

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
CÂMPUS DE CHAPADÃO DO SUL**

VICTOR DARTAGNAN FERNANDES NOGUEIRA

**USO DE ALGA E ADUBAÇÃO FOSFATADA NO
CRESCIMENTO DE MUDAS DE EUCALIPTO**

CHAPADÃO DO SUL – MS

2025

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
CÂMPUS DE CHAPADÃO DO SUL**

**USO DE ALGA E ADUBAÇÃO FOSFATADA NO
CRESCIMENTO DE MUDAS DE EUCALIPTO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Federal de Mato Grosso do Sul,
como requisito parcial para a obtenção do título de
Engenheiro Florestal.

Orientadora: Profa. Dra. Ana Paula Leite de Lima



Serviço Público Federal
Ministério da Educação
Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

AUTOR: **Victor Dartagnan Fernandes Nogueira.**

ORIENTADORA: **Profa. Dra. Ana Paula Leite de Lima.**

Aprovado pela Banca Examinadora como parte das exigências do Componente Curricular Não Disciplinar TCC, para obtenção do grau de BACHAREL EM ENGENHARIA FLORESTAL, pelo curso de Bacharelado em Engenharia Florestal da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Câmpus de Chapadão do Sul.

Profa. Dra. Ana Paula Leite de Lima
Presidente da Banca Examinadora e Orientadora

Prof. Dr. Sebastião Ferreira de Lima
Membro da Banca Examinadora

Profa. Dra. Déborah Nava Soratto
Membro da Banca Examinadora

Chapadão do Sul, 31 de julho de 2025.

NOTA
MÁXIMA
NO MEC

UFMS
É 10!!!



Documento assinado eletronicamente por **Ana Paula Leite de Lima, Professora do Magistério Superior**, em 01/08/2025, às 12:41, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

NOTA
MÁXIMA
NO MEC

UFMS
É 10!!!



Documento assinado eletronicamente por **Deborah Nava Soratto, Professora do Magistério Superior**, em 01/08/2025, às 13:22, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

NOTA
MÁXIMA
NO MEC

UFMS
É 10!!!



Documento assinado eletronicamente por **Sebastiao Ferreira de Lima, Professor do Magisterio Superior**, em 01/08/2025, às 15:06, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufms.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **5779681** e o código CRC **39C49F7D**.

02/08/2025, 08:38

SEI/UFMS - 5779681 - Certificado

COORDENAÇÃO DE GESTÃO ACADÊMICA DO CÂMPUS DE CHAPADÃO DO SUL

Avenida Engenheiro Douglas Ribeiro Pantaleão, n° 5167

Fone:

CEP 79560-000 - Chapadão do Sul - MS

Referência: Processo nº 23455.000646/2025-19

SEI nº 5779681

Sumário

Resumo	4
Introdução.....	6
Material e Métodos	8
Resultados e Discussão.....	11
Conclusão.....	18
Referências.....	19

Uso de alga e adubação fosfatada no crescimento de mudas de eucalipto

Use of algae and phosphate fertilizer in the growth of eucalyptus seedlings

Resumo

A alga marinha *Ascophyllum nodosum* é usada como estimulante vegetal em razão da sua composição rica em macro e micronutrientes, carboidratos, aminoácidos e promotores de crescimento, melhorando assim o crescimento de mudas. Com o objetivo de acelerar o desenvolvimento radicular após o transplântio, tem sido utilizado, anterior ao plantio, a imersão das mudas em solução contendo o fertilizante fosfato monoamônico (MAP), que é indicado para uso no início do período de crescimento, quando a disponibilidade de fósforo é crucial para o estabelecimento do sistema radicular em campo. Deste modo, o objetivo do trabalho foi avaliar o efeito de doses de extrato de algas (*Ascophyllum nodosum*) associadas ou não com fosfato monoamônico, no crescimento inicial de mudas clonais de eucalipto. O delineamento utilizado foi blocos casualizados, em esquema fatorial 2:6 onde foi testado seis doses de *A. nodosum* (0; 10; 20; 30; 40 e 50 mL L⁻¹), aplicado por imersão do torrão da muda, na presença ou ausência do MAP (15 g L⁻¹), com quatro repetições. Cada parcela foi constituída por duas mudas de eucalipto (clone H13). Aos 90 dias após transplântio foram mensurados: diâmetro de colo (DC), altura total (HT), comprimento de raiz (CR), índice relativo de clorofila (IRC), área foliar (AF), massa seca da parte aérea (MSPA), raiz (MSR) e total (MST). Para o DC, os maiores valores foram alcançados nas doses de 32,8 mL L⁻¹, associado ao MAP, e de 17,1 mL L⁻¹, na sua ausência. A maior HT foi observada utilizando a dose de 34,2 mL L⁻¹ em associação com o MAP. Os maiores valores de IRC foram obtidos com 19,1 mL L⁻¹ e 33 mL L⁻¹, quando associado ou não ao MAP, respectivamente. Para MSPA, os maiores valores foram alcançados com as doses de 29,7 mL L⁻¹ e 26,0 mL L⁻¹, na presença ou na ausência do MAP, respectivamente. Enquanto para a MSR, os maiores valores foram observados utilizando 33,6 mL L⁻¹ e 43,8 mL L⁻¹, na presença ou não do MAP, respectivamente. Assim, pode-se concluir que a utilização de *A. nodosum* associado ao fertilizante fosfatado, influencia no crescimento inicial de mudas de eucalipto. O uso isolado do extrato favoreceu o comprimento raiz (CR), massa seca raiz (MSR) e massa seca total (MST), enquanto a associação com o MAP potencializou a produção do

diâmetro de colo (DC), altura total (HT), número de folhas (NF), área foliar (AF), índice relativo de clorofila (IRC) e a massa seca da parte aérea (MSPA).

Palavras-chave: *Ascophyllum nodosum*, bioinsumos, silvicultura.

