cana (*Saccharum spp.*). **Revista Brasileira Agrociência**, Pelotas, v.18. p.315-325, 2012. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5764747>. Acesso em: 21 nov. 2025.

LANDELL, Marcos *et al.* **Sistema de multiplicação de cana-de-açúcar com mudas pré-brotadas (MPB), oriundas de gemas individualizadas**. Campinas: IAC, 2012. 16 p. (Documentos IAC, 109). Disponível em: <https://www.iac.sp.gov.br/publicacoes/publicacoes/ia-cdoc109.pdf>. Acesso em: 11 dez. 2021.

MAGALHÃES, Wilian Andrade; PEREIRA, Luiz Fernando De Oliveira; LEMOS, João Paulo. Efeito de doses de biorregulador vegetal no desenvolvimento de mudas de cana-de-açúcar pelo sistema de mudas pré-brotadas (mpb). *In*: **Seminário de Iniciação Científica (SIC)**, 2018, Sabará, MG. Disponível em: <https://www2.ifmg.edu.br/sic/edicoes->

anteriores/resumos-2018/efeito-de-doses-de-biorregulador-vegetal-no-desenvolvimento-de-mudas-de-cana-de-acucar-pelo-sistema-de-mudas-pre-brotadas-mpb.pdf. Acesso em: 20 nov. 2020.

MANHÃES, Carmen *et al.* Fatores que afetam a brotação e o perfilhamento da cana-de-açúcar. **Vértices**, Campos dos Goytacazes/RJ, v. 17, n. 1, p. 163-181, 2015. Disponível em: <https://www.redalyc.org/journal/6257/625768704005/>. Acesso em: 05 jul. 2023.

MANTELATTO, Paulo Eduardo. **Estudo do processo de cristalização de soluções impuras de sacarose de cana-de-açúcar por resfriamento**. 2005. 272 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, 2005. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/items/7c55790b-ca41-4b04-b81c-00eb43ed784c>. Acesso em: 10 jun. 2022.

MARAFON, A. C. **Análise Quantitativa de Crescimento em Cana-de-açúcar: uma introdução ao procedimento prático**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2012. 29 p. (Documentos, 168). Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/262212343_Analise_quantitativa_de_crescimento_em_cana-de-acucar_uma_introducao_ao_procedimento_pratico. Acesso em: 25 jul. 2025.

MELO, Bruno; MACIEL, Anna. Influência de bioativadores e bioestimulantes na produção de mudas de cafeeiros. **Revista Agrogeoambienta**, v.6, p. 55-61, 2014. Disponível em: <https://agrogeoambiental.ifsuldeminas.edu.br/index.php/Agrogeoambiental/article/view/589>. Acesso em: 03 nov. 2025.

MENDES, Luciane de Siqueira. **Efeitos de ethephon e giberelina no desenvolvimento inicial e em alguns parâmetros tecnológicos da cana-de-açúcar**. 2010, 78 f. Dissertação (Mestrado em Ciências: Fisiologia e Bioquímica de Plantas) - Escola Superior de Agricultura. Luiz de Queiroz, 2010. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/002153931>. Acesso em: 03 nov. 2025.

MIGUEL, Fernando. *et al.* Viabilidade econômica na utilização de um regulador vegetal em cana-planta. **Informações Econômicas**, São Paulo, v.39, 2009. Disponível em: <https://iea.agricultura.sp.gov.br/ftpiea/publicacoes/IE/2009/tec5-0109.pdf>. Acesso em: 03 nov. 2025.

MIRANDA, Jose Roberto. **História da cana-de-açúcar**. 1. Ed. Campinas: Komedi, 2008. 167 p.

NARDI, Serenella *et al.* Plant biostimulants: physiological responses induced by protein hydrolyzed-based products and humic substances in plant metabolism. **Scientia Agricola**, v. 73, p. 18-23, 2016. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/287111068_Plant_biostimulants_physiological_responses_induced_by_protein_hydrolyzed-based_products_and_humic_substances_in_plant_metabolism. Acesso em: 03 dez. 2025.

NEVES, Marcos Fava; TROMBIN, Vinícius Gustavo. **A Dimensão do Setor Sucroenergético**. Ribeirão Preto: [s.n.], 2014.

OLIVEIRA, Cintia *et al.* Produtividade e qualidade tecnológica da cana-de-açúcar com o uso de condicionador de solo e bioestimulantes. **Agrarian**, v. 6, n. 21, p. 245–251, 2013. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/agrarian/article/view/1925>. Acesso em: 23 nov. 2025.

PAULI, Daniel Gustavo de. **Planejamento da qualidade do plantio mecanizado de cana de açúcar**. 2009. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11148/tde-09112009-154915/>. Acesso em: 23 nov. 2025.

