



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO
TOCANTINS
CAMPUS LAGOA DA CONFUSÃO
CURSO SUPERIOR EM ENGENHARIA AGRÔNOMICA**

KHAEDYS ROCHA LIMA

**USO DE BIOESTIMULANTE À BASE DE EXTRATO DE ALGA NO PLANTIO DE
MANDIOCA (*manihot esculenta* CRANTZ)**

LAGOA DA CONFUSÃO – TO

2026
KHAEDYS ROCHA LIMA

**USO DE BIOESTIMULANTE À BASE DE EXTRATO DE ALGA NO PLANTIO DE
MANDIOCA (*Manihot esculenta* CRANTZ)**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
como requisito parcial para obtenção do Título de
Engenheiro Agrônomo (a) do Curso Superior em
Engenharia Agronômica Instituto Federal do
Tocantins, *Campus* Lagoa da Confusão.

Orientador: Dr. Raimundo Filho Freire de Brito

LAGOA DA CONFUSÃO – TO
2026

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Bibliotecas do Instituto Federal do Tocantins

L732u Lima, Khaedys Rocha
 Uso de bioestimulante à base de extrato de alga no plantio de mandioca
(*Manihot esculenta* CRANTZ) / Khaedys Rocha Lima. – Lagoa da Confusão,
TO, 2026.
 22 f.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia
Agrônômica) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do
Tocantins, Campus Lagoa da Confusão, Lagoa da Confusão, TO, 2026.

Orientador: Dr. Raimundo Filho Freire Brito

Coorientador: Dr. Juliano Magalhães Barbosa

1. Enraizamento. 2. Auxina. 3. Bioestimulantes. I. Brito, Raimundo Filho
Freire. II. Barbosa, Juliano Magalhães. III. Título.

CDD 630

A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio, deste documento é autorizada para fins de estudo e
pesquisa, desde que citada a fonte.

**Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica do IFTO com os dados fornecidos pelo(a)
autor(a).**



Ministério da Educação
Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins
Reitoria
Campus Avançado Lagoa da Confusão
Coordenação do Curso Superior em Engenharia Agrônômica

FOLHA DE APROVAÇÃO

TÍTULO: "USO DE BIOESTIMULANTE À BASE DE EXTRATO DE ALGA NO PLANTIO DE MANDIOCA (*Manihot esculenta* CRANTZ)"

AUTOR : Khaedys Rocha Lima

ORIENTADOR: Raimundo Filho Freire de Brito

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins, *Campus Avançado Lagoa da Confusão*, como parte das exigências para a conclusão do Curso de Bacharelado em Engenharia Agrônômica.

Raimundo Filho Freire de Brito (Orientador)

Juliano Magalhães Barbosa (Avaliador 1)

Wanderson Lopes de Sousa (Avaliador 2)

Aprovado em 13 de agosto de 2026



Documento assinado eletronicamente por **Raimundo Filho Freire de Brito, Servidor**, em 14/08/2026, às 15:31, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Wanderson Lopes de Sousa, Servidor**, em 14/08/2026, às 16:49, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Juliano Magalhães Barbosa**, Servidor, em 15/08/2026, às 23:44, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.iftto.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **3288841** e o código CRC **D9ADA2C3**.

Rua 02, Quadra 05A, Lote 01, Setor Lagoa da Ilha — CEP 77.493-000 — Lagoa da Confusão/TO
portal.iftto.edu.br — reitoria@iftto.edu.br

Referência: Processo nº 23235.017326/2026-65

SEI nº 328841

RESUMO

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) é uma das culturas de maior importância socioeconômica no Brasil e no mundo, com destaque especial para as regiões tropicais e subtropicais. A propagação vegetativa por meio de manivas é o método predominante de multiplicação desta espécie, e a qualidade do enraizamento inicial das estacas é determinante para o estabelecimento e a produtividade da lavoura. Bioestimulantes à base de extratos de algas marinhas, especialmente *Ascophyllum nodosum*, têm demonstrado potencial para incrementar o enraizamento e o desenvolvimento inicial de plantas. O presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de diferentes doses de extrato de alga (*Ascophyllum nodosum*) sobre variáveis de crescimento e enraizamento de manivas de mandioca. O experimento foi conduzido em sacos plásticos preenchidos com substrato, em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com cinco tratamentos: T1 (0 g L⁻¹ — testemunha), T2 (8 g L⁻¹), T3 (12 g L⁻¹), T4 (16 g L⁻¹) e T5 (18 g L⁻¹), com dez repetições cada, totalizando 50 unidades experimentais. Após 40 dias do plantio, foram avaliados o número de brotações, o comprimento de haste (cm), a massa seca de raízes (g) e a massa seca da parte aérea (g). Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Foi observado efeito significativo dos tratamentos sobre a massa seca de raízes (F=8,05; p<0,0001). As doses de 12, 16 e 18 g L⁻¹ (T3, T4 e T5) resultaram em médias de massa seca de raízes de 0,934 g, 1,318 g e 1,097 g, respectivamente, superiores às doses de 0 g L⁻¹ (T1 = 0,541 g) e 8 g L⁻¹ (T2 = 0,492 g), que não diferiram entre si. Não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos para o número de brotações, o comprimento de haste e a massa seca da parte aérea. Conclui-se que o extrato de alga *Ascophyllum nodosum* apresenta potencial para incrementar o enraizamento de manivas de mandioca a partir da dose de 12 g L⁻¹, com maior resposta observada na dose de 16 g L⁻¹.

