

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
MINAS GERAIS – *CAMPUS BAMBUÍ*
BACHARELADO EM AGRONOMIA

Jonas Henrique Sena Pereira

**EXTRATOS DE ALGAS NO DESENVOLVIMENTO INICIAL DE
CANA-DE-AÇÚCAR**

BambuÍ

2023

JONAS HENRIQUE SENA PEREIRA

**EXTRATOS DE ALGAS NO DESENVOLVIMENTO INICIAL DE CULTIVARES DE
CANA-DE-AÇÚCAR**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Bacharelado em Agronomia do Instituto Federal de Minas Gerais - *Campus* Bambuí para obtenção do grau de bacharel em Agronomia.

Orientadora: Dra. Ana Cardoso Clemente Filha Ferreira de Paula

Bambuí

2023

Catálogo na Fonte Biblioteca IFMG - Campus Bambuí

P436e Pereira, Jonas Henrique Sena.
Extratos de algas no desenvolvimento inicial de cana-de-açúcar. / Jonas Henrique Sena Pereira. – 2023.
38 f.; il.: color.

Orientadora: Dra. Ana Cardoso Clemente Filha Ferreira de Paula.
Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – Campus Bambuí, MG, Curso Bacharelado em Agronomia, 2023.

1. Extratos de algas. 2. Cana-de-açúcar. 3. Lithothamnion calcareum. I. Paula, Ana Cardoso Clemente Filha Ferreira de. II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – Campus Bambuí, MG. III. Título.

CDD 633.61

Elaborada por Douglas Bernardes de Castro- CRB-6/2802



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS GERAIS
Campus Bambuí
Diretoria de Ensino
Departamento de Ciências Agrárias
Faz. Varginha - Rodovia Bambuí/Meeiros - Km 05 - Caixa Postal 05 - CEP 38900-000 - Bambuí - MG
37 3431 4900 - www.ifmg.edu.br

DECLARAÇÃO

EXTRATOS DE ALGAS NO DESENVOLVIMENTO INICIAL DE CANA-DE-AÇÚCAR

Aluno: Jonas Henrique Sena Pereira

Data de aprovação: 20 / 06 / 2023

Banca examinadora:

Orientadora: Prof. Dr^a. Ana Cardoso Clemente Filha Ferreira de Paula – IFMG/ Campus Bambuí

Membro: Dr. Antônio Augusto Rocha Athayde – IFMG/ Campus Bambuí

Membro: MsC Júlia Bahia Miranda – IFMG/ Campus Bambuí

Bambuí, 27 de junho de 2023.



Documento assinado eletronicamente por **Ana Cardoso Clemente Filha Ferreira de Paula, Professora**, em 27/06/2023, às 11:26, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



Documento assinado eletronicamente por **Julia Bahia Miranda, Técnica de Laboratório / Área Biologia**, em 27/06/2023, às 12:27, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



Documento assinado eletronicamente por **Antonio Augusto Rocha Athayde, Professor**, em 27/06/2023, às 22:36, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



A autenticidade do documento pode ser conferida no site <https://sei.ifmg.edu.br/consultadocs> informando o código verificador **1595476** e o código CRC **8D641B2B**.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus por me proporcionar a oportunidade de estar vivenciando e concluindo mais uma etapa em minha carreira.

Agradeço à minha família o apoio diário, pois nunca mediram esforços para que chegasse até aqui; em especial, meu irmão Felipi, que passou a ser minha companhia diária.

Agradeço a todos os amigos, os de longa data e os que fiz durante a graduação, sei que vocês deixaram a caminhada menos árdua, devido ao companheirismo, cumplicidade e brincadeiras nesse período.

Agradeço a todos os professores com os quais tive aula neste período; em especial, a minha orientadora, Ana Cardoso, a qual, além de professora, tenho como amiga, confidente, que, em vários momentos, me ajudou.

Agradeço, também, às técnicas de laboratório, Júlia Miranda e Maria Cristina, o auxílio durante a condução do experimento. Além dos professores Rodrigo Gazzafi e Antônio Athayde, pelas reuniões e trocas de experiências dentro do setor canavieiro e o professor Paulo César de Melo e sua empresa pelo fornecimento dos extratos de algas utilizados neste presente trabalho.

Nunca desista dos seus sonhos.

“Faça o seu melhor, nas condições que você tem,
quando não tem condições de fazer melhor ainda.”

Mario Sérgio Cortella

RESUMO

A cana-de-açúcar tem importante participação no agronegócio brasileiro, sendo uma alternativa ao uso de combustíveis fósseis. Contudo, o setor produtivo ainda busca por novas soluções que favoreçam o aumento de produtividade aliado à sustentabilidade. Dentre as diferentes alternativas sustentáveis, pode-se destacar o uso de extratos de algas como biofertilizantes. Para a cana-de-açúcar, alguns estudos com extratos de algas disponíveis, no entanto, julgamos que ainda são incipientes, especificamente, tentando compreender o efeito dos extratos de algas em processos fisiológicos da cultura. Nesse contexto, o trabalho teve como objetivo estudar a influência dos extratos de algas no desenvolvimento inicial da cana-de-açúcar. Para tanto, foram consideradas dois extratos, o primeiro, uma composição de *Lithothamnion calcareum* (Auge®), e o segundo, *Hypnea musciformis* e *Ascophylum nodosum* (Biomax Nitro Plus ®). Estes dois produtos foram submetidos a três doses, em quatro variedades de cana-de-açúcar, sendo elas: IACCTC07-8044, RB 975201, RB966928, RB975242. O experimento foi conduzido em casa de vegetação durante 140 dias, sendo que, em 35, 70, 105 e 140, foram coletadas as variáveis biométricas, tais como número de colmos, altura do colmo central e diâmetro. A interação de extratos de algas no crescimento inicial da cana-de-açúcar foi estudada, apresentando uma superfície de respostas para as variedades. Considerando as situações em que existe efeito significativo, as variedades IACCTC07-8044 e RB966928 tendem a apresentar maior resposta aos biofertilizantes, e RB975201 apresentou menor resposta à aplicação de Algue® e Biomax Nutri Plus ®. Já nos resultados por variáveis, conclui-se que, para altura de colmo, a presença de Algue® favoreceu as variedades IACCTC07-8044 e RB966928, e Biomax Nutri Plus ® favoreceu RB975242. Contudo, para diâmetro e número de perfilhos, Biomax Nutri Plus ® torna-se o biofertilizante com melhor resposta entre os analisados.

Palavras-chave: Extratos de algas, cana-de-açúcar, *Lithothamnion calcareum*, *Ascophylum nodosum*.

Abstract

Sugarcane plays an important role in Brazilian agribusiness, as an alternative to the use of fossil fuels. However, the productive sector is still looking for new solutions that favor increased productivity combined with sustainability. Among the different ecological alternatives, the use of seaweed extracts as biofertilizers can be highlighted. For sugarcane, some studies with seaweed extracts are available, but to our knowledge, there is still a lack of studies specifically trying to understand the effect of seaweed extracts on physiological processes. In this context, the objective of this work is to study the influence of seaweed extracts on the initial development of sugarcane. For that, two extracts were considered, the first is a composition of *Lithothamnion calcareum*, and the second *Hypnea musciformis* and *Ascophyllum nodosum*. These two products were authorized for three doses, in four sugarcane varieties, namely: IACCTC07-8044, RB 975201, RB966928, RB975242. The experiment, treated in a greenhouse for 140 days, and in 35, 70, 105 and 140 the biometric variables were collected, such as number of culms, central culm height, diameter. The interaction of seaweed extracts in the initial growth of sugarcane was experimented, it presented a response surface for the varieties. Considering the situations in which there is a significant effect, the varieties IACCTC07-8044 and RB966928 tend to show a greater response to biofertilizers and RB975201 showed a lower response to the application of Algue® and Biomax Nutri Plus®. As for the results by, it is determined that for stem height the presence of Algue® favored the varieties IACCTC07-8044 and RB966928 and Biomax Nutri Plus® favored RB975242. However, for diameter and number of tillers Biomax Nutri Plus ® becomes the biofertilizer with the best response among those analyzed

Keywords: Seaweed extracts, sugar cane, *Lithothamnion calcareum*, *Ascophyllum nodosum*.

Sumário

1. INTRODUÇÃO.....	7
2. OBJETIVOS	8
2.1. Objetivo geral.....	8
2.2. Objetivos específicos	8
3. REFERENCIAL TEÓRICO	8
3.1. Cana-de-açúcar (<i>Saccharum spp.</i>)	8
3.2. Uso de algas marinhas na agricultura	9
3.3. <i>Lithothamnion calcareum</i>	10
3.4. <i>Ascophylum nodosum</i>	12
3.5. <i>Hypnea musciformis</i>	13
3.6. Uso de extratos de algas na cana-de-açúcar.....	14
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	16
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	22
5.1. Altura do colmo.....	22
5.2. Diâmetro de colmo	25
5.3. Número de perfilhos	27
6. CONCLUSÕES.....	30
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	31

1. INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar possui elevado potencial no agronegócio brasileiro, sendo seus principais produtos o açúcar e etanol, além da cogeração de energia elétrica, a partir da queima do bagaço (CURSI *et al.*, 2021). Na safra 2021/2022, a produção foi de 585,2 milhões de toneladas de cana-de-açúcar. Desse total, estima-se que cerca de 44% da produção total foram destinados à produção de açúcar, e 55,6%, para produção de etanol (CONAB, 2022). Ainda, de acordo com o 4º levantamento da CONAB (2022), houve um encolhimento de 3,5% da área de produção.