PEIXOTO, C. P. **Curso de fisiologia vegetal**. Cruz das Almas: Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, 2011. 177 p.

RODRIGUES, Adriana Carvalho. **Efeitos de biorregulador vegetal no desenvolvimento de mudas de cana-de-açúcar pelo sistema de mudas pré-brotadas (MPB)**. 2016. 50 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Curso de Graduação Agronomia, IFMG - Campus São João Evangelista, São João Evangelista, 2016. Disponível em: <https://repositoriohomolog.ifmg.edu.br/items/c226071c-0cb9-40a5-88e8-9778ff2bc707>. Acesso em: 23 nov. 2025.

RODRIGUES, João Domingos. **Fisiologia da cana-de-açúcar**. Botucatu, SP: [s.n.], 1995.
RODRIGUES, João Domingos; FIOREZE, Samuel Luiz. Reguladores são, para muitos cultivos, indispensáveis ao alcance de bons níveis. **Visão agrícola - Fisiologia**, v.3, n. 13, p. 35-39, 2015. Disponível em: https://www.esalq.usp.br/visaoagricola/sites/default/files/VA_13_Fisiologia-artigo4.pdf. Acesso em: 03 nov. 2025.

ROSA, Daniela. **Sistema de produção de mudas pré-brotadas (MPB)**. Monografia - Programa de Pós-Graduação em Gestão do Setor Sucroenergético – MTA, Sertãozinho, 2013. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/835305740/Sistema-de-Producao-de-Mudas-Pre-Brotadas-Mpb>. Acesso em: 20 jun. 2020.

ROSSETTO, Raffaella. *et al.* Efeito de biorregulador e de fertilizantes aplicados no plantio da cana-de-açúcar. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE FISILOGIA VEGETAL**, 11., 2007, Gramado, RS. Resumo... Gramado: Sociedade Brasileira de Fisiologia Vegetal, 2007. Disponível em: <https://scholar.google.com/citations?user=K00vTvoAAAJ&hl=pt-BR>. Acesso em: 20 jun. 2020.

ROSSETTO, Raffaella. **Manejo tecnológico da cultura da cana-de-açúcar para alta produtividade**. 2015. Disponível em: <http://abisolo.com.br/files/6forum/11-ribpreto2015.pdf>. Acesso em: 02 dez. 2025.

SAMPAIO, Lucas *et al.* Emergência de plântulas de cana-de-açúcar no sistema de mudas pré brotadas. In: **CONGRESSO ESTADUAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DO IF GOIANO**, 4., 2015, Goiânia. **Anais [...]** Morrinhos: – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – *Campus Morrinhos*, 2015. v. 1, p. 1-2. Disponível em: <https://www.ifgoiano.edu.br/ceic/anais/files/papers/20620.pdf>. Acesso em: 02 dez. 2025.

SANTOS, F.; BORÉM, A.; CALDAS, C. **Cana-de-açúcar: bioenergia, açúcar e álcool: tecnologias e perspectivas**. Viçosa: Editora UFV, 2010. p. 25-49. Disponível em:

[https://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/busca?b=ad&id=852937&biblioteca=&busca=autoria:%22CALDAS,%20C.%20\(Ed.\).%22&qFacets=autoria:%22CALDAS,%20C.%20\(Ed.\).%22&sort=&paginacao=t&paginaAtual=1](https://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/busca?b=ad&id=852937&biblioteca=&busca=autoria:%22CALDAS,%20C.%20(Ed.).%22&qFacets=autoria:%22CALDAS,%20C.%20(Ed.).%22&sort=&paginacao=t&paginaAtual=1). Acesso em: 02 dez. 2025.

SEGATO, S. C. *et al.* **Atualização em produção de cana-de-açúcar**. 1. Ed. Piracicaba: CP 2, 2006.

SILVA, Islaumax. **Resposta da cana-de-açúcar ao uso de bioestimulante sob diferentes densidades de plantio**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) - Universidade Federal da Paraíba, 2018. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/bitstream/123456789/12722/1/IDNS20122018.pdf>. Acesso em: 02 dez. 2025.

SILVA, João Pedro Luzitano da. **Sistema de produção de mudas de cana-de-açúcar**. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Técnico em Agropecuária) – IFSP – Barretos – SP, 2016. Disponível em: <https://brt.ifsp.edu.br/phocadownload/userupload/213354/IFMAP160019%20SISTEMA%20DE%20PRODUO%20DE%20MUDAS%20DE%20CANA-DE-ACAR.pdf>. Acesso em: 02 dez. 2025.