Palavras-chave: *Manihot esculenta*; bioestimulante; *Ascophyllum nodosum*; propagação vegetativa; enraizamento.

ABSTRACT

Cassava (*Manihot esculenta* Crantz) is one of the most important crops in terms of socioeconomic relevance in Brazil and worldwide, with particular emphasis on tropical and subtropical regions. Vegetative propagation through stem cuttings (manivas) is the predominant multiplication method for this species, and the quality of initial rooting is crucial for crop establishment and productivity. Biostimulants based on seaweed extracts, especially *Ascophyllum nodosum*, have shown potential to enhance rooting and initial plant development. This study aimed to evaluate the effect of different doses of seaweed extract (*Ascophyllum nodosum*) on growth and rooting variables of cassava stem cuttings. The experiment was conducted in plastic bags filled with substrate, in a completely randomized design (CRD), with five treatments: T1 (0 g L⁻¹ — control), T2 (8 g L⁻¹), T3 (12 g L⁻¹), T4 (16 g L⁻¹) and T5 (18 g L⁻¹), with ten replicates each, totaling 50 experimental units. After 40 days, the following variables were evaluated: number of sprouts, stem length (cm), root dry mass (g) and shoot dry mass (g). Data were submitted to analysis of variance (ANOVA) and means compared by Tukey's test at 5% probability. A significant effect of treatments on root dry mass was observed ($F=8.05$; $p<0.0001$). Doses of 12, 16 and 18 g L⁻¹ (T3, T4 and T5) resulted in root dry mass means of 0.934 g, 1.318 g and 1.097 g, respectively, which were significantly higher than doses of 0 g L⁻¹ (T1 = 0.541 g) and 8 g L⁻¹ (T2 = 0.492 g). No significant differences were observed among treatments for number of sprouts, stem length or shoot dry mass. It was concluded that *Ascophyllum nodosum* seaweed extract has potential to enhance rooting of cassava stem cuttings from the dose of 12 g L⁻¹, with the highest response observed at 16 g L⁻¹.

Keywords: *Manihot esculenta*; biostimulant; *Ascophyllum nodosum*; vegetative propagation; Rooting.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Valores de p obtidos na análise de variância para as variáveis de crescimento e produção de biomassa de manivas de mandioca submetidas a diferentes doses de extrato de alga (Ascophyllum nodosum)	8
---	---

Tabela 2. Médias das variáveis de crescimento de manivas de mandioca submetidas a diferentes doses de extrato de alga (Ascophyllum nodosum), avaliadas aos 40 dias após o plantio	9
--	---

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AIA	Ácido indolacético
ANOVA	Analysis of Variance (Análise de Variância)
CRD	Completely Randomized Design (Delineamento Inteiramente Casualizado)
CV	Coeficiente de Variação
DIC	Delineamento Inteiramente Casualizado
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EP	Erro Padrão
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations (Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura)
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IFTO	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins
MS	Massa Seca
SAS	Statistical Analysis System

LISTA DE SÍMBOLOS

°C	Grau Celsius (unidade de temperatura)
%	Porcentagem
cm	Centímetro (unidade de comprimento)
g	Grama (unidade de massa)
g L ⁻¹	Grama por litro (unidade de concentração)
H ⁺	Íon hidrogênio (próton)
ln(x)	in (x) logaritmo natura (transformação matemática aplicada à variável massa seca de raízes para atender aos pressupostos da ANOVA)
mL	Mililitro (unidade de volume)
p	Nível de probabilidade (valor-p do teste estatístico)
W	Estatística W do teste de normalidade de Shapiro-Wilk
°	Grau (unidade de medida angular, usado nas coordenadas geográficas)
'	Minuto de arco (coordenadas geográficas)
"	Segundo de arco (coordenadas geográficas)
®	Marca registrada
*	Asterisco (indica nome científico em itálico nas tabelas)
⁻¹	Expoente negativo (notação de unidade por litro: g L ⁻¹)

SUMÁRIO

<u>1. INTRODUÇÃO</u>	<u>1</u>
<u>2 DESENVOLVIMENTO</u>	<u>2</u>
<u>3 METODOLOGIA</u>	<u>5</u>
<u>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</u>	<u>7</u>
<u>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS</u>	<u>11</u>
<u>REFERÊNCIAS</u>	<u>12</u>

1. INTRODUÇÃO

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) é uma das culturas de maior relevância para a segurança alimentar global, especialmente nos trópicos. O Brasil é um dos maiores produtores mundiais dessa raiz, que constitui a base alimentar de milhões de pessoas e matéria-prima para diversas indústrias (IBGE, 2023).