Ao considerar alternativas que visam melhorar a sustentabilidade dos sistemas de produção canavieira, os biofertilizantes podem ser considerados uma opção importante em face dos seus efeitos promotores de crescimento, além de aumentarem a tolerância a estresses abióticos (CHEN *et al.*, 2021). Os biofertilizantes são ricos em fitormônios, micronutrientes, macronutrientes e enzimas, que são considerados suplementos aos fertilizantes minerais, melhorando a disponibilidade, absorção e transporte de nutrientes. Seguem diretamente no metabolismo das plantas, melhorando suas condições de crescimento, fornecendo água, nutrientes e reguladores de crescimento vegetal (PGRs - auxinas, citocininas, giberelinas, estrigolactonas, brassinosteroides) (YAKHIN *et al.*, 2017).

Um exemplo de grupo de bioestimulantes são os extratos de algas, que podem melhorar o rendimento de biomassa, além de possibilitar um incremento em todas as fases, desde um aumento na germinação de sementes, melhoria no vigor de mudas e aumento do crescimento de plantas em todos os estágios fenológicos (SACCOMORI *et al.*, 2021). A presença de macronutrientes, juntamente com grandes concentrações dos hormônios promotores de crescimento, resultam em um bom desenvolvimento das culturas. Um exemplo é a indução da melhoria do desenvolvimento radicular pelo uso de extratos de algas e, conseqüentemente, uma melhor formação de mudas (SACCOMORI *et al.*, 2021).

Backes *et al.* (2017) e Ali *et al.* (2021) relatam que o uso de extrato de algas pode estimular os processos fisiológicos das plantas, como a fotossíntese e/ou tolerância a estresses abióticos, como estresse hídrico. A tolerância ao estresse hídrico pode ocorrer devido à presença de betaína na composição dos extratos de algas (BACKES *et al.*, 2017). A aplicação dos extratos pode ser feita tanto via solo quanto via foliar, sendo esta última uma melhor forma de aproveitamento, devido ao contato direto, que possibilita melhor interação entre extrato e tecido vegetal (ALI *et al.*, 2021).

Diante do exposto, nota-se que é uma área que apresenta grande potencial para crescimento, sendo que alguns estudos mostram os resultados da interação entre cana-de-açúcar e extratos de algas. Seu crescente uso possui ligação direta com a questão de sustentabilidade nos sistemas de produção. São vários os estudos que empregaram o uso de extratos de algas, por exemplo, o de Santos (2019). Contudo, estudos ainda são necessários para evidenciar a relação de processos fisiológicos na presença de extratos de algas aplicados à cultura da cana-de-açúcar, revelando, assim, a importância da realização do presente trabalho.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

O objetivo deste trabalho foi avaliar a interação de cultivares de cana-de-açúcar com extratos de algas no desenvolvimento inicial da cultura.

2.2. Objetivos específicos

- Realizar o estudo da aplicação de dois extratos de algas das espécies *Lithothamnion calcareum* e *Hypnea musciformis* + *Ascophyllum nodosum* em quatro variedades de cana-de-açúcar;
- Caracterizar a variedade que obterá a melhor resposta quanto ao uso destes bioestimulantes.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1. Cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*)

A cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) é originária de uma região situada no sudoeste do Continente Asiático (SANTOS, 2019). As espécies cultivadas são, em sua grande maioria, alógamas, com alta heterozigose e reproduzidas por propagação vegetativa (CARNEIRO *et al.*, 2016). É uma cultura de muita importância para a agricultura nacional, sendo usada como matéria-prima para o etanol, um biocombustível, e para açúcar, que é muito importante na indústria alimentícia (JUNIOR *et al.*, 2018).

Sua propagação acontece, em sua maior parte, de forma assexuada, a partir do colmo, que contém as gemas axilares e primórdios radiculares nas regiões nodais, as quais possuem a capacidade de enraizar e dar origem a novas plantas (DE SOUSA *et al.*, 2021). O mesmo autor cita que, geralmente, o colmo é dividido em toletes contendo cerca de 4 gemas. Outra forma citada pelo autor é a utilização de minitoletes, estes possuindo apenas uma gema para brotação.

O uso de mudas pré-brotadas (MPB) é uma alternativa para se propagar cana-de-açúcar, tendo seu início de uso na década de 1980, aumentando, assim, a taxa de multiplicação, culminando em uma melhora na qualidade de mudas nos viveiros. Seu incremento de produtividade pode chegar a até 18% (NORONHA, 2018).

3.2. Uso de algas marinhas na agricultura

O uso de bioprodutos à base de algas marinhas vem aumentando nos sistemas de produção de culturas devido aos seus componentes e efeitos bioativos únicos. Eles têm propriedades fitoestimuladoras que resultam em aumento do crescimento das plantas e parâmetros de rendimento em várias plantas importantes. Além disso, possuem atividade fitoelidora, pois seus componentes evocam respostas de defesa em plantas que contribuem para a resistência a várias pragas, doenças e estresses abióticos, incluindo seca, salinidade e frio. Isso, geralmente, está ligado à regulação positiva de importantes genes e vias relacionadas à defesa no sistema da planta, preparando suas defesas contra ataques futuros. Eles também evocam respostas fito-hormonais devido aos seus componentes específicos e interação com a regulação do crescimento das plantas. O tratamento com extratos e produtos de algas marinhas também causa mudanças significativas nos componentes do microbioma do solo e da planta que auxiliam no crescimento sustentável das plantas (ALI *et al.*, 2021).

Os bioestimulantes produzidos a partir de extratos das algas marinhas atuam modulando os processos fisiológicos das plantas através de fito-hormônios, vitaminas, oligossacarídeos e outras moléculas, promovendo crescimento e rendimento e auxiliando na absorção de nutrientes (SACCOMORI *et al.*, 2021; CHEN *et al.*, 2021). Eles podem ser usados para mitigar as respostas negativas das plantas causadas por condições de seca. O estresse hídrico induz alterações morfológicas e fisiológicas nas plantas e impacta severamente o metabolismo vegetal devido ao estresse oxidativo celular, mesmo em culturas C4, como a cana-de-açúcar. Bioestimulantes à base de extrato de algas marinhas podem mitigar as respostas negativas das plantas causadas pelo estresse hídrico (JACOMASSI, 2021). Além disso, extratos de algas marinhas podem ser empregados como bioestimulantes durante o cultivo de culturas por causa de seus efeitos positivos no desempenho das plantas, estimulando o crescimento das raízes, a nutrição, a atividade de esterase e o teor de açúcar (ERTANI *et al.*, 2018). A aplicação de extratos de algas na agricultura tem vivenciado um aumento significativo, sendo percebido que consideráveis parcelas dos 15 milhões de toneladas métricas de algas marinhas colhidas anualmente são empregadas como estimulantes (CARVALHO *et al.*, 2014).

O interesse em substâncias bioestimulantes naturais para uso na agricultura tem aumentado, entretanto a utilização das algas marinhas no mercado agrícola ainda é pouco representativa, mesmo com as pesquisas científicas mostrando a sua potencialidade (MATYSIAK, 2011). As algas são utilizadas nas formas secas ou por meio de extratos, comercializadas em nível mundial como bioestimulantes. Efeitos positivos desses fertilizantes já foram verificados sobre o crescimento e desenvolvimento de plantas, obtendo-se aumento na parte aérea, maior atividade fotossintética, bom teor de nutrientes em relação à exigência nutricional e bom desenvolvimento das estruturas anatômicas (BRANT *et al.*, 2016). Vasto grupo de macroalgas representa fonte de diversas substâncias valiosas a partir do ponto de vista fisiológico, que, particularmente, auxiliam as plantas a se adaptarem às condições de estresse (KACZMAREK, 2011). Os extratos de algas contêm hormônios como citocininas, auxinas, giberelinas e alguns macronutrientes, como Ca, K, P, e micronutrientes como Fe, Cu, Zn, B, Mn, Co, Mo, necessários para o desenvolvimento e crescimento de plantas (KHAN *et al.*, 2009).