Abstract

The seaweed *Ascophyllum nodosum* is used as a plant stimulant due to its rich composition of macro and micronutrients, carbohydrates, amino acids, and growth promoters, thus improving seedling growth. To accelerate root development after transplanting, seedlings have been immersed in a solution containing monoammonium phosphate (MAP) fertilizer prior to planting. This fertilizer is recommended for use at the beginning of the growing season, when phosphorus availability is crucial for root system establishment in the field. Therefore, the objective of this study was to evaluate the effect of doses of seaweed extract (*Ascophyllum nodosum*), combined or not with monoammonium phosphate, on the initial growth of clonal eucalyptus seedlings. A randomized block design was used in a 2:6 factorial scheme, where six doses of *A. nodosum* (0; 10; 20; 30; 40 and 50 mL L⁻¹) were tested, applied by immersion of the seedling root ball, in the presence or absence of MAP (15 g L⁻¹), with four replicates. Each plot consisted of two eucalyptus seedlings (clone H13). At 90 days after transplanting, the following were measured: collar diameter (CD), total height (HT), root length (CR), relative chlorophyll index (IRC), leaf area (AF), dry mass of shoot (MSPA), root (MSR) and total (MST). For DC, the highest values were reached at doses of 32.8 mL L⁻¹ associated with MAP and 17.1 mL L⁻¹ in its absence. The highest HT was observed using the dose of 34.2 mL L⁻¹ in association with MAP. The highest CRI values were obtained with 19.1 mL L⁻¹ and 33 mL L⁻¹, when associated or not with MAP, respectively. For MSPA, the highest values were achieved with doses of 29.7 mL L⁻¹ and 26.0 mL L⁻¹, in the presence or absence of MAP, respectively. While for MSR, the highest values were observed using 33.6 mL L⁻¹ and 43.8 mL L⁻¹, in the presence or not of MAP, respectively. Thus, it can be concluded that the use of *A. nodosum* associated with phosphate fertilizer influences the initial growth of eucalyptus seedlings. The isolated use of the extract favored root length (CR), root dry mass (MSR) and total dry mass (MST), while the association with MAP enhanced the production of collar diameter (DC), total height (HT), number of leaves (NF), leaf area (AF), relative chlorophyll index (IRC) and dry mass of the aerial part (MSPA).

Keywords: *Ascophyllum nodosum*, bioinputs, forestry.

Introdução

O mercado de base florestal brasileiro utiliza, como principal matéria prima, a madeira de eucalipto. A preferência por esta cultura se deve à sua adaptação às condições edafoclimáticas brasileiras, rápido crescimento e em razão de sua madeira fornecer matéria prima para as mais diversas finalidades (Tonello e Teixeira Filho, 2011). Em 2023, os plantios florestais no Brasil ocuparam aproximadamente 10,2 milhões de hectares, sendo que 76% dessa área está ocupada com cultivo de eucalipto, distribuídos principalmente, nas regiões Sudeste e Centro-Oeste, com destaque para Minas Gerais e Mato Grosso do Sul, respectivamente (IBÁ, 2024).

Independente de qual seja a finalidade do plantio, é essencial utilizar mudas sadias e vigorosas, uma vez que a sua qualidade influencia diretamente no estabelecimento do povoamento florestal e, conseqüentemente, no seu crescimento e produtividade (Eloy et al., 2012; Suassuna et al., 2016). O uso de mudas de qualidade possibilita reduzir a mortalidade destas no campo, resultando em plantios mais homogêneos, com menor frequência de tratos culturais, além de serem mais resistentes a agentes bióticos e abióticos adversos (Bezerra, 2003; Rudek et al., 2013).

Os produtos conhecidos como bioestimulantes contêm agentes biológicos ou componentes ativos que podem incrementar o crescimento e desenvolvimento vegetal, estimulando a divisão celular, aumentando a absorção de água e nutrientes (Castro et al., 2019). Neste contexto, a utilização de extrato de algas como bioestimulante se destaca como uma alternativa pois são ricas em nutrientes e vitaminas, e ainda apresentam hormônios de crescimento e oligossacarídeos. O seu elevado teor de hidrocolóides também permite às algas condicionarem propriedades do solo que permitem a liberação lenta de minerais e moléculas ativas e manter a umidade do solo de acordo com a necessidade das plantas (Losi, 2010).

Os extratos de *Ascophyllum nodosum* são constituídos por citocininas, auxinas, ácido abscísico, giberelinas, betaínas e alginatos e se destacam pelo reconhecido aumento da qualidade dos processos fisiológicos, através da complementação de hormônios de crescimento, aminoácidos, nutrientes importantes (N, P, K, Ca, Mg, S, B, Fe, Mn, Cu e Zn), indução de resistência, promoção da melhoria da qualidade dos frutos e do crescimento das plantas (Khan et al., 2009; Craigie, 2011; Castro et al., 2019). A aplicação

do extrato de algas estimula processos fisiológicos da planta como absorção de nutrientes e a fotossíntese, devido às moléculas extraídas (elicitores) da alga (Goëmar, 2006). Plantas pulverizadas com produtos à base de *A. nodosum* podem ter um aumento da atividade da nitrato-redutase, uma enzima do metabolismo do nitrogênio, estimulando o crescimento de plantas em condições adversas, principalmente em deficiência de nitrogênio (Durand et al., 2003).

Com o objetivo de acelerar o desenvolvimento radicular após o transplântio, tem sido utilizado, anterior ao plantio, a imersão das mudas em solução contendo o fertilizante fosfato monoamônico (MAP), que é indicado para uso no início do período de crescimento, quando a disponibilidade de fósforo é crucial para o estabelecimento do sistema radicular em campo. Isso estimula o crescimento, agiliza o estabelecimento e evita a mortalidade da muda no campo (Brasil et al., 2019).

O fertilizante fosfato monoamônico, possui alto concentrado de fósforo, fundamental para o enraizamento vigoroso e para o metabolismo energético das plantas, incluindo a síntese de ATP e ácidos nucleicos (Marschner, 2012). Quando utilizado em práticas como a imersão de mudas florestais antes do transplântio, o MAP promove não apenas uma maior proliferação de raízes, mas também a formação de raízes mais finas e ativas, o que favorece a absorção de água e nutrientes logo nos primeiros dias após o plantio (Ferreira et al., 2020). Além disso, o fósforo disponível do MAP tem baixa mobilidade no solo, sendo mais eficaz quando aplicado próximo às raízes, como ocorre na técnica de imersão e reduz perdas por lixiviação, aumentando a eficiência de uso do fertilizante, proporcionando ganhos em produtividade e sobrevivência das mudas em campo (Souza et al., 2015).