A propagação da mandioca é realizada predominantemente por via vegetativa, utilizando-se segmentos do caule denominados manivas ou estacas. A qualidade do enraizamento dessas estacas é fator determinante para o estabelecimento inicial da cultura, influenciando diretamente a produtividade final. Falhas no estande inicial, decorrentes de baixas taxas de enraizamento, representam um dos principais entraves para a obtenção de lavouras produtivas (Alves, 2006; EMBRAPA, 2016).

Nesse contexto, o uso de bioestimulantes tem emergido como estratégia promissora para incrementar o enraizamento e o desenvolvimento inicial de mudas. Os bioestimulantes são substâncias que, aplicadas em pequenas quantidades, estimulam o crescimento e o desenvolvimento das plantas, melhorando sua eficiência fisiológica e a capacidade de resposta a estresses abióticos (Du Jardin, 2015).

Dentre os bioestimulantes disponíveis no mercado, os extratos de algas marinhas têm recebido crescente atenção científica e comercial. A espécie *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jolis, alga parda pertencente à família *Fucaceae*, é amplamente utilizada na formulação de bioestimulantes agrícolas. Seu extrato é rico em citocininas, auxinas, giberelinas, betaínas, polissacarídeos, aminoácidos, vitaminas e micronutrientes, compostos que atuam sinergicamente para estimular o crescimento radicular e a divisão celular (Battacharyya *et al.*, 2015; Craigie, 2011).

Diversos estudos têm demonstrado que a aplicação de extratos de *Ascophyllum nodosum* promove incrementos significativos no sistema radicular de diferentes espécies vegetais, incluindo culturas anuais e perenes (Khan *et al.*, 2009; Shukla *et al.*, 2019). Entretanto, as informações disponíveis sobre o uso deste bioestimulante em manivas de mandioca ainda são escassas na literatura científica, evidenciando a necessidade de pesquisas que subsidiem recomendações técnicas específicas para esta cultura.

Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de diferentes doses de extrato de alga marinha (*Ascophyllum nodosum*) sobre o enraizamento e o desenvolvimento inicial de manivas de mandioca.

2 DESENVOLVIMENTO

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) é uma espécie pertencente à família Euphorbiaceae, originária da América do Sul, com centro de origem localizado na região do Brasil central. Trata-se de uma cultura de ciclo perene, embora geralmente cultivada como anual ou bienal nos sistemas de produção comerciais. É caracterizada pela alta eficiência no uso de água e por sua tolerância a solos de baixa fertilidade, o que a torna particularmente adaptada às condições edafoclimáticas predominantes nos cerrados e nas regiões tropicais brasileiras (Alves, 2006).

No cenário global, a mandioca ocupa posição de destaque como uma das principais culturas alimentares, sendo consumida por aproximadamente 800 milhões de pessoas, sobretudo nos países em desenvolvimento da África, Ásia e América Latina. No Brasil, a produção anual supera 17 milhões de toneladas, distribuídas por todas as regiões do país (FAO, 2022; IBGE, 2023).

O sistema radicular da mandioca é composto por raízes fibrosas, responsáveis pela absorção de água e nutrientes, e pelas raízes de reserva (raízes tuberosas), que acumulam amido e representam o principal produto econômico da cultura. O desenvolvimento adequado do sistema radicular na fase inicial de crescimento é fundamental para o posterior engrossamento das raízes tuberosas e para a produtividade final da lavoura (EMBRAPA, 2016).

A multiplicação da mandioca é realizada predominantemente por meio de propagação vegetativa, utilizando segmentos do caule denominados manivas. Esse método possibilita a manutenção das características genéticas da cultivar e representa a principal forma de estabelecimento das lavouras comerciais. A qualidade das manivas utilizadas influencia diretamente a emergência, o vigor inicial e o desenvolvimento das plantas no campo (Lorenzi *et al.*, 2002).

O sucesso do enraizamento depende de fatores relacionados tanto ao material propagativo quanto às condições ambientais. Entre eles destacam-se o estado fisiológico da planta-matriz, a disponibilidade de reservas nos tecidos, as condições de temperatura e

umidade e a ação de reguladores vegetais envolvidos na formação de raízes adventícias (Hartmann *et al.*, 2011).