O mercado de macroalgas marinhas, nas últimas décadas, ganhou evidência impulsionada pela crescente solicitação das indústrias por ficocoloide, principalmente de ágar. No Brasil, o progresso tecnológico dos cultivos comerciais ainda é baixo, o que reflete na exploração dos muitos bancos naturais, principalmente na Região Nordeste. Neste momento, compreende-se a necessidade de buscar novas alternativas de viabilizar o cultivo de macroalgas, principalmente em regiões próximas a centros urbanos onde existe mão de obra acessível, sem criar conflitos de uso do recinto marinho com outras atividades, como o turismo (SALLES, 2006). O granulado bioclástico, além de sua utilização como fertilizante, também tem sido empregado como suplemento de ração animal, nutrição humana, farmacologia/cosmética, biotecnologia e, ainda, como filtro para tratamento de água e esgotos domésticos e industriais (CHAVES *et al.*, 2010).

3.3. *Lithothamnion calcareum*

O *Lithothamnium* é constituído por algas calcárias compostas basicamente por carbonato de cálcio e magnésio, contendo, ainda, mais de 20 oligoelementos, presentes em quantidades variáveis, tais como Fe, Mn, B, Ni, Cu, Zn, Mo, Se (KERIN Citador por Da Silva *et al.*, 2021). As principais características que potencializam a atuação deste produto são atribuídas à disponibilidade dos micronutrientes que se encontram adsorvidos nas paredes celulares, sendo, assim, facilmente assimiláveis pelas plantas e animais e a elevada porosidade das algas, que resulta em maior superfície específica de atuação no solo (DIAS, 2000).

O cálcio intervém na constituição das paredes celulares, na neutralização dos ácidos orgânicos, na resistência dos tecidos e no desenvolvimento do sistema radicular das plantas, além de melhorar a resistência de cascas de frutos e grãos. Também contribui para o melhoramento físico, químico e biológico do solo, além de corrigir o pH e melhorar a disponibilidade do fósforo (APARECIDA, 2010).

Em sua formulação, ocorre também a presença de ácido aspártico, a lisina, a prolina e o ácido glutâmico, na fração nitrogenada orgânica (MELO *et al.*, 2003). Em muitos países, principalmente no continente europeu, é utilizada há muitos anos substituindo o calcário na correção do pH do solo, permitindo uma melhor absorção de nutrientes disponíveis no solo sob formas insolúveis, principalmente o fosfato e potássio. Em função do pouco conhecimento existente naquele período, era utilizado como calcário.

O cálcio, aplicado como suplemento da adubação convencional, será capaz de fornecer, por meio de sua composição, mais de 50 elementos, macro e micronutrientes, terras raras e oligoelementos, estimulando um rápido crescimento e desenvolvimento vegetal. Desta forma, é capaz de gerar aumento de produtividade, mesmo com a redução a uma variação na dose de 10 até 35%, nas mais diversas culturas, além de acelerar o desenvolvimento de ramos jovens, favorecendo a fruticultura, produção de mudas e cafeicultura, dentre outros setores agrícolas. Sua absorção é melhor via foliar, pois, nesta via de aplicação, ele forma uma película envoltória nas folhas que induz a diminuição de incidência de entofitopatógenos, como exemplo, a ferrugem-da-soja (MELO, 2003).

Lithothamnium calcareum, associado a outros bioestimulantes, proporcionou resultados satisfatórios no desempenho da cultura da banana, principalmente pelo aumento de 4,032 toneladas/ha⁻¹ (CAMPOS *et al.*, 2022). A utilização da alga *Lithothamnium calcareum* como fonte de Ca evidenciou aumento da produção quando associada com a aplicação de 25 kg ha⁻¹ de Mg via MgSO⁴ e quando a fonte de K foi K²SO⁴ (RODRIGUES NETO *et al.*, 2021). Observou-se que a alga *Lithothamnium calcareum* tem influência na produtividade e características tecnológicas da cana-de-açúcar. Plantas irrigadas e adubadas com 200 kg ha⁻¹ de lithothamnium e 330 m³ ha⁻¹ de vinhaça apresentaram os melhores resultados (RODRIGUES *et al.*, 2017). Pesquisas com lithothamnium sobre a utilização como fonte de nutrição de plantas indicam que o uso do fertilizante contribuiu para o aumento em crescimento e produtividade de culturas como o maracujazeiro-amarelo (MENDOÇA *et al.*, 2006), maracujazeiro-doce

(SOUZA *et al.*, 2007), tangerina (CRUZ *et al.*, 2008), mamoeiro (HAFLE *et al.*, 2009) e soja (MARCHI, 2022).

É considerada uma alga vermelha, que precipita nas paredes celulares carbonato de cálcio e magnésio sob forma de cristais de calcita (SARTORI *et al.*, 2017). Pode ser utilizada na agricultura como alternativa de fontes de cálcio e magnésio, onde estes nutrientes, em particular nesta macroalga vermelha, são acumulados em seu esqueleto (BETTINI, 2015).

3.4. *Ascophyllum nodosum*

A alga *Ascophyllum nodosum* é marrom, grande e possui talos marrom-oliva, mas podem parecer amarelados. É uma espécie comum entre marés na periferia do Oceano Atlântico Norte. É particularmente comum na costa noroeste da Europa, incluindo o leste da Groenlândia, Islândia e a costa nordeste da América do Norte. Devido à presença de muitos componentes bioativos, sua biomassa colhida é um recurso explorado para uso em produtos como alimentos, fertilizantes, condicionadores de solo, bioestimulantes e ração animal (PEREIRA *et al.*, 2020). Inicialmente, era aplicada ao solo em sua forma natural como fonte de matéria orgânica (SILVA *et al.*, 2010).

Os extratos de *Ascophyllum nodosum* podem ser aplicados diretamente na planta, ocasionando alterações nos processos hormonais e estruturais, com a finalidade de promover a produção e melhorar a qualidade e a colheita. Por meio dessas substâncias, há uma intervenção em alguns processos como germinação, enraizamento, florescimento, frutificação e senescência. Os principais grupos hormonais induzidos pelos extratos de algas são auxinas, giberelinas, citocininas, etileno, ácido abscísico, brassinosteroides, jasmonatos, salicilatos e poliaminas (POLLES, 2018).

Dentre as algas já estudadas, *Ascophyllum nodosum* é considerada uma das mais ativas biologicamente, tendo, em sua composição, macro e micronutrientes, além de um conjunto de compostos orgânicos que podem ser utilizados na agricultura, expressando importantes efeitos no crescimento e desenvolvimento das plantas. Atuando na divisão celular e na síntese de proteínas, estes componentes mantêm a integridade das membranas celulares por ter na sua composição, e estimulam os mecanismos de defesa natural das plantas, tornando-as mais resistentes aos ataques de pragas e doenças (AGRITEC, 2009). Estresses abióticos e bióticos limitam o crescimento e a produtividade das plantas. Para minimizar o uso de química na

agricultura, extratos de *Ascophyllum nodosum* têm sido explorados por sua capacidade de melhorar o crescimento das plantas e a produtividade agrícola (SHUKLA *et al.*, 2019).

Arioli (2021) realizando pesquisa com extratos de algas marinhas aplicado por irrigação por gotejamento subsuperficial na cultura da cana-de-açúcar, relata em seu trabalho melhoria na produtividade da cana-de-açúcar em média 17% (rendimento de cana, rendimento de açúcar) e aumentando em retorno do produtor em 18% ou U\$ 1.158 há⁻¹. A utilização de extratos de algas mitigou os efeitos negativos do estresse hídrico e aumentou a produtividade de colmos de cana-de-açúcar por hectare em até 3,08 mg ha⁻¹, aumentando o acúmulo de sacarose no colmo, e o rendimento de açúcar de 3,4 kg Mg⁻¹) por hectare. Promove diminuição nos níveis de reserva de carboidratos nas folhas e um aumento nos açúcares totais e aumento de biomassa (JACOMASSI, 2021). Rinaldi *et al.* (2021), investigaram a capacidade de um extrato aquoso de *Ascophyllum nodosum* de na redução da densidade populacional de *Meloidogyne javanica* na eclosão de ovos na cultura da soja e in vitro. O uso do extrato também ofereceu potencial para o aumento da atividade de enzimas relacionadas à defesa da planta em relação ao controle inoculado e não tratado e ao controle não inoculado e não tratado.

3.5. *Hypnea musciformis*

O gênero *Hypnea* foi descrito por Lamouroux (1813) que se baseou em seis espécies, do tipo *H. musciformis* (Wulfen) J. V. Lamouroux (Kylin 1930, Papenfuss 1968). O gênero *Hypnea* compreende aproximadamente 67 espécies apresentando tamanho de talo que varia de 3 a 50 cm dependendo do táxon e está distribuído nas regiões tropicais e subtropicais. *Hypnea musciformis* é uma das representantes das algas vermelhas com ampla distribuição no litoral brasileiro e grande interesse econômico.