SILVA, João; SILVA, Maria. **Noções da Cultura da Cana-de-Açúcar**. Inhumas: Instituto Federal de Goiás, 2012, 105 p. Disponível em: <https://proedu.rnp.br/handle/123456789/387>. Acesso em: 02 dez. 2025.

SILVA, Marcelo; CATO, Stella; COSTA, Augusto. Produtividade e qualidade tecnológica da soqueira de cana-de-açúcar submetida à aplicação de biorregulador e fertilizantes líquidos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 4, abr, p. 774-780, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/4VYTWrFFZLPvgLPnVXjhBXC/?format=html&lang=pt>. Acesso em: 05 fev. 2025.

STOLLER DO BRASIL Ltda. **Vide bula: Stimulate®**. Disponível em: <http://www.adapar.pr.gov.br/arquivos/File/defis/DFI/Bulas/Outros/Stimulate.pdf>. Acesso em: 31 nov, 2019.

STOLLER. **Fisiológicas: Bula Stimulate®**. 2015. Disponível em: <<http://www.stoller.com.br/solucoes/fisiologia>> Acesso em: 12 nov. 2020.

TAIZ, Lincoln; ZEIGER, Eduardo. **Fisiologia vegetal**. 3ª ed. Porto Alegre, Artmed, 2006. 719p.

VIEIRA, Elvis Lima *et al.* **Manual de Fisiologia Vegetal**. São Luís, EDUFMA, 2010. 230 p. WANDERLEY, Humberto. **USO DE BIOESTIMULANTE E ENRAIZADORES NO CRESCIMENTO INICIAL E TOLERÂNCIA À SECA EM CANA-DE-AÇÚCAR**. 2011. 47 f. Tese (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo, 2011. Disponível em: <https://www.repositorio.ufal.br/bitstream/riufal/253/1/Use%20de%20bioestimulantes%20e%20enraizadores%20no%20crescimento%20inicial%20e%20toler%C3%A2ncia%20%C3%A0%20seca%20em%20cana-de-a%C3%A7%C3%BAcar.pdf>. Acesso em: 20 fev. 2020.

XAVIER, Mauro *et al.* **Fatores de Desuniformidade e Kit de Pré-Brotção IAC para Sistema de Multiplicação de Cana-de-Açúcar-Mudas-pré-brotadas (MPB)**. Campinas: IAC,

2014. 22 p. (Documentos IAC, 113). Disponível em: <https://www.iac.sp.gov.br/media/publicacoes/iacdoc113.pdf>. Acesso em: 15 set. 2025.

ZILLIANI, Rafael Rebes. **Influência de biorreguladores sobre a fisiologia e crescimento inicial de cana-de-açúcar submetida ao déficit hídrico**. 2015, 59 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade do Oeste Paulista. Presidente Prudente, São Paulo. 2015. Disponível em: <http://bdtd.unoeste.br:8080/tede/handle/tede/601>. Acesso em: 15 set. 2025.

APENDICE

Quadro 1 - Resumo da análise de variância da área foliar (AF), diâmetro de coleto (DC), altura da última folia (ALTUF), matéria seca raiz (MSR), matéria seca parte aérea (MSPA), volume de raiz (VOLR) e área superficial da raiz (ASR), obtidos nas medições morfológicas, em mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar de minirebolos tratados com o biorregulador Stimulate®. São João Evangelista - Mg, 2026

Quadrados médios									
FV	GL	AF (m ²)	DC (cm)	ALTUF (cm)	MSR (g)	MSPA (g)	VOLR (cm)	ASR (m ²)	
TA	2	*9144,146203	*9,994786	*2351,053211	*0,543778	*2,947396	*21,607512	*0,153280	
TI	1	24,535511	0,235225	22,944100	0,036928	0,043056	0,475180	0,000633	
DOSE	1	1011,240000	*11,144469	19,565878	0,210834	0,274401	*15,992001	*0,049506	
TA*TI	2	1060,990519	1,634025	20,315433	0,003170	0,072811	1,239334	0,001299	
TA*DOSE	2	35,705425	*1,850203	17,970878	*0,008288	0,093769	1,204796	0,004108	
TI*DOSE	1	5,366944	14,938225	0,828100	0,154580	0,164430	2,164822	0,009768	
TA*TI*DOSE	2	382,655019	1,312675	24,507100	0,008687	0,135810	*3,180032	0,004699	
Erro	24	455,452303	1,992275	43,476211	0,007502	0,098423	0,923988	0,002574	
CV %		38,64	15,91	25,16	26,72	33,31	32,66	23,05	

*Significativo a 5% de probabilidade. FV – Fator de Variação. GL – Grau de Liberdade.

Fonte: Elaborado pelo Autor, 2026