Durante o processo de enraizamento, ocorre a diferenciação de novos tecidos radiculares a partir de células presentes na região do caule. Esse mecanismo é controlado por diversos sinais fisiológicos, com destaque para a atuação das auxinas, que exercem papel fundamental na indução e no desenvolvimento das raízes adventícias (Taiz *et al.*, 2017).

Os bioestimulantes constituem uma categoria de produtos utilizados para potencializar processos fisiológicos das plantas, contribuindo para maior eficiência no aproveitamento de nutrientes, melhor adaptação a condições de estresse e aprimoramento do desenvolvimento vegetal. Diferentemente dos fertilizantes, seus efeitos estão relacionados principalmente à regulação de processos metabólicos e fisiológicos (Du Jardin, 2015).

Nos últimos anos, o uso desses produtos tem aumentado em razão da busca por sistemas agrícolas mais eficientes e sustentáveis. Entre as diferentes categorias disponíveis, os extratos de algas marinhas têm recebido destaque devido à ampla utilização em diversas culturas e aos resultados positivos observados em condições de campo e ambiente protegido (Rouphael; Colla, 2020).

Estudos indicam que a aplicação de bioestimulantes pode favorecer o crescimento radicular, melhorar a absorção de nutrientes e contribuir para o desempenho das plantas sob diferentes condições ambientais. Tais efeitos estão associados à presença de compostos bioativos capazes de atuar em importantes processos fisiológicos do metabolismo vegetal (Battacharyya *et al.*, 2015).

A alga marinha *Ascophyllum nodosum* tem sido amplamente utilizada na formulação de bioestimulantes destinados à agricultura. Os extratos obtidos dessa espécie apresentam composição química complexa, incluindo substâncias com atividade semelhante à de reguladores vegetais — especialmente auxinas e citocininas —, além de aminoácidos livres, polissacarídeos sulfatados (fucoidanas e laminarinas), vitaminas, betaínas e micronutrientes, que podem influenciar positivamente o crescimento das plantas (Craigie, 2011; Khan *et al.*, 2009).

No que diz respeito ao enraizamento, os extratos de *A. nodosum* atuam principalmente por meio de compostos com atividade auxínica, os quais estimulam a diferenciação de células do parênquima e do periciclo do caule em primórdios radiculares. As auxinas endógenas — em especial o ácido indolacético (AIA) — são os hormônios centrais na regulação da rizogênese adventícia; sua interação com compostos exógenos análogos, fornecidos pelo extrato de alga, pode potencializar a sinalização celular que desencadeia a formação de raízes

(Taiz *et al.*, 2017; Hartmann *et al.*, 2011). Adicionalmente, as betaínas presentes no extrato atuam como osmoprotetores e estabilizadores de membranas celulares, favorecendo a atividade metabólica nas células em processo de diferenciação (Khan *et al.*, 2009).

Pesquisas realizadas em diferentes culturas demonstram que a aplicação desses extratos pode favorecer o desenvolvimento do sistema radicular, aumentar a eficiência de absorção de água e nutrientes e contribuir para melhor resposta das plantas a condições de estresse ambiental (Sharma *et al.*, 2014; Shukla *et al.*, 2019). Sharma *et al.* (2014) verificaram incrementos expressivos na biomassa radicular de feijão mungo (*Vigna mungo* L.) e pak choi (*Brassica rapa* chinensis L.) tratados com extrato de algas pardas, atribuindo os efeitos à ação dos polissacarídeos sulfatados na estimulação da atividade da H⁺-ATPase plasmática, o que favorece a absorção iônica e o alongamento celular nas raízes.

Segundo Kumari *et al.* (2023), os efeitos observados estão relacionados à ação conjunta dos compostos presentes no extrato, que atuam em diferentes rotas metabólicas ligadas ao crescimento vegetal. Entretanto, a intensidade da resposta depende de fatores como espécie cultivada, estágio de desenvolvimento, forma de aplicação e concentração utilizada. Concentrações excessivas podem exercer efeito inibitório, uma vez que compostos com atividade auxínica apresentam resposta bifásica — estimulatória em baixas doses e potencialmente supressora em doses elevadas (Craigie, 2011). Dessa forma, a definição de doses adequadas torna-se fundamental para maximizar os benefícios proporcionados pelo produto.

Não foram encontrados na literatura estudos avaliando especificamente o uso de extratos de *A. nodosum* em manivas de mandioca, o que reforça o caráter pioneiro e a relevância da presente pesquisa.

3 METODOLOGIA

O estudo foi conduzido no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins (IFTO), *campus* Lagoa da Confusão (latitude 10° 47' 59" S e longitude 49° 37' 43" W), sob condições ambientais. A instalação do experimento ocorreu em 16 de março de 2026.