A ficoeritrina é o pigmento que confere a coloração avermelhada as rodofíceas. Apresentam clorofilas A e D, além dos pigmentos acessórios aloficocianina e ficocianina, que se encontram-se presentes nos tilacóides não empilhados, assim como pigmentos fotoprotetores (carotenoides). Apresentam talos ricos em polissacarídeos sulfatados, conhecidos como koarragenana, características comumente encontradas nas rodofíceas (NAUER *et al.*, 2015). A composição química das algas vermelhas consiste em: materiais inorgânicos, carboidratos, que são os principais componentes desses organismos, traços de lipídios, maior teor proteico, além de algumas espécies apresentarem conteúdo de fibras elevado (SIDDIQUI; VASCONCELOS; GONÇALVES, 2013).

A exploração de algas vermelhas tornou-se uma atividade importante nos últimos anos, pois a maioria dos gêneros das espécies algas vermelhas (*Eucheuma*, *Gracilaria*, *Hypnea*, *Kappaphycus*) são destinadas para a produção de alimentos humanos, assim como para a extração de ágar e carragenana, substâncias gelatinosas de grande importância comercial, usados na produção de aditivos alimentares (PEREIRA *et al.*, 2013). Esse polissacarídeo sulfatado presente na parede celular dessas macroalgas configura o seu potencial econômico no litoral brasileiro pela utilização nas indústrias alimentícias e suas diversas aplicações, o que resulta em uma maior motivação para maricultura e caracterização bioquímica e farmacológica do ficocolóide de *H. musciformis* (MUÑOZ, 2011). Sua distribuição no litoral brasileiro ocorre em marés calmas e rasas, outros pontos de encontro dessas algas são os recifes, rochas, costas, estuários que vai desde litoral do Rio Grande do Sul até o litoral do Estado do Maranhão (NUNES *et al.*, 2013), essa espécie tolera uma ampla gama de temperaturas da água, salinidades e intensidades de luz (YOKOYA; OLIVEIRA, 1992).

Estudo anterior analisou o efeito do fertilizante líquido de algas marinhas (SLF) de *Gracilaria textorii* e *Hypnea musciformis* em sementes germinação crescimento e parâmetros de rendimento, como número de folhas, peso dos frutos em plantas cultivadas como berinjela, Tomate e Chilly foram examinados. O extrato de algas, mostrou-se eficaz em aumentar o crescimento e rendimento nas concentrações do fertilizante líquido (1:4 e 1:6) se comparado ao controle com concentração de 1:2 (RAO *et al.*, 2014).

3.6. Uso de extratos de algas na cana-de-açúcar

A aplicação de algas marinhas como bioestimulantes em cana-de-açúcar tem sido enfoque de recentes trabalhos, em que destacam-se Maradiaga *et al.* (2018), Gomathi *et al.* (2017), Karthikeyan e Sahn mugam (2017), Singh *et al.* (2018) e Chen *et al.* (2019).

Maradiaga *et al.* (2018), estudando as características tecnológicas da cana-planta variedade RB 867515, adubada com doses de *Lithothamnium* e vinhaça, em cultivo com regime irrigado e de sequeiro, observaram que os tratamentos aplicados produziram efeitos significativos sobre a produtividade e características tecnológicas da cana-de-açúcar, sendo que as plantas irrigadas e adubadas com 200 kg ha⁻¹ de *Lithothamnium* e 330 m³ ha⁻¹ de vinhaça foram as que apresentaram os melhores resultados.

Gomathi *et al.* (2017) estudaram, em condições de campo, o uso de extrato de alga *Ascophyllum nodosum* via aplicação foliar em três períodos (30, 60 e 90 dias após plantio). As

variáveis mensuradas foram número de perfilho, área foliar, produção total de matéria seca e altura das plantas. Observou-se que todas as características foram influenciadas significativamente e de forma positiva, e os melhores resultados foram obtidos para a concentração de 1 ml L⁻¹.

Karthikeyan e Sahnugam (2017) avaliaram o efeito de *Kappaphycus alvarezii*, que é fonte de potássio, no crescimento e rendimento da variedade Co86032 por um período de três anos de cultivo. Durante o desenvolvimento da cultura, o bioestimulante 1% foi aplicado três vezes, sendo a primeira dose na fase de germinação (30 dias); a segunda dose, na brotação do perfilho (75° dia); e a última dose, na fase de construção do teor de açúcar (125 dias) em ambos os cultivos e três soqueiras consecutivas. O maior rendimento de cana obtido da planta tratada em relação ao controle foi de 24,90, 28,79, 20,47 e 26,16% a mais na safra-planta, 18, 2^a e 3^a soqueira, respectivamente. Os valores estatisticamente significativos em rendimento comercial de cana-de-açúcar, brix e pureza sugerem que a aplicação de algas marinhas leva à disponibilização de seu potássio natural, melhorando o rendimento da cultura. O efeito foi verificado nos três anos de produção, além da melhoria da qualidade de caldo devido à presença de compostos flavonoides e fenólicos que induziram a redução de contaminações fúngicas.

Singh *et al.* (2018), estudando extratos à base de alga marinha (*Kappaphycus alvarezii*), aplicados na concentração de 5% em pulverização foliar na cana-de-açúcar, juntamente com ureia, fosfato diamônico e cloreto de potássio, notaram aumento da produtividade da cana-planta (12,5%) e cana soca (8%). A aplicação do extrato, em adição à taxa recomendada de aplicação de fertilizantes, pode reduzir a diferença entre o rendimento potencial e real, que, de outro modo, exige a aplicação de incrementais insumos na forma de fertilizantes sintéticos para obter rendimentos semelhantes, confirmando a hipótese de que o uso de extratos à base de algas marinhas não só resulta em economia hipotética na aplicação incremental, mas também pode ser empregado para atingir rendimentos-alvo de forma sustentável.

Chen *et al.* (2019) realizaram pulverização foliar com extratos de algas marinhas de espécies não detalhadas. As características agrônômicas consideradas foram produtividade, teor de açúcar e tolerância à seca. Notou-se que o melhor rendimento para açúcar foi até 1.9 t.ha⁻¹, aumento da capacidade de retenção de água e o conteúdo de água das folhas da cana-de-açúcar, o que, conseqüentemente, levou à redução do risco de murcha ao escapar da seca, melhorando a capacidade de resistência a condições de déficit. Por outro lado, o teor de sacarose é a principal característica industrial avaliada para a cana-de-açúcar. Uma possibilidade de incremento está

na utilização de substâncias reguladoras de crescimento. Algas cultivadas nas águas costeiras do sudeste da China foram usadas como substrato para produção de extratos e pulverizadas na fase inicial de mudas, estágio de plântula e alongamento inicial, estágio de alongamento precoce e fase de maturação da cana-de-açúcar. O objetivo desse experimento foi avaliar o teor de açúcar, com pulverização constante de 3 L.ha⁻¹ diluída em água 100 vezes. Esses resultados indicaram que o aumento da sacarose ocorreu principalmente devido à aplicação do extrato na fase madura (CHEN *et al.*, 2021).

4. MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho foi realizado no Instituto Federal de Minas Gerais (IFMG) - *Campus Bambuí*- MG, na casa de vegetação do Núcleo de Agronomia, situada nas coordenadas geográficas latitude 20°02'13" S, longitude 46°00'34". A unidade experimental foi um vaso de 20 litros, preenchido com substrato formado por uma mistura de solo de barranco (60%), areia (30%) e esterco curtido (10%). Foi realizada a adubação de base com NPK, sendo que, para cada vaso, houve uma muda pré-brotada de cana-de-açúcar (Figura 1). Para o presente trabalho, foram utilizadas quatro variedades: RB966928, RB975201, RB975242 e IACCTC07-8044, as quais foram adquiridas no viveiro SPINAGRO - localizado na Rodovia Altino Arantes, km 64, Batatais-SP. A variedade RB966928 caracteriza-se pela sua precocidade (colheita entre abril - junho) e brotação de soqueira, recomendada para ambientes de produção com elevado potencial produtivo. Já RB975201 e RB975242 são variedades com ausência de florescimento, com colheita recomendada entre agosto e novembro, sendo a primeira com maior potencial produtivo e indicada para ambiente com elevado potencial produtivo, e a segunda, apresentando rusticidade e plantada em ambientes mais restritivos. A variedade IACCTC07-8044 é rica, com porte ereto e destaque para elevado potencial de brotação e perfilhamento. O período de colheita ocorre entre maio e julho.

O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, com três repetições, em um arranjo fatorial 4x3x2, isto é, quatro variedades, avaliadas para três doses de Algue® aplicado ao solo e duas doses de Biomax Nutri Plus ® aplicado via foliar, em duas aplicações. Vale ressaltar que, para o Algue®, que tem incorporação no solo, este procedimento foi conduzido no momento do preparo dos substratos. O experimento foi acompanhado por cerca de 140 dias e, ao longo do período (35, 70, 105 e 140 dias), variáveis biométricas foram coletadas. A variável utilizada foi a diferença entre a leitura final (140 dias) e a medida obtida no dia da instalação do experimento. Para testar os efeitos de variedade, os dois extratos de algas e as respectivas

interações, foi considerada a análise de variância (Teste F), a 5%. As análises foram conduzidas no software R (www.r-project.org) via pacote ExpDes. Para as situações em que ambos os extratos foram significativos, utilizou-se o pacote RSM para obtenção da superfície de resposta visando identificar a melhor combinação entre Algue® e Biomax.