Os produtos conhecidos como bioestimulantes contêm agentes biológicos ou componentes ativos que podem incrementar o crescimento e desenvolvimento vegetal, estimulando a divisão celular, aumentando a absorção de água e nutrientes (Castro et al., 2019). Neste contexto, a utilização de extrato de algas como bioestimulante se destaca como uma alternativa pois são ricas em nutrientes e vitaminas, e ainda apresentam hormônios de crescimento e oligossacarídeos. O seu elevado teor de hidrocolóides também permite às algas condicionarem propriedades do solo que permitem a liberação lenta de minerais e moléculas ativas e manter a umidade do solo de acordo com a necessidade das plantas (Losi, 2010).

Os extratos de *Ascophyllum nodosum* são constituídos por citocininas, auxinas, ácido abscísico, giberelinas, betaínas e alginatos e se destacam pelo reconhecido aumento da qualidade dos processos fisiológicos, através da complementação de hormônios de crescimento, aminoácidos, nutrientes importantes (N, P, K, Ca, Mg, S, B, Fe, Mn, Cu e Zn), indução de resistência, promoção da melhoria da qualidade dos frutos e do crescimento das plantas (Khan et al., 2009; Craigie, 2011; Castro et al., 2019). A aplicação do extrato de algas estimula processos fisiológicos da planta como absorção de nutrientes e a fotossíntese, devido às moléculas extraídas (elicitores) da alga (Goëmar, 2006). Plantas pulverizadas com produtos à base de *A. nodosum* podem sofrer um aumento da atividade da nitrato-redutase, uma enzima do metabolismo do nitrogênio, estimulando o crescimento de plantas em condições adversas, principalmente em deficiência de nitrogênio (Durand et al., 2003).

Embora seja bastante utilizada na agricultura, ainda há poucos estudos sobre a aplicação de *A. nodosum* em espécies florestais e em associação a outros insumos como o MAP. Deste modo, o objetivo do trabalho foi avaliar o efeito de doses de extrato de alga (*Ascophyllum nodosum*) associada ou não com fosfato monoamônico, no crescimento inicial de mudas clonais de eucalipto.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido na área experimental da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, campus de Chapadão do Sul – MS, no período entre março e junho de 2024, em um ambiente aberto para chegar o próximo da condição de campo. O delineamento experimental utilizado foi blocos casualizados, em esquema fatorial 2x6 onde foram testadas seis doses de extrato da alga *Ascophyllum nodosum* (0; 10; 20; 30; 40 e 50 mL L⁻¹ água), aplicadas por imersão do torrão da muda, na presença ou ausência de fosfato monoamônico (Energy®, na dose de 15,0 g L⁻¹ de água), com quatro repetições. Cada parcela foi constituída por duas mudas clonais de eucalipto H13 (*E. urophylla*), doadas pela empresa cerradinho, dispostas em sacos de polietileno, com capacidade de 4,0 L de substrato (Figura 1).



Figura 1. Visão geral do experimento em campo após aplicação dos tratamentos, localizada na UFMS, campus de Chapadão do Sul, MS.

Para a produção do substrato utilizou-se uma mistura de solo (Latossolo Vermelho Distrófico) e areia lavada (textura média), na proporção de 3:1, acrescido de adubo químico comercial NPK (10-25-15), na proporção de 10 kg m^{-3} de substrato, que foi homogeneizado com o auxílio de uma betoneira.

As mudas receberam a solução de *Ascophyllum nodosum* na presença ou ausência de fosfato monoamônico, nas respectivas doses testadas, aplicadas diretamente no substrato, por imersão do torrão. Estas ficaram imersas nas respectivas soluções por um período de, aproximadamente, 15 segundos (tempo necessário para haver a completa saturação do substrato com a solução) (Figura 2).



Figura 2. Aplicação das doses do extrato de *Ascophyllum nodosum*, por imersão do torrão das mudas de eucalipto.

Ao longo da condução do experimento foram realizadas operações de manutenção como irrigação diária, remoção de plantas invasoras, combate a formigas cortadeiras e, aplicação de produtos fitossanitários. Aos 90 dias após transplântio foram mensurados o diâmetro de colo (DC, em milímetros) com o auxílio de um paquímetro digital, a altura total (HT, em centímetros) com uma régua graduada, número de folhas (NF), determinação da área foliar utilizando o programa Easy Leaf Area (AF) (Figura 3b) e o índice relativo de clorofila, utilizando-se um clorofilômetro (ClorofiLog, Falker) (Figura 3a).



Figura 3. Medição do índice relativo de clorofila com o Clorofilog Falker (a); determinação da área foliar utilizando o programa Easy Leaf Area (b) e determinação do comprimento máximo de raiz (c) aos 90 DIAS após o transplântio, das mudas de eucalipto, em função da aplicação de doses de *Ascophyllum nodosum* na presença ou ausência de fosfato monoamônico.

Em seguida, as mudas foram seccionadas em raiz, caule e folha. As raízes foram lavadas em água corrente, para a determinação do comprimento máximo de raiz (CR, em centímetros). Para a determinação da massa seca por compartimento (raiz, caule e folha) o material vegetal, devidamente identificado, foi colocado em uma estufa de circulação forçada de ar, a $60^{\circ}\pm 5^{\circ}\text{C}$, até a obtenção da massa seca constante, determinando a massa seca da parte aérea (MSPA), raiz (MSR) e total (MST).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância. Para a variável quantitativa foi realizada análise de regressão, enquanto para a variável qualitativa foi aplicado o teste de Tukey, com 5% de probabilidade (Ferreira, 2019).