Foram utilizadas manivas de mandioca obtidas de produtores da região de Lagoa da Confusão, com 20 cm de comprimento, selecionadas e cortadas na porção mediana de plantas cultivadas na região, apresentando bom estado fitossanitário e maturidade fisiológica adequada. As extremidades das estacas foram padronizadas com corte reto na extremidade basal. As manivas foram plantadas individualmente em sacos plásticos com capacidade para 50 L, preenchidos com solo coletado na área do Instituto Federal do Tocantins (IFTO), empregado como substrato para o cultivo das plantas. Mantidos ao ar livre durante todo o período experimental.

Foi adotado o delineamento inteiramente casualizado (DIC), com cinco tratamentos e dez repetições, totalizando 50 unidades experimentais. Cada unidade experimental foi representada por uma maniva plantada individualmente a 10 cm de profundidade.

Os tratamentos consistiram na imersão das manivas em solução do produto comercial ASCOPH-10® (extrato de *Ascophyllum nodosum*) nas seguintes concentrações: T1 = 0 g L⁻¹ (testemunha — imersão em água destilada); T2 = 8 g L⁻¹; T3 = 12 g L⁻¹; T4 = 16 g L⁻¹; e T5 = 18 g L⁻¹. As manivas foram submetidas à imersão na solução dos respectivos tratamentos por 60 segundos imediatamente antes do plantio. Complementarmente, foram aplicados 10 mL da solução correspondente a cada tratamento diretamente na cova de plantio, no momento do estabelecimento das estacas.

O ASCOPH-10® é um fertilizante organomineral à base de extrato da alga marinha *Ascophyllum nodosum*, obtido por processo de hidrólise fria que preserva os compostos bioativos naturais da alga. Em sua composição, o produto apresenta, como elementos declarados: matéria orgânica (13,0–16,0%), nitrogênio total (N) (0,30–0,60%), fosfato disponível (P₂O₅) (<0,1%), potássio solúvel em água (K₂O) (5,0–7,0%), enxofre (S) (0,30–0,60%), cálcio (Ca) (0,10–0,20%) e sódio (Na) (1,00–1,50%). Entre os compostos orgânicos bioativos, destacam-se o ácido algínico, os polissacarídeos sulfatados (fucoidanas e laminarinas), o manitol, as betaínas e aminoácidos livres, além de substâncias com atividade

reguladora de crescimento análoga à das auxinas, citocininas e giberelinas (Craigie, 2011; Kumari *et al.*, 2023). Esses compostos atuam sinergicamente em processos fisiológicos relacionados à divisão celular, ao alongamento radicular e à absorção de nutrientes, constituindo o principal mecanismo de ação do produto sobre o desenvolvimento vegetal.

A irrigação foi realizada diariamente, de forma manual, mantendo a umidade do solo próxima à capacidade de campo e evitando o encharcamento, de forma uniforme entre os tratamentos, durante todo o período experimental de 40 dias após o plantio.

Ao término do período experimental, as plantas foram coletadas para avaliação das seguintes variáveis: a) Número de brotações: contagem direta do total de brotos emitidos por maniva; b) Comprimento de haste (cm): medição da maior haste da planta, com auxílio de régua graduada, do nível do substrato até o ápice; c) Massa seca de raízes (g): após a separação da parte aérea, as raízes foram acondicionadas em sacos de papel e levadas à estufa com circulação forçada de ar a 65 °C até atingir massa constante, sendo a massa determinada em balança analítica de precisão; d) Massa seca da parte aérea (g): o mesmo procedimento descrito para a massa seca de raízes foi adotado para a parte aérea das plantas.

Os dados foram inicialmente submetidos aos testes de normalidade (Shapiro-Wilk) e de homogeneidade das variâncias (Levene). A variável massa seca de raízes não atendeu ao pressuposto de normalidade (Shapiro-Wilk, $p=0,0008$) e, portanto, os dados foram transformados por logaritmo natural $[\ln(x)]$, após o que a normalidade foi atendida (Shapiro-Wilk, $p=0,2903$). Os dados foram então submetidos à análise de variância (ANOVA) e, quando constatado efeito significativo dos tratamentos, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, com o auxílio do *software* SAS Studio® (SAS Institute Inc., 2023).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância revelou efeito significativo das doses de extrato de alga sobre a massa seca de raízes das manivas de mandioca ($F=8,05$; $p<0,0001$). As demais variáveis avaliadas — número de brotações, comprimento de haste e massa seca da parte aérea — não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos ($p=0,8223$; $p=0,7329$ e $p=0,6015$, respectivamente), conforme apresentado na Tabela 1. Como os dados originais de massa seca de raízes não atenderam ao pressuposto de normalidade (Shapiro-Wilk, $p=0,0008$), foi realizada transformação logarítmica $[\ln(x)]$, após a qual a normalidade foi confirmada (Shapiro-Wilk, $p=0,2903$) e os pressupostos da ANOVA foram atendidos.