Figura 1: Variedades em MPB



Fonte: Próprio Autor, 2022.

O preparo do substrato foi realizado seguindo-se as proporções: 60% de solo, 30% de areia; 10% de esterco curtido. Para se saber a quantidade exata, primeiramente, o balde foi pesado, totalizando 15 kg. Consequentemente, foi realizada a proporção, efetuando-se a mistura com 9 kg de solo, 4,5 kg de areia e 1,5 kg de esterco curtido.

O experimento foi implantado no dia 25 de fevereiro de 2022. A adubação de base foi realizada com o adubo NPK 08-28-16, seguindo-se os critérios da 5ª aproximação (RIBEIRO, 1999), sendo usadas 3,77 g do formulado por balde. Juntamente com a adubação de base, foi misturado o Auge® (*Lithothamnion calcareum*), nas dosagens de 300 kg os⁻¹ e 600 kg os⁻¹, sendo 2,11 g e 4,22 g em cada balde, respectivamente. O manejo de irrigação foi diário, aplicando-se 2,5 litros em cada vaso.

Figura 2: Experimento implantado



Fonte: Próprio Autor, 2022.

Figura 3: Implantação de MPB juntamente com mistura de Auge® (*Lithothamnion calcareum*) + NPK 08-28-16



Fonte: Próprio Autor, 2022.

Para a adubação foliar, foi utilizado o extrato Biomax Nitro Plus ® (*Hypnea musciformis* e *Ascophylum nodosum*). A aplicação foi via foliar, dividida em dois períodos, 18 e 72 dias após a implantação, e as concentrações utilizadas, 0 e 1%. Para a aplicação, empregou-se um pulverizador manual com capacidade de 1,5 litro. Para esse volume de água, foram usados 0 ml

(apenas água) e 15 ml de Biomax Nitro Plus ® (*Hypnea musciformis* e *Ascophylum nodosum*), representando as concentrações de 0% e 1,0%, respectivamente.

Figura 4: Aplicação de adubação foliar



Fonte: Próprio Autor, 2022.

Para as análises biométricas, foram consideradas as variáveis contagem de perfilhos, altura do colmo e diâmetro médio do colmo. A primeira foi feita de maneira direta, por meio da contagem deles; já a segunda foi obtida através das medições feitas desde a superfície do solo até a folha +1, com o auxílio de trena. Por fim, o diâmetro médio do colmo foi mensurado por meio de um paquímetro, com base na medição acima de 20 cm do solo, expresso em milímetros. As medidas de altura e diâmetro foram conduzidas no mesmo colmo.

Figura 5: Realizando a medida de diâmetro do colmo principal com paquímetro



Fonte: Próprio Autor, 2022.

Figura 6: Realizando a medida de diâmetro de folhas com paquímetro



Fonte: Próprio Autor, 2022.

Figura 7: Realizando a medida da altura do colmo principal com trena



Fonte: Próprio Autor, 2022.

Figura 8: Realizando a medida da altura do colmo principal com trena



Fonte: Próprio Autor, 2022.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Altura do colmo

Os resultados da análise variância indicaram interação tripla, em que os dois produtos produziram respostas distintas entre as diferentes variedades de cana-de-açúcar. O coeficiente de variação foi de 15,66%.

Na Tabela 2, observa-se a diferença entre variedades em função das combinações de doses de Algue® e Biomax Nitro Plus ®. Para a ausência dos dois produtos, a variedade que apresentou maior ganho de colmo foi IACCTC07-8044, diferenciando-se das demais. Para a condição em que foram adicionados 300 kg.ha⁻¹ Algue®, ocorreu uma alteração na classificação das médias, em comparação com o primeiro cenário, isto é, a variedade RB966928 revelou maior crescimento do colmo, seguida por IACCTC07-8044 e um terceiro grupo formado por RB975201 e RB975242. Para as plantas adubadas com 600 kg.ha⁻¹ de Algue®, com ausência de pulverização do produto Biomax Nitro Plus ®, destacaram-se a variedade IACCTC07-8044, seguida por RB966928. Novamente, RB975201 e RB975242 apresentam-se inferiores às duas primeiras variedades.

Ao considerar a pulverização de Biomax Nitro Plus ® a 1%, notou-se que, na ausência de Algue®, as variedades com maior altura foram RB966928, IACCTC07-8044, resultados estatisticamente distintos daqueles observados por RB975242 e RB975201. Para as situações de presença de Algue®, tanto na dose intermediária (300 Kg.ha⁻¹) quanto na dose máxima de Algue® (600 Kg.ha⁻¹), as variedades RB966928, IACCTC07-8044 e RB975242 apresentaram maior média, diferenciando-se de RB975201. O composto majoritário do produto Algue® é o *Lithothamnium*, cujo efeito positivo pode ser devido à origem orgânica, resultando na formação de quelatos, proporcionando maior absorção de nutrientes do solo pela planta (Evangalista *et al.*, 2015). Além de fatores pertinentes à formulação, faz-se necessário entender o modo de ação dessas substâncias quando aplicadas em um vegetal, tendo em vista que os compostos das algas são, em sua maioria, metabólitos secundários, ou seja, essas substâncias são ativadas por gatilhos ambientais externos, ocorrem em concentrações diferentes em plantas e até mesmo em tecidos e órgãos de um único vegetal (RODRIGUES *et al.*, 2018).

Segundo Dechen *et al.* (2007), a adubação com a alga *Lithothamnium* pode contribuir para a formação de um maior número de raízes secundárias, devido às melhores condições nutricionais proporcionadas pelo insumo. Sendo assim, pode-se afirmar que os resultados observados no presente estudo podem ser justificados pela composição do produto, incluindo

uma alga calcária marinha com alto teor de cálcio, nutriente essencial para o crescimento de meristemas e requerido pela planta para o alongamento e divisão celular. Desta forma, a absorção do cálcio presente na alga beneficia o crescimento e funcionamento dos ápices radiculares, sendo que, na ausência do suprimento exógeno, o crescimento radicular cessa em poucas horas.

Em alguns trabalhos sobre o tema, como no de Melo & Furtini Neto (2003), observa-se que os benefícios da alga *Lithothamnium* spp. podem estar relacionados ao fato de este insumo elevar os teores de cálcio e magnésio, aumentar o pH e saturação por bases do solo e reduzir a saturação por alumínio, podendo ser utilizado como corretivo para promover melhores condições de nutrição, crescimento e produção. Porém, ainda há pouca informação sobre o uso deste biofertilizante e sua influência no crescimento inicial e desenvolvimento das culturas.

Outra interpretação para o experimento consiste na identificação das doses ideais dos biofertilizantes para cada variedade. Para IACCTC07-8044, a combinação que maximizou a altura do colmo foi Algue® 600 kg.ha⁻¹ sem a pulverização de Biomax Nitro Plus ®. Já para RB966928, a melhor combinação obtida foi ausência de Biomax Nitro Plus ® e presença de Algue® na dose 300 kg.ha⁻¹. Por outro lado, notou-se que RB975252 não apresentou efeito significativo para aplicação de Algue®; contudo, respondeu para a dose máxima de Biomax Nitro Plus ® a 1%. Para RB975201, o efeito de ambos os biofertilizantes não foi significativo. Segundo Fernandes *et al.* (2011), vários trabalhos na literatura demonstram que produtos à base de algas apresentam importantes funções na planta, das quais se destacam a atividade citocínica, a atividade auxínica (controle do crescimento do caule), a atividade giberelínica (elasticidade e plasticidade da célula). Autores como Reiber e Nueman (1999) e Zhang e Schimidt (2000) descreveram o extrato de alga como sendo uma fonte natural de citocininas, classe de hormônios vegetais que promovem a divisão celular e aumento do desenvolvimento vegetativo.

Ao contextualizar os resultados aqui obtidos com os apresentados na literatura, nota-se que o efeito da pulverização de produtos à base de extratos de algas marinhas para a variedade RB975242 corrobora os resultados realizados por De Chen (2021), com desempenho na promoção de crescimento da cultura da cana-de-açúcar, e também os de De Oliveira *et al.* (2018), que utilizaram a variedade RB867515. Já os resultados da altura de colmo das variedades IACCTC07-8044 e RB966928 confirmam os resultados apresentados por Rodriguez

et al. (2018), indicando um incremento na produtividade do colmo da variedade RB867515 de cana-de-açúcar.

Tabela 1 - Quadrado da análise de variância para altura do colmo das variedades de cana-de-açúcar. Bambuí-MG, 2023.