Resultados e Discussão

O crescimento inicial das mudas de eucalipto (clone H13), foi afetado significativamente, tanto pelos fatores isolados como pela combinação de doses de extrato de alga (*A. nodosum*) e fosfato monoamônico (Tabela 1 e 2). De modo geral, a aplicação do extrato de alga, em associação ou não com o fertilizante fosfatado, mostrou um comportamento semelhante para todos os parâmetros avaliados, onde houve melhoras nos resultados até uma determinada dose.

Tabela 1. Quadrado médio para diâmetro do colo (DC, mm), altura (HT, cm), índice relativo de clorofila (IRC), comprimento de raiz (CR, cm) e número de folhas (NF) de mudas de um híbrido de *E. urophylla* x *E. grandis* (clone H13), aos 90 dias após transplântio, em função da aplicação de extrato de Alga (Alga) com ou ausência do fertilizante Fosfatado (Fosf.)

FV	GL	QM				
		DC	HT	IRC	CR	NF
Rep.	3	0,029	11,30	2,579	6,912	8,583
Fosf. (F)	1	0,002 ^{ns}	20,09 [*]	43,93 ^{**}	118,44 ^{**}	690,08 ^{**}
Alga (A)	5	0,527 ^{**}	37,97 ^{**}	21,15 ^{**}	41,05 ^{**}	75,35 ^{**}
F x A	5	0,673 ^{**}	27,13 ^{**}	22,98 ^{**}	17,42 ^{**}	6,983 [*]
Erro	33	0,060	3,763	2,498	3,158	4,599
Média		5,99	57,5	60,9	30,70	70,13
CV%		4,12	3,37	2,60	5,79	3,06

ns: não significativo; *: significativo ao nível de 5% de probabilidade; **: significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F; FV: fonte de variação; QM: quadrado médio; CV%: coeficiente de variância.

Tabela 2. Quadrado médio para área foliar (AF), massa seca de raiz (MSR, g), massa seca da parte aérea (MSPA, g) e massa seca total (MST, g) de mudas de um híbrido de *E. urophylla* x *E. grandis* (clone H13), aos 90 dias após transplantio, em função da aplicação de extrato de Alga (Alga) com ou ausência do fertilizante Fosfatado (Fosf.)

FV	GL	QM			
		AF	MSR	MSPA	MST
Rep.	3	160,55	0,060	0,064	0,222
Fosf. (F)	1	41519,4**	1,244**	5,761**	12,36**
Alga (A)	5	19085,6**	6,917**	5,114**	20,06**
F x A	5	17756,5**	2,987**	1,478**	2,758**
Erro	33	108,56	0,041	0,081	0,089
Média		832,07	7,89	13,34	21,23
CV%		1,15	2,58	2,15	1,40

Para o diâmetro do colo (DC) o maior valor foi alcançado utilizando-se a dose 32,8 mL L⁻¹ (6,2 mm) quando associado ao Energy®, e de 17,1 mL L⁻¹ (6,4 mm), na sua ausência (Figura 4a). Se comparado ao valor observado pela testemunha, houve um ganho de 12,7% e 6,0%, quando se utilizou a combinação de alga e fosfato e apenas o extrato de alga, respectivamente. A alga *A. Nodosum* é uma fonte natural de macro e micronutrientes, aminoácidos e reguladores de crescimento, substâncias que afetam o metabolismo celular das plantas e conduzem ao aumento do crescimento, bem como ao incremento da produtividade (Kumari, S et al., 2023). A aplicação de giberelinas provoca aumento, no tamanho e no número de células, o que estimula o alongamento do caule e a diferenciação do câmbio vascular para a maior formação tecidual de xilema e floema em plantas lenhosas (Rodrigues et al., 2015; Santarosa, 2016). Assim como as auxinas, porém por mecanismos diferentes, as giberelinas parecem favorecer o alongamento celular alterando as propriedades da parede celular (Xavier et al., 2021).

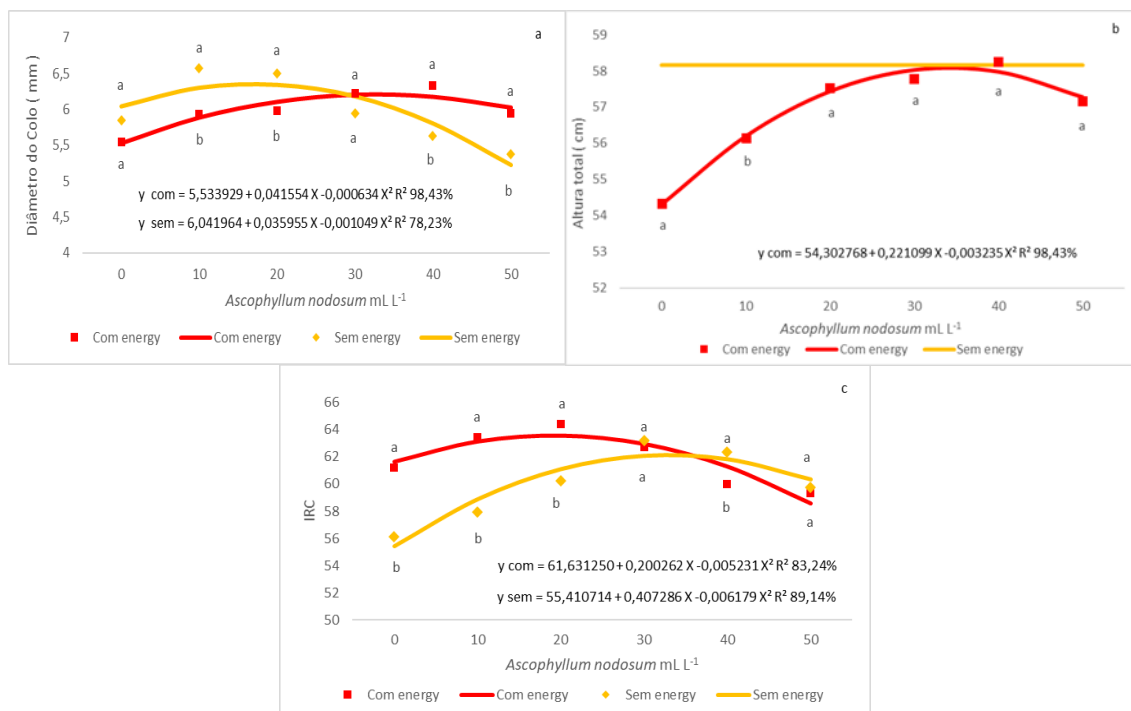


Figura 4. Comportamento do diâmetro do colo (a), da altura total (b), do índice relativo de clorofila (c), em função da aplicação de doses do extrato de *Ascophyllum nodosum*.