Tabela 1. Valores de p obtidos na análise de variância para as variáveis de crescimento e produção de biomassa de manivas de mandioca submetidas a diferentes doses de extrato de alga (*Ascophyllum nodosum*).

Variável	p -valor
Número de brotações	0,8223
Comprimento de haste (cm)	0,7329
Massa seca de raízes (g) ¹	<0,0001
Massa seca da parte aérea (g)	0,6015

Fonte: Elaboração dos autores, 2026.

Dados transformados por $\ln(x)$ para atender aos pressupostos da ANOVA. Médias apresentadas na escala original.

O teste de Tukey (5%) para a variável massa seca de raízes identificou a formação de dois grupos distintos: T1 (0 g L⁻¹, média = 0,541 g) e T2 (8 g L⁻¹, média = 0,492 g) integraram o grupo de menor média e não diferiram entre si; T3 (12 g L⁻¹, média = 0,934 g), T4 (16 g L⁻¹, média = 1,318 g) e T5 (18 g L⁻¹, média = 1,097 g) constituíram o grupo de maior média e também não diferiram entre si, sendo, no entanto, superiores a T1 e T2 (Figura 1). As médias e os respectivos erros padrão de todas as variáveis por tratamento são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Médias ($\pm$ erro padrão) das variáveis de crescimento de manivas de mandioca submetidas a diferentes doses de extrato de alga (*Ascophyllum nodosum*), avaliadas aos 40 dias após o plantio.

Tratamento	Dose (g L ⁻¹)	Nº brotações	Comp. haste (cm)	MS raízes (g)	MS parte aérea (g)
T1	0	3,6 ± 0,34	17,4 ± 0,64	0,541 ± 0,090 b	8,79 ± 0,67
T2	8	4,0 ± 0,39	17,0 ± 0,63	0,492 ± 0,087 b	9,22 ± 0,46
T3	12	3,6 ± 0,48	16,5 ± 0,52	0,934 ± 0,155 a	9,43 ± 0,87
T4	16	3,4 ± 0,22	17,2 ± 0,65	1,318 ± 0,194 a	8,57 ± 0,75
T5	18	3,5 ± 0,37	17,6 ± 0,52	1,097 ± 0,152 a	10,01 ± 0,59
CV (%)	—	31,5	10,7	61,2	23,1

Fonte: Elaboração dos autores, 2026.

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. CV: coeficiente de variação. EP: erro padrão da média (n=10). Para MS raízes, as análises estatísticas foram realizadas com dados transformados em $\ln(x)$; médias e erros padrão apresentados na escala original.

O maior incremento em massa seca de raízes foi observado em T4 (16 g L⁻¹), com média de 1,318 g, representando um aumento de 143,6% em relação à testemunha (T1 = 0,541 g). O tratamento T5 (18 g L⁻¹) proporcionou incremento de 102,8% sobre T1, e T3 (12 g L⁻¹) resultou em incremento de 72,6%. Esses resultados demonstram que o extrato de *Ascophyllum nodosum* exerceu efeito positivo e expressivo sobre o sistema radicular das manivas, a partir da dose de 12 g L⁻¹.

A ausência de resposta na dose de 8 g L⁻¹ (T2), cujo desempenho foi equivalente ao da testemunha sem bioestimulante (T1), sugere a existência de uma concentração mínima efetiva para a ação do produto sobre o enraizamento das manivas. Esse comportamento é consistente com o modo de ação de compostos com atividade auxínica, que apresentam resposta

fisiológica tipicamente bifásica: estimulatória em concentrações adequadas e potencialmente inibitória ou ineficaz em concentrações muito baixas ou muito elevadas (Craigie, 2011; Taiz *et al.*, 2017). A dose de 8 g L⁻¹, portanto, pode ter ficado abaixo do limiar de concentração necessário para desencadear os processos de sinalização celular envolvidos na iniciação radicular.

Do ponto de vista fisiológico, o enraizamento adventício em manivas de mandioca depende da diferenciação de células do parênquima e do periciclo vascular do caule, processo induzido principalmente por auxinas endógenas — especialmente o ácido indolacético (AIA) — e modulado pelo balanço auxina:citocinina nos tecidos (Hartmann *et al.*, 2011; Taiz *et al.*, 2017). Os extratos de *A. nodosum* são reconhecidamente ricos em compostos com atividade auxínica e citocinina, além de betaínas, aminoácidos livres e polissacarídeos bioativos que atuam em rotas metabólicas ligadas à divisão e ao alongamento celular (Khan *et al.*, 2009; Shukla *et al.*, 2019). A aplicação do extrato nas doses de 12, 16 e 18 g L⁻¹, tanto por imersão das manivas quanto por incorporação ao substrato na cova de plantio, pode ter elevado a disponibilidade de compostos auxínicos nos tecidos da estaca, potencializando a iniciação e o subsequente crescimento das raízes adventícias.