	GL	SQ	QM	F	Pr>F
Cultivar	3	1,87556	0,62519	39,7540	4,651e-13 ***
<i>Algue</i> ®	2	0,03281	0,01640	1,0431	0,36021
Biomax Nitro plus ® 26	1	0,00720	0,00720	0,4578	0,50189
Cultivar x <i>Algue</i>	6	0,14188	0,02365	1,5036	0,19722
Cultivar x Biomax	3	0,16919	0,05640	3,5861	0,02029 *
<i>Algue</i> x Biomax	2	0,11001	0,05500	3,4976	0,03819 *
Cultivar x <i>Algue</i> x Biomax	6	0,73284	0,12214	7,7665	7,262e-06***
Resíduo	48	0,75487	0,01573		
Cv = 15,66 %					

Fonte: Próprio Autor, 2023.

Tabela 2- Avaliação do comprimento de colmo das variedades de cana-de-açúcar em condições de casa de vegetação, tratadas com Biomax Nitro Plus ® e *Algue*®. ¹ Médias com a mesma letra na coluna não se diferem estatisticamente segundo o teste de Tukey (5%).

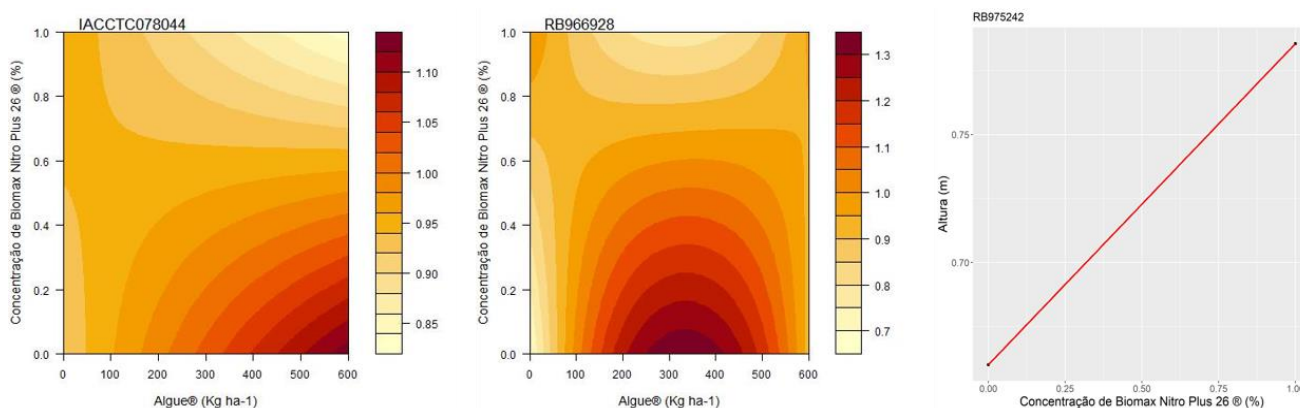
Variedade	Biomax Nitro Plus ® 0					
	<i>Algue</i> ® 0		<i>Algue</i> ® 300 Kg.ha ⁻¹		<i>Algue</i> ® 600 Kg.ha ⁻¹	
IACCTC07-8044	0,97	a	0,94	b	1,18	a
RB966928	0,68	b	1,34	a	0,93	b
RB975201	0,57	b	0,46	c	0,70	c
RB975242	0,70	b	0,63	c	0,65	c

Biomax Nitro Plus ® 1%

RB966928	1,00	a	0,77	a	0,96	a
IACCTC07-8044	0,92	a	0,97	a	0,79	a
RB975242	0,76	b	0,86	a	0,74	a
RB975201	0,57	b	0,60	b	0,55	b

Fonte: Próprio Autor, 2023.

Figura 8 - Resposta da altura de colmo das variedades de cana-de-açúcar tratadas com Algue® e Biomax Nitro Plus ®. Bambuí-MG, 2023.



Fonte: Próprio autor, 2023.

5.2. Diâmetro de colmo

Ao considerar a interpretação do quadro de análise de variância (Tabela 3) para a variável diâmetro de colmo, nota-se que não existem interações significativas para quaisquer combinações deles, evidenciando, assim, a independência dos fatores. As únicas fontes de variações significativas foram Biomax Nitro Plus ® e efeito das variedades.

Ao considerar a diferença entre as variedades, nota-se que RB975201 apresentou diâmetro estatisticamente inferior em relação às demais variedades (Tabela 4). Segundo Landell e Silva (2004), os atributos de produção determinantes para a formação do potencial agrícola são: altura de colmo (h), número de perfilhos (C) e diâmetro de colmos (d). Por outro lado, o efeito de Biomax Nitro Plus® foi significativo e explicado por uma regressão linear. Neste caso, a biofertilização favoreceu, em média, um aumento do diâmetro dos colmos, independentemente da variedade considerada.

Carvalho (2013), avaliando os efeitos do extrato de *Ascophyllum nodosum*, um dos componentes do produto Biomax Nitro Plus ®, sobre o desenvolvimento e produção de cultivos de milho, encontrou os maiores valores, porém estatisticamente iguais entre a testemunha e os

demais tratamentos. O autor também observou que os tratamentos que apresentaram menores médias foram aqueles compostos pelas maiores concentrações do extrato da alga.

Conforme Kurepin; Zaman e Pharis (2014), bioestimulantes produzidos a partir de extratos de algas são influenciadores ativos de crescimento devido à sua capacidade de produzir ou interagir com fito-hormônios. Nota-se o aumento do diâmetro de colmo, corroborando os trabalhos realizados com espécies da mesma família.

Tabela 3 Quadro da análise de variância para ganho no diâmetro do colmo. Bambuí- MG, 2023.

	GL	SQ	QM	F	Pr>F
Cultivar	3	5,6724	1,89081	28,9612	7,749e-11***
<i>Algue</i> ®	2	0,0040	0,00202	0,0309	0,96958
Biomax Nitro Plus ®	1	0,4481	0,44809	6,8633	0,01174 *
Cultivar x <i>Algue</i>	6	0,3150	0,05250	0,8042	0,57166
Cultivar x Biomax	3	0,3076	0,10253	1,5705	0,20872
<i>Algue</i> x Biomax	2	0,1395	0,06973	1,0680	0,35172
Cultivar x <i>Algue</i> x Biomax	6	0,5815	0,09692	1,4845	0,20361
Resíduo	48	3,1338	0,06529		
CV =25,99 %					

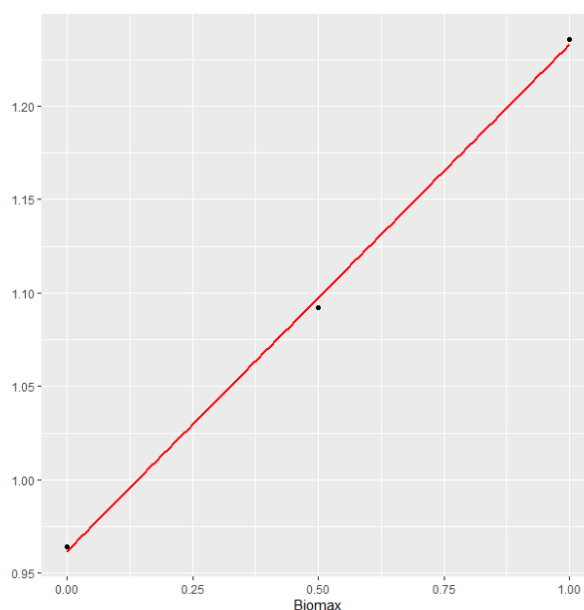
Fonte: Próprio Autor, 2023.

Tabela 4 – Médias do comprimento de colmo das variedades de cana-de-açúcar em condições de casa de vegetação, tratadas com Biomax Nitro Plus ® e Algue®. ¹Médias com a mesma letra na coluna não se diferem estatisticamente segundo Skott Knott (5%).

Variedade	Diâmetro	Skott Knott
RB975242	1,21	A
RB966928	1,12	A
IACCTC07-8044	1,10	A
RB975201	0,50	B

Fonte: Próprio Autor, 2023.

Figura 9 Diâmetro de colmo das variedades de cana-de-açúcar tratadas com Algue® e Biomax Nitro Plus ®. Bambuí-MG, 2023.



Fonte: Próprio autor, 2023.

5.3. Número de perfilhos

Considerando que a variável número de perfilhos tem natureza discreta, o que é uma restrição para o teste F, pois as pressuposições necessárias são violadas, buscou-se, inicialmente, uma transformação de dados que melhor os ajustasse. O procedimento utilizado foi a transformação de Box-Cox, sendo a transformação recomendada $z = 1/\text{raiz}(y+1)$, em que y é o número de perfilho para cada parcela. Esta transformação forneceu um coeficiente de

variação de 6,85%. Da mesma forma que observado para altura de colmo, foi identificada a presença de interação tripla significativa.