A maior altura total das mudas (HT) foi observada utilizando a dose de 34,2 mL L⁻¹ (58,1 cm) em associação com o fertilizante. Enquanto, na sua ausência, independente da dose utilizada (algas), foi obtida uma altura média de 58,16 cm (Figura 4b). Comparando com a testemunha, houve um ganho de 7% e 4,2%, quando se utilizou a combinação de alga e fosfato e apenas o extrato de alga, respectivamente. *A. Nodosum* é uma fonte natural de citocininas que influenciam o movimento de nutrientes para a folha a partir de outras partes da planta, assim como promovem o desenvolvimento de cloroplastos aumentando a fotossíntese e consequentemente à síntese de energia, desta forma a planta cresce mais rapidamente (Taiz 2017). O efeito sinérgico da combinação com o MAP reforça a importância do fósforo como nutriente essencial para o desenvolvimento do eixo caulinar, participando da produção de ATP, fosfolipídios de membrana e nucleotídeos necessários à divisão celular e alongação dos tecidos (García-Gaytán et al., 2022). Assim, os resultados obtidos confirmam que o uso do extrato de *A. nodosum*, com ou sem fertilizante fosfatado, é uma estratégia eficaz para promover o crescimento inicial de mudas florestais, assegurando maior vigor e qualidade no momento do transplântio.

Os maiores valores de índice relativo de clorofila (IRC) foram alcançados utilizando-se 19,1 mL L⁻¹ (63,5) e 33 mL L⁻¹ (62,1), quando associado ou não ao Energy[®],

respectivamente (Figura 4c). Se comparado ao valor observado pela testemunha, houve um ganho de 3,7% e 10,7%, quando se utilizou a combinação de algas e fosfato e apenas o extrato de algas, respectivamente. Como a composição deste extrato é rica em macro e micronutrientes, carboidratos, aminoácidos e promotores de crescimento, a sua utilização estimula processos fisiológicos da planta como absorção de nutrientes e a fotossíntese, promovendo o crescimento da planta (Carvalho; Castro, 2014).

Quanto ao comprimento de raiz (CR) os maiores valores foram alcançados utilizando-se 28,8 mL L⁻¹ (34,5 cm) e 26,1 mL L⁻¹ (31,5cm), quando associado ou não ao Energy®, respectivamente (Figura 5a). Se comparado ao valor observado pela testemunha, houve um ganho de 18% e 29,7%, quando se utilizou a combinação de algas e fosfato e apenas o extrato de algas, respectivamente. Extratos de algas marinhas, especialmente os derivados de *Ascophyllum nodosum*, são reconhecidos como bioestimulantes naturais ricos em compostos fisiologicamente ativos, como fitohormônios (auxinas, citocininas e giberelinas), aminoácidos, polissacarídeos, vitaminas e minerais traço (Khan et al., 2009; Craigie, 2011). Esses compostos atuam na modulação de processos fisiológicos relacionados ao crescimento, como a divisão e alongação celular, resultando em maior desenvolvimento radicular. A maior eficiência do extrato de alga isoladamente (ganho de 29,7%) pode ser explicada por um possível estímulo direto ao sistema radicular, favorecendo o crescimento de raízes finas e a expansão da zona de absorção. Por outro lado, a combinação do extrato de alga com o MAP (Energy®) também promoveu aumento no CR (18%), embora ligeiramente inferior ao uso exclusivo do extrato. Isso pode ser resultado de uma possível saturação do estímulo fisiológico ou de interações entre os compostos presentes nos dois insumos. Ainda assim, o MAP contribui significativamente, fornecendo fósforo – essencial para a formação e crescimento das raízes – e nitrogênio amoniacal, que, além de ser prontamente assimilável, pode acidificar o microambiente rizosférico, favorecendo a disponibilidade de fósforo (Marschner, 2012; Taiz et al., 2017).