Esse comportamento é corroborado por Kumari *et al.* (2023), que em revisão abrangente sobre as aplicações de *A. nodosum* na agricultura, relataram que os extratos dessa alga promovem consistentemente o desenvolvimento do sistema radicular em diversas espécies cultivadas, com respostas que variam conforme a concentração e o modo de aplicação. Os autores destacaram que a ação conjunta dos compostos bioativos presentes no extrato — em especial as fucoidanas e as betaínas — favorece tanto a iniciação de raízes quanto a eficiência de absorção de água e nutrientes, o que resulta em maior acúmulo de biomassa radicular nas fases iniciais de desenvolvimento. De modo semelhante, Shukla *et al.* (2019) reportaram que a aplicação de bioestimulantes à base de *A. nodosum* promoveu incrementos significativos no crescimento radicular de espécies hortícolas, associando os efeitos à modulação da expressão de genes relacionados ao metabolismo de auxinas e à síntese de parede celular. Embora estudos específicos com manivas de mandioca sejam ainda escassos na literatura, os resultados aqui obtidos são biologicamente coerentes com os mecanismos descritos para outras espécies.

Merece destaque a tendência de redução numérica da massa seca de raízes entre T4 (1,318 g) e T5 (1,097 g), embora as duas doses não tenham diferido estatisticamente entre si. Essa tendência pode refletir o início de efeito supressivo associado a concentrações mais elevadas do extrato, fenômeno descrito na literatura para produtos com atividade hormonal

(Craigie, 2011). Apesar de T4 e T5 pertencerem ao mesmo grupo estatístico, a resposta ligeiramente inferior em T5 indica que doses superiores a 16 g L⁻¹ podem não proporcionar ganhos adicionais no enraizamento — e eventualmente reduzi-los — o que tem implicação direta na recomendação de uso do produto para esta finalidade.

A ausência de diferenças significativas para o número de brotações, comprimento de haste e massa seca da parte aérea é um resultado esperado para o período de avaliação adotado (40 dias). O desenvolvimento inicial das manivas de mandioca depende primariamente das reservas de carboidratos e nutrientes acumuladas no próprio caule, que sustentam a emissão de brotações independentemente do estímulo hormonal externo (Alves, 2006; EMBRAPA, 2016). Dessa forma, o crescimento da parte aérea nas fases iniciais reflete sobretudo o potencial fisiológico das reservas internas da maniva, e não necessariamente o efeito imediato do bioestimulante.

De acordo com Rouphael e Colla (2020), respostas de bioestimulantes sobre o crescimento vegetativo aéreo frequentemente se manifestam em estádios mais avançados de desenvolvimento, uma vez que o sistema radicular mais robusto — desenvolvido sob influência do produto — precisa de tempo para incrementar a capacidade de absorção de água e nutrientes a ponto de refletir no crescimento da parte aérea. Portanto, é plausível que, em avaliações conduzidas por períodos mais longos ou em condições de campo, onde a demanda hídrica e nutricional é maior, os efeitos do extrato sobre o crescimento vegetativo e a produtividade da mandioca possam se tornar mais evidentes.

Do ponto de vista agrônômico, o incremento expressivo na massa seca de raízes promovido pelo extrato de *A. nodosum* nas doses de 12 a 18 g L⁻¹ tem potencial relevância prática. Um sistema radicular mais desenvolvido na fase inicial favorece a fixação das plantas no substrato, aumenta a superfície de absorção e pode conferir maior tolerância a déficits hídricos imediatamente após o transplântio em condições de campo — situação crítica na mandiocultura, especialmente em regiões com períodos de estiagem durante o estabelecimento da lavoura. A dose de 16 g L⁻¹ (T4), por ter proporcionado o maior incremento médio em biomassa radicular, representa a recomendação mais promissora com base nos dados obtidos neste experimento, devendo ser avaliada em condições de campo para confirmação de sua viabilidade técnica e econômica.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aplicação do produto comercial ASCOPH-10® à base de extrato de alga *Ascophyllum nodosum*, promove incremento na massa seca das raízes de mandioca com dose a partir de 12 g L⁻¹.