A presença da interação tripla está detalhada na Figura 10, isto é, apresentam-se as combinações de Algue® e Biomax Nitro Plus®, que maximizaram o perfilhamento. Ressalta-se que, dentre as quatro variedades, apenas duas (IACCTC07-8044 e RB966928) foram responsivas aos biofertilizantes. Para a variedade IACCTC07-8044, a combinação que revelou melhor perfilhamento foi a dose máxima dos dois produtos. Já para a variedade RB966928, a combinação que maximizou o perfilhamento está na ausência Algue® e dose máxima de Biomax Nitro Plus ®. Os extratos de algas marinhas têm muitos benefícios de crescimento quando aplicados às plantas. No entanto, eles são, principalmente, devido à sua característica estimulante, que provoca uma cascata de reações dentro da planta, levando, assim, ao crescimento geral (ALI *et al.*, 2021). Chen *et al.* (2021), conduzindo experimento com cana-de-açúcar em campo, por três anos (cana-planta, cana soca e ressoca) (2017 a 2019), em duas áreas (Suixi e Wengyuan) da China, investigaram o rendimento em resposta ao tratamento com extratos de algas em diferentes estágios de crescimento. Os resultados mostraram que a pulverização de extratos de algas uma vez nos estádios de plântula, alongação precoce e maturação precoce, respectivamente, aumentou a produtividade, indicando que a aplicação de extratos de algas na fase inicial teve um papel vital na promoção do crescimento da cana-de-açúcar.

Para Deshmukh *et al.* (2013), realizando experimento com cana-de-açúcar, a proporção de perfilhos foi maior com a aplicação foliar de 1500 g ha⁻¹ de extrato de alga. Achados semelhantes também foram relatados por Sunarpi *et al.* (2010) para a cultura do arroz. A eficácia das algas para a promoção de perfilhamento, junto com a nutrição, pode resultar em aumento da produtividade da cana-de-açúcar (DESHUMUKH *et al.*, 2013). Segundo Santos *et al.* (2019), o efeito promovido pela aplicação do extrato de *Ascophyllum nodosum* pode estar associado à sua constituição química e à concentração utilizada, pois ele contém uma diversidade de componentes, como macro e micronutrientes e reguladores de crescimento. Assim, dependendo da concentração aplicada, podem promover efeitos diretos e indiretos sobre o crescimento vegetal.

Os resultados indicam respostas de duas variedades, IACCTC07-8044 e RB966928, ao biofertilizante Biomax Nitro Plus ®. Em contrapartida, no trabalho realizado por Santos (2019a) com extratos de algas em cultivares RB975952 e RB-855156, sob resultados de número

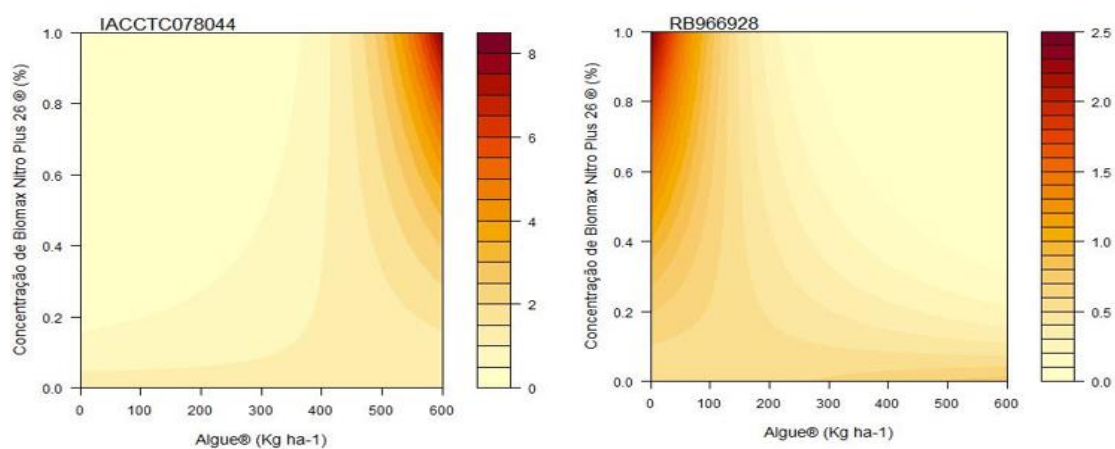
de folhas verdes no perfilho principal, altura de plantas no perfilho principal e número de perfilho na touceira, não houve diferença significativa.

Tabela 5 Quadro da análise de variância para número de perfilhos nas variedades de cana-de-açúcar. Bambuí- MG, 2023.

	GL	SQ	QM	Teste F	Pr>F
Cultivar	3	0,165603	0,055201	9,4320	522e-05 ***
<i>Algue</i> ®	2	0,000935	0,000468	0,0799	0,923338
Biomax Nitro Plus®	1	0,000896	0,000896	0,1531	0,697296
Cultivar x <i>Algue</i>	6	0,113240	0,018873	3,2248	0,009635**
Cultivar x Biomax	3	0,075095	0,025032	4,2771	0,009367**
<i>Algue</i> x Biomax	2	0,040620	0,020310	3,4703	0,039115 *
Cultivar x <i>Algue</i> x Biomax	6	0,095774	0,015962	2,7274	0,023198 *
Resíduo	48	0,280923	0,005853		
CV = 6,85 %					

Fonte: Próprio Autor, 2023.

Figura 10 Superfície de resposta do número de perfilhos em função de combinações de Lithothamnium e Biomax. Bambuí, 2023.



6. CONCLUSÕES

Com a realização das análises biométricas, permitiu-se identificar o efeito dos biofertilizantes nas diferentes variedades. Houve interação tripla dificultando a interpretação dos resultados, pois as doses ideais variaram em função tanto da variedade quanto da variável considerada.

Considerando as situações em que existiu efeito significativo, as variedades IACCTC07-8044 e RB966928 tenderam a apresentar maior resposta aos biofertilizantes (Figuras 8 e 10). Consequentemente, RB975201 apresentou menor resposta à aplicação de Algue® e Biomax Nutri Plus ®.

Ao observar os resultados por variáveis, conclui-se que, para altura de colmo, a presença de Algue® favoreceu as variedades IACCTC07-8044 e RB966928; já Biomax Nutri Plus ® favoreceu RB975242. Contudo, para diâmetro e número de perfilhos, Biomax Nutri Plus ® se torna o biofertilizante com melhor resposta.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALI, O.; RAMSUBHAG, A.; JAYARAMAN, J. **Biostimulant Properties of Seaweed Extracts in Plants: Implications towards Sustainable Crop Production**. *Plants*, 2021. V. 10, P. 531.

APTA, Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios do Estado de São Paulo. IAC lança três variedades de cana selecionadas em Goiás. **APTA SP**, 2017. Disponível em: <<http://www.apta.sp.gov.br/noticias/iac-lana-trs-variedades-de-cana-selecionadas-em-gois>> . Acesso em: 29 jan. 2023.

ARIOLI, Tony *et al.* **Effect of applications of seaweed extract on sugarcane yield in Australia. In: Proceedings of the Australian Society of Sugar Cane Technologists**. 2021. p. 637-644.

ARNON, D. I. Copper enzymes in isolated chloroplasts: polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. **Plant Physiology**, v. 24, n. 1, p. 1-15, 1949.

BACKES, C.; BÔAS, R. L. V.; SANTOS, A. J. M.; RIBON, A. A.; BARDIVIESSO, D. M. **Aplicação foliar de extrato de alga na cultura da batata. Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia-MS, v. 4, n. 4, p. 53-57, out./dez. 2017.

BETTINI, M. de O. **Aplicação de extratos de algas marinhas em cafeeiro sob deficiência hídrica e estresse salino 2015**. 194 f. Tese (Doutorado em Agronomia). Faculdade de Ciências Agrônomicas da Universidade Estadual Paulista, Botucatu

BRANT, L. A. C. **Extrato de algas marinhas no crescimento de bananeira cv. Prata-Anã na fase de aclimatização**. (2016.), 51 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2016.

CAMPOS, Matheus Pena *et al.* **Análise econômica de manejos de adubação de bananeira' Prata-Anã' Gorutuba**. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 44, 2022

CARNEIRO, Monalisa Sampaio *et al.* **RB975242 and RB975201-Late maturation sugarcane varieties. Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 16, p. 365- 370, 2016.

CARVALHO, Marcia Eugenia Amaral; CASTRO, Paulo Roberto de Camargo. **Extratos de algas e suas aplicações na agricultura**. 2014.

CHAVES, F.; BENVINDO, A.; CASTILHOS, Z. C. **Agrominerais para o Brasil**. 3. ed. Rio de Janeiro, 32 p. 2010.

CHEN, Diwen *et al.* **Efeitos dos extratos de algas marinhas na promoção do crescimento e na melhoria da resistência ao estresse em cana-de-açúcar**. Pesquisa Agrícola Asiática, v. 11, n. 1812-2019-3316, p.69-76, 2019.