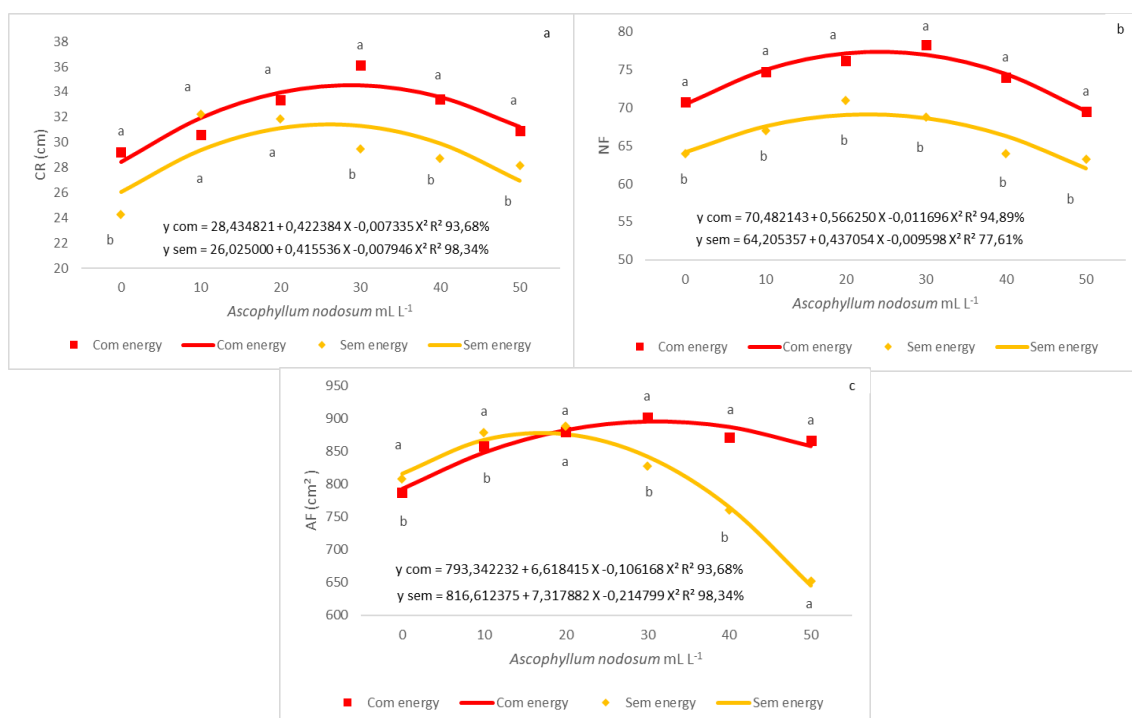


Figura 5. Comprimento de raiz (a), número de folhas (b) e área foliar (c) considerando a aplicação de doses do extrato de *Ascophyllum nodosum* em mudas de *Eucalyptus*.

Para o número de folhas (NF) o maior valor foi alcançado utilizando-se a dose 24,2 mL L⁻¹ (77,3) quando associado ao Energy®, e de 22,8 mL L⁻¹ (69,2), na sua ausência (Figura 5b). Quando comparado com a testemunha, houve um ganho de 9,2% e 8,1%, quando se utilizou a combinação de algas e fosfato e apenas o extrato de algas, respectivamente. Esse efeito pode ser explicado pela presença das citocininas, por exemplo, que são conhecidas por estimular a divisão celular e promover a expansão foliar, além de retardar a senescência das folhas (Taiz et al., 2017). A atuação sinérgica desse composto ativa rotas fisiológicas relacionadas à transcrição gênica, produção de clorofila e transporte de assimilados, culminando em um maior número de folhas e maior área foliar total (Calvo et al., 2014). Além disso, a presença do MAP (Energy®) parece potencializar esse efeito, provavelmente por aumentar a disponibilidade de fósforo e nitrogênio amoniacal em um momento crítico para o estabelecimento das mudas. O fósforo está diretamente relacionado à produção de ATP, essencial para os processos energéticos da fotossíntese e crescimento vegetativo, enquanto o nitrogênio é componente estrutural de aminoácidos e clorofila (Marschner, 2012). Assim, a combinação de extrato de alga e MAP atua de forma complementar: o bioestimulante regula a fisiologia da planta, enquanto o fertilizante supre os nutrientes que sustentam esse crescimento. O fato de a resposta máxima ter ocorrido em doses intermediárias do extrato (em torno de 22–

24 mL L⁻¹) também indica que doses mais altas podem não trazer benefícios adicionais ou até mesmo causar efeitos inibitórios, o que é comum com reguladores de crescimento quando aplicados em excesso (Zhang & Ervin, 2008). Isso reforça a importância da determinação da dose ideal para maximizar a eficiência do insumo, evitando desperdício e possíveis desequilíbrios fisiológicos.

Quanto a área foliar (AF) os maiores valores foram observados utilizando a dose de 31,2 mL L⁻¹ (896,5 cm²) em associação com o fertilizante. Enquanto, na sua ausência, foi obtida a área foliar de 878,9 cm² com a dose de 17 mL L⁻¹ (Figura 5c). Se comparado ao valor observado pela testemunha, houve um ganho de 13,8% e 8,8%, quando se utilizou a combinação de algas e fosfato e apenas o extrato de algas, respectivamente. Esse aumento na área foliar pode estar diretamente relacionado ao melhor desenvolvimento do sistema radicular promovido por esses tratamentos. Uma raiz mais vigorosa, com maior comprimento e densidade, aumenta a capacidade da muda de absorver água e nutrientes essenciais, especialmente fósforo e nitrogênio, elementos fundamentais para o crescimento de tecidos jovens e fotossintetizantes (Lambers et al., 2019). O nitrogênio, fornecido na forma amoniacal pelo MAP, compõe a estrutura da clorofila e das proteínas fotossintéticas, contribuindo para folhas mais desenvolvidas e funcionais. Por outro lado, o extrato de alga fornece substâncias que estimulam a atividade meristemática e a expansão celular nas folhas. Compostos como betainas, polissacarídeos sulfatados e minerais traço têm mostrado efeito positivo na fotossíntese, aumentando a eficiência de uso da luz e a taxa de assimilação de carbono (Bhattacharyya, D et al., 2015). Além disso, o extrato de *A. nodosum* é rico em osmoprotetores e antioxidantes que ajudam a manter a integridade das membranas celulares durante o crescimento rápido, como é o caso do desenvolvimento foliar (Panda et al., 2012).

O uso do extrato de algas também proporcionou aumento na produção de biomassa, para massa seca de raiz (MSR), os maiores valores foram observados utilizando 33,6 mL L⁻¹ (8,3g) e 43,8 mL L⁻¹ (9,0 g), na presença ou não do Energy[®], respectivamente (Figura 6a). Se comparado ao valor observado pela testemunha, houve um ganho de 9,2% e 62%, quando se utilizou a combinação de algas e fosfato e apenas o extrato de algas, respectivamente. A resposta mais expressiva da massa seca de raiz à aplicação isolada do extrato de *Ascomyllum nodosum* pode estar relacionada à capacidade desse bioestimulante de modular positivamente a arquitetura e o metabolismo radicular em condições de menor disponibilidade de nutrientes. Estudo de (Shukla et al., 2019).

demonstra que extratos dessa alga ativam vias metabólicas associadas à síntese de hormônios endógenos (como ácido indolacético e ácido abscísico), que favorecem o alongamento de raízes e o aumento da densidade de raízes laterais. Essa resposta adaptativa pode ser mais evidente em situações em que a planta precisa compensar a ausência de nutrientes no ambiente, direcionando maior parte dos assimilados para a formação de raízes. Além disso, foi demonstrado que compostos bioativos do extrato regulam a expressão de genes ligados ao estresse oxidativo e ao crescimento radicular, contribuindo para maior acúmulo de biomassa subterrânea mesmo sem adubação convencional (Ali et al., 2021).

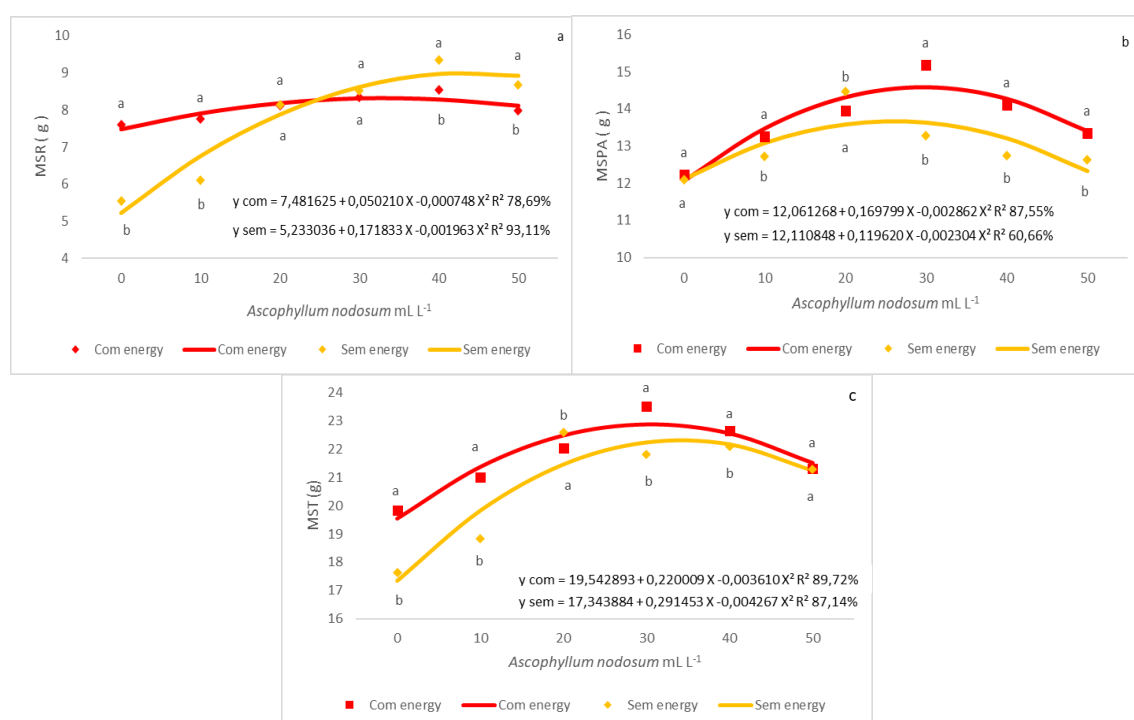


Figura 6. Comportamento da massa seca de raiz (a), massa seca parte aérea (b) e massa seca total (c), em função da aplicação de doses do extrato de *Ascophyllum nodosum*.

Enquanto para MSPA, os maiores valores foram alcançados com as doses de 29,7 mL L⁻¹ (14,6 g) e 26,0 mL L⁻¹ (13,7 g), na presença ou na ausência do Energy®, respectivamente (Figura 6b). Quando comparado com a testemunha, houve um ganho de 19,4% e 13,3%, quando se utilizou a combinação de algas e fosfato e apenas o extrato de algas, respectivamente. A presença do MAP potencializa ainda mais esses efeitos ao fornecer fósforo — nutriente-chave para a formação de estruturas energéticas (ATP), essenciais para os processos anabólicos como a fotossíntese e a síntese de proteínas na parte aérea (Rafiullah e Muhammad 2017). A sinergia entre o extrato de alga e o MAP permite, portanto, que a planta mantenha um equilíbrio funcional entre o sistema radicular

e o aéreo, otimizando o transporte de nutrientes e os mecanismos de crescimento. Em contrapartida, mesmo sem a adição do fertilizante fosfatado, o extrato foi capaz de promover ganhos relevantes, evidenciando seu papel como ferramenta complementar ou alternativa em sistemas de produção de mudas mais sustentáveis.

Quanto a massa seca total (MST) os maiores valores foram alcançados utilizando-se 30,5 mL L⁻¹ (22,9 g) e 21,9 mL L⁻¹ (21,7 g), quando associado ou não ao Energy®, respectivamente (Figura 6c). Se comparado ao valor observado pela testemunha, houve um ganho de 15,4% e 23%, quando se utilizou a combinação de algas e fosfato e apenas o extrato de algas, respectivamente. O aumento pode ser atribuído à ação fisiológica do extrato de *Ascophyllum nodosum*, especialmente nas doses de 21,9 e 30,5 mL L⁻¹, que proporcionaram os maiores ganhos de biomassa. A aplicação do extrato, por imersão do torrão, favorece a absorção direta de compostos bioativos como aminoácidos, polissacarídeos sulfatados, fenóis e fitohormônios (auxinas e citocininas), que atuam sinergicamente na promoção do crescimento vegetal. Essas substâncias estimulam o desenvolvimento radicular, o que, por sua vez, amplia a capacidade da planta em absorver água e nutrientes, resultando em maior produção de tecidos fotossintéticos e, conseqüentemente, de matéria seca (Kumari et al., 2023; Shukla et al., 2021). A presença do fertilizante fosfatado (MAP) potencializou esse efeito, elevando a MST para 22,9 g na dose de 30,5 mL L⁻¹, com um ganho de 15,4% em relação à testemunha. O fósforo é um nutriente essencial na formação de ATP, fundamental para os processos metabólicos de alta demanda energética, como fotossíntese, divisão celular e biossíntese de proteínas. A combinação do extrato de alga com MAP promove um equilíbrio funcional entre a parte aérea e o sistema radicular, otimizando o transporte de nutrientes e a eficiência fisiológica da planta (García-Gaytán et al., 2022).

Conclusão

A aplicação do extrato de alga *Ascophyllum nodosum*, isoladamente ou em combinação com o fertilizante fosfato monoamônico, promoveu efeitos positivos no crescimento inicial de mudas clonais de eucalipto H13. O uso isolado do extrato favoreceu o comprimento de raízes, a massa seca de raízes e a massa seca total, enquanto a associação com o fertilizante fosfato monoamônico potencializou a produção do diâmetro de colo, da altura total, do número de folhas, da área foliar, do índice relativo de clorofila e da massa seca da parte aérea. Com base nas variáveis avaliadas, a melhor dose

foi a de 30 mL L⁻¹ de extrato de alga, em associação com o fosfato monoamônico, pois ofereceu os melhores resultados de crescimento das mudas de eucalipto. Os resultados evidenciam o potencial dos bioestimulantes e da adubação fosfatada via imersão como tecnologias complementares para melhorar a qualidade de mudas florestais e acelerar seu estabelecimento em campo.

Referências

- ALI O, RAMSUBHAG A, JAYARAMAN J. Biostimulant Properties of Seaweed Extracts in Plants: Implications towards Sustainable Crop Production. **Plants (Basel)**, 2021.
- BEZERRA, F. C. Produção de mudas de hortaliças em ambiente protegido. **Embrapa Agroindústria Tropical**, Fortaleza, 2003. 22 p. (Documentos, 72).
- BHATTACHARYYA, D. et al. Seaweed extracts as biostimulants in horticulture. **Scientia Horticulturae**, v. 196, p. 39–48, 2015.
- BRASIL, I. D. S.; LINS, T. R. da S.; CUNHA NETO, E. M. da; ARAUJO, E. C. G.; SANQUETTA, C. R.; CORTE, A. P. D.; NAKAJIMA, N. Y. Nutrição e proteção de mudas florestais com cupinicida + MAP. agosto de 2019.
- CALVO, P.; NELSON, L.; KLOEPER, J.W. Agricultural uses of plant biostimulants. **Plant and Soil**, v.383, p.3–41, 2014.
- CARVALHO M. E. A., CASTRO P. R. C., Extrato de alga e suas aplicações na agricultura, Serie **Produtor rural**, n. 56, 2014.
- CRAIGIE, J. S. Seaweed extract stimuli in plant science and agriculture. **Journal of Applied Phycology**, v.23, p.371–393, 2011.
- DURAND, N.; BRIAND, X.; MEYER, C. The effect of marine bioactive substances and exogenous cytokinins on nitrate reductase activity in *Arabidopsis thaliana*. **Physiologia Plantarum**, v. 119, p. 489-493, 2003. Editora UFV, 2012. p. 92-101.
- ELOY, E.; CARON, B. O.; SCHMIDT, D.; BEHLING, A.; SCHWERS, L.; ELLI, E. F. Avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis* utilizando parâmetros morfológicos. **FLORESTA**. v. 43, n. 3 (2013). Disponível em:

<https://core.ac.uk/reader/328062880>.

FERREIRA, D. F. SISVAR: A COMPUTER ANALYSIS SYSTEM TO FIXED EFFECTS SPLIT PLOT TYPE DESIGNS. **REVISTA BRASILEIRA DE BIOMETRIA**, [S.l.], v. 37, n. 4, p. 529- 535, dec. 2019.

FERREIRA, M. E. et al. Eficiência da aplicação de fósforo via imersão de mudas florestais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 44, e0190077, 2020.

GARCÍA-GAYTÁN, V. et al. Phosphorus nutrition in plants: roles, uptake, and deficiency symptoms. **Plants, Basel**, v. 11, n. 6, p. 777, 2022

GOËMAR, 2006. Laboratório do mar. Disponível em www.goëmar.com.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES - IBÁ. Anuário estatístico, 2023, ano base, 2022.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES (IBÁ). Relatório Anual Ibá 2024. 88 p.

KHAN, W. et al. Seaweed extracts as biostimulants of plant growth and development. **Journal of plant growth regulation**, v. 28, p. 386-399, 2009.

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.

KUMARI, S.; SEHRAWAT, K. D.; PHOGAT, D.; SEHRAWAT, A. R.; CHAUDHARY, R.; SUSHKOVA, S. N.; VOLOSHINA, M. S.; RAJPUT, V. D.; SHMARAEVA, A. N.; MARC, R. A.; SHENDE, S. S. *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jolis, a pivotal biostimulant toward sustainable agriculture: a comprehensive review. **Agriculture, Basel**, v. 13, n. 6, p. 1179, 2023.

LAMBERS, H.; CHAPIN, F. S.; PONS, T. L. *Plant Physiological Ecology*. 2nd ed. **Springer**, 2019.

LOSI, L. C. Uso de *Ascophyllum nodosum* para o enraizamento de microestacas de eucalipto. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem). 76 f. Universidade Estadual Paulista. Botucatu, SP. 2010.

MARSCHNER, P. *Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants*. 3rd ed. **Academic Press**, 2012.

PANDA, D.; PRAMANIK, K.; NAYAK, B. R. Use of Sea Weed Extracts as Plant Growth Regulators for Sustainable Agriculture. **International Journal of Bio-resource and Stress Management**, v. 3, n. Sep., p. 404–411, 2012.

RAFIULLAH, MJ KHAN; D. MUHAMMAD. Aplicação foliar de fósforo para aumentar a utilização de fósforo e o crescimento das culturas: um estudo hidropônico. **Sarhad Journal of Agriculture**, 34(1): 47-53, 2017.

RODRIGUES, J. D.; FIOREZE, S. L. Reguladores são, para muitos cultivos, indispensáveis ao alcance de bons níveis. **Visão Agrícola**, v. 13, n. 1, p. 35-39, 2015.

RUDEK, A.; GARCIA, F. A.; PERES, F. Avaliação da qualidade de mudas de eucalipto pela mensuração da área foliar com uso de imagens digitais. **Enciclopedia Biosfera**, v. 9, n. 17, 2013.

SANTAROSA, E. Alterações anatômicas do sistema vascular em porta-enxertos de videira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 4, p. 320-329, 2016