Estudos complementares de maior duração devem ser conduzidos em condições de campo para verificar a sustentação das informações encontradas nesta pesquisa para consolidar o incremento no rendimento do sistema radicular da cultura da mandioca

REFERÊNCIAS

ALVES, A. A. C. Cassava botany and physiology. In: HILLOCKS, R. J.; THRESH, J. M.; BELLOTTI, A. C. (ed.). **Cassava: biology, production and utilization**. Wallingford: CAB International, 2002. p. 67-89. Disponível em: <https://doi.org/10.1079/9780851995243.0067>. Acesso em: 18 ago. 2026.

HILLOCKS, R. J.; THRESH, J. M.; BELLOTTI, A. C. (ed.). **Cassava: biology, production and utilization**. Wallingford: CAB International, 2002. 332 p. Disponível em: <https://books.google.com/books/about/Cassava.html?id=qBOY6TrE3AwC>. Acesso em: 18 ago. 2026.

BATTACHARYYA, D. et al. **Seaweed extracts as biostimulants in horticulture**. Scientia Horticulturae, Amsterdam, v. 196, p. 39-48, 2015. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030442381530176X>. Acesso em: 18 ago. 2026.

CRAIGIE, J. S. **Seaweed extract stimuli in plant science and agriculture**. Journal of Applied Phycology, Dordrecht, v. 23, n. 3, p. 371-393, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10811-010-9560-4>. Acesso em: 18 ago. 2026.

DU JARDIN, P. **Plant biostimulants: definition, concept, main categories and regulation**. Scientia Horticulturae, Amsterdam, v. 196, p. 3-14, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.021>. Acesso em: 18 ago. 2026.

FIALHO, J. F.; VIEIRA, E. A. (ed.). **Mandioca no cerrado: orientações técnicas**. 2. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2013. 203 p. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/981357>. Acesso em: 18 ago. 2026.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). **FAOSTAT: crops and livestock products**. Rome: FAO, 2022. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/>. Acesso em: 18 ago. 2026.

HARTMANN, H. T.; KESTER, D. E.; DAVIES, F. T. Jr.; GENEVE, R. L. **Plant propagation: principles and practices**. 8th ed. Boston: Prentice-Hall, 2011. 915 p. Disponível em: https://books.google.com/books/about/Hartmann_Kester_s_Plant_Propagation.html?id=7nNFYgEACAAJ. Acesso em: 18 ago. 2026.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Produção agrícola municipal: PAM 2023**. Rio de Janeiro: IBGE, 2023. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas/>. Acesso em: 18 ago. 2026.

KHAN, W. et al. **Seaweed extracts as biostimulants of plant growth and development**. Journal of Plant Growth Regulation, New York, v. 28, n. 4, p. 386-399, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00344-009-9103-x>. Acesso em: 18 ago. 2026.

KUMARI, S. et al. **Ascophyllum nodosum (L.) Le Jolis, a pivotal biostimulant toward sustainable agriculture: a comprehensive review.** Agriculture, Basel, v. 13, n. 6, p. 1179, 2023. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2077-0472/13/6/1179>. Acesso em: 18 ago. 2026.

LORENZI, J. O.; OTSUBO, A. A.; MONTEIRO, D. A.; VALLE, T. L. **Aspectos fitotécnicos da mandioca em Mato Grosso do Sul.** In: OTSUBO, A. A.; MERCANTE, F. M.; MARTINS, C. S. (coord.). **Aspectos do cultivo da mandioca em Mato Grosso do Sul.** Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste; Campo Grande: UNIDERP, 2002. p. 77-108. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/245941/1/LV20021.pdf>. Acesso em: 18 ago. 2026.

ROUPHAEL, Y.; COLLA, G. **Toward a sustainable agriculture through plant biostimulants: from experimental data to practical applications.** Agronomy, Basel, v. 10, n. 10, p. 1461, 2020. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4395/10/10/1461>. Acesso em: 18 ago. 2026.

SAS INSTITUTE INC. **SAS Studio.** Versão 5.2. Cary: SAS Institute Inc., 2023. Disponível em: <https://documentation.sas.com/api/docsets/sasstudioov/5.2/content/sasstudioov.pdf>. Acesso em: 18 ago. 2026.

SHARMA, H. S. S. et al. **Biostimulant activity of brown seaweed species from Strangford Lough: compositional analyses of polysaccharides and bioassay of extracts using mung bean (*Vigna mungo* L.) and pak choi (*Brassica rapa chinensis* L.).** Journal of Applied Phycology, Dordrecht, v. 24, n. 5, p. 1081-1091, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10811-011-9737-5>. Acesso em: 18 ago. 2026.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal.** 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858 p. Disponível em: <https://biblioteca.sophia.com.br/terminal/7325/acervo/detalhe/652>. Acesso em: 18 ago. 2026.

SHUKLA, P. S. 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. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00655>. Acesso em: 18 ago. 2026.