CHEN, Diwen *et al.* Efeitos dos Extratos de Algas Marinhas no Crescimento, Atividade Fisiológica, Rendimento da Cana e Conteúdo de Sacarose da Cana-de-Açúcar na China. **Frontiers in Plant Science**, v. 12, p. 865, 2021.

CHEN, Diwen *et al.* **Effects of Seaweed Extracts on the Growth, Physiological Activity, Cane Yield and Sucrose Content of Sugarcane in China**. **Frontiers in Plant Science**, v. 12, p. 865, 2021.

CONAB, Companhia Brasileira de Abastecimento. Boletim da Safra de cana-de-açúcar, 4º levantamento, Safra 2021-22. **Conab**, 2022. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cana/boletim-da-safra-de-cana-de-acucar>> Acesso em: 30 nov. 2022.

CONAB-Companhia Nacional de Abastecimento. 2023. **Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar, safra 2022/23, primeiro levantamento**. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras>. Acesso 08 abri. 2023.

CURSI, Danilo Eduardo *et al.* **History and current status of sugarcane breeding, germplasm development and molecular genetics in Brazil**. Sugar Tech, p. 1-22, 2021.

DA SILVA, Antonia Almeida *et al.* **Potassium Supplementation Promotes Osmotic Adjustment and Increases Water Use Efficiency in Sugarcane Under Water Deficit**. Sugar Tech, p. 1-10, 2021.

DE PAULA, A. C. C.F. F. *et al.* Characterization and hypoglycemic effect of B glucanin different parts of *Rhynchelytrum repens*(Willd) C. E. Hubb, Poaceae. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**. Ribeirão Preto-SP, v. 38, p. 885-893, 2005.

DE SAEGER, Jonas *et al.* **Toward the molecular understanding of the action mechanism of *Ascophyllum nodosum* extracts on plants**. Journal of Applied Phycology, v. 32, n. 1, p. 573-597, 2020.

DIAS, Gilberto. **Granulados bioclásticos: algas calcárias**. Revista Brasileira de Geofísica, v. 18, p. 307-318, 2000.

- ERTANI, Andrea *et al.* **Evaluation of seaweed extracts from *Laminaria* and *Ascophyllum nodosum* spp. as biostimulants in *Zea mays* L. using a combination of chemical, biochemical and morphological approaches.** *Frontiers in Plant Science*, v. 9, p. 428, 2018.
- GOMATHI, R.; KOHILA, S.; RAMACHANDIRAN, K.; **Evaluating the Effect of Seaweed Formulations on the Quality and Yield of Sugarcane.** *Madras Agric. J.*, 104 (4-6): 161-165, June 2017.
- JACOMASSI, Lucas Moraes. **Seaweed extract-based biostimulant as drought mitigation in sugarcane.** 2021.
- KARTHIKEYAN, K.; SHANMUGAM, M. **The effect of potassium-rich biostimulant from seaweed *Kappaphycus alvarezii* on yield and quality of cane and cane juice of sugarcane var. Co 86032 under plantation and ratoon crops.** *Journal of Applied Phycology*, v. 29, n. 6, p. 3245-3252, 2017.
- KHAN, W. *et al.* **Seaweed extracts as biostimulants of plant growth and development.** *Journal of Plant Growth Regulation*, Dordrecht, v. 28, n. 4, p. 386-399, 2009.
- LANDELL, M. G. A., CAMPANA, M. P., FIGUEIREDO, P. **Sistema de multiplicação de cana de açúcar com o uso de mudas pré-brotadas (MPB), oriundas de gemas individualizadas.** Instituto Agrônômico, 2012. 16p. (Documentos IAC, n. 109).
- LANDELL, M. G. A.; BRESSIANI, J. A. **Melhoramento genético, caracterização e manejo varietal.** In: DINARDO-MIRANDA, L.; VASCONCELOS, A. C. M. de; LANDELL, M. G. A.(Org.). *Cana-de-açúcar*. Campinas: Instituto Agrônômico, 2010. p.101-156.
- LYN, J. Y.; TANG, C. Y. Determinação do conteúdo total de fenólicos e flavonoides em frutas e vegetais selecionados, bem como seus efeitos estimuladores na proliferação de esplenócitos em camundongos. **Food Chemistry**, v. 101, p. 140-147. 2007.
- MATYSIAK, K.; KACZMAREK, S.; KRAWCZYK, R. **Influence of seaweed extracts and mixture of humic and fulvic acids on germination and growth of *Zea mays* L.** *Acta Scientiarum Polonorum*, Lublin, v. 10, n. 1, p. 33-45, 2011.
- MELO, Paulo César de; FURTINI NETO, Antônio Eduardo. **Avaliação do *Lithothamnium* como corretivo da acidez do solo e fonte de nutrientes para o feijoeiro.** *Ciência e Agrotecnologia*, v. 27, p. 508-519, 2003.

NORONHA, Rafael Henrique de Freitas. **Plantio de mudas pré brotadas (MPB) de cana de açúcar em sistemas de manejo conservacionista de solo.** UNESP 2018.

PEREIRA, Leonel *et al.* **A concise review of the brow macroalga *Ascophyllum nodosum* (Linnaeus) Le Jolis.** Journal off Applied Phycology, v. 32, n. 6, p. 3561-3584, 2020.

RIBEIRO, Antonio Carlos. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5. Aproximação.** Comissão de fertilidade do solo do estado de Minas Gerais, 1999.

RINALDI, Luanna Karoline *et al.* **Control of *Meloidogyne javanica* and induction of resistance-associated enzymes in soybean by extracts of *Ascophyllum nodosum*.** Journal of Applied Phycology, v. 33, n. 4, p. 2655-2666, 2021.

RODRIGUES NETO, João *et al.* **Potassium sources and calcium and magnesium doses in carrot crop fertilization.** Horticultura Brasileira, v. 39, p. 127-132, 2021.

RODRIGUEZ, Walter Danilo Maradiaga *et al.* **Viabilidade técnica e econômica do uso de lithothamnium e vinhaça associado à irrigação na cana-de-açúcar.** 2018..

SACCOMORI, Natalia Landskron *et al.* **Bioestimulantes à base de extrato de algas marinhas na agricultura: estado da arte e potencial de uso.** 2021. Trabalho de Conclusão de Curso.

SALLES, José Pedrassoli *et al.* **Potencial de cultivo de *Gracilaria cornea* (Rhodophyta) em módulos submersos afastados da costa.** 2006.

SANTOS, Victor Augusto dos. **Respostas morfológicas de cana-de-açúcar sob aplicação de extrato de algas e organomineral/ Victor Augusto dos Santos.** - Anápolis: Centro Universitário de Anápolis - UniEVANGÉLICA, 2019^a

SARTORI, V. A. C. **Abordagem de algas calcárias (*Lithothamnium calcareum*) e o uso de sua farinha como suplementação na nutrição animal.** Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri Campus Unaí - MG, 2017.

SHUKLA, Pushp Sheel *et al.* ***Ascophyllum nodosum*-based biostimulants: Sustainable applications in agriculture for the stimulation of plant growth, stress tolerance, and disease management.** Frontiers in plant science, v. 10, p. 655, 2019.

SIDDIQUE, Mohammad Abdul Momin; AKTAR, Mahbuba; **Bin Mohd Khatib, Mohd Azim.** **Uproximate Chemical Composition And Amino Acid Profile Of Two Red Seaweeds (Hypnea Pannosa And Hypnea Musciformis) Collected From St. Martin's Island, Bangladesh.** Journal of Fisheries Sciences. com, v. 7, n. 2, p. 178, 2

SILVA, Cristiano Pereira da *et al.* **Aplicação foliar do extrato de alga *Ascophyllum nodosum* e do ácido glutâmico no desenvolvimento inicial de crisântemos (*Dendranthema morifolium* (Ramat.) Kitam.) em vasos.** Revista Brasileira de Horticultura Ornamental, v. 16, n. 2, p. 179-181, 2010.

SILVA, M. R., Freitas, L. G., Souza, A. G., Araújo, R. L. B., Lacerda, I. C. A., Pereira, H. V., ... Melo, J. O. F. (2019). Antioxidant Activity and Metabolomic Analysis of Cagaitas (*Eugenia dysenterica*) Using using Paper Paper Spray Spray Mass Mass Spectrometry Spectrometry. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 30(5), 1034–1044. Disponível em: <<https://doi.org/10.21577/0103-5053.20190002>>. Acesso em: 27 jan. 2023.

SILVA. E. C., MACIEL, G. M.; ALVARENGA, P.P.M, PAULA, A.C.C.F.F Teores de β -caroteno e licopeno em função das doses de fósforo e potássio em frutos de diferentes genótipos de tomateiro industrial, Bioscience Journal, v. 27, n. 2, p. 247-252, 2011.

TANNO, Wellington Quadros. **Armazenamento de sementes de cana-de-açúcar para o melhoramento genético.** 2020.

YAKHIN, Oleg I. et al. Biostimulants in plant science: a global perspective. **Frontiers in plant science**, v. 7, p. 2049, 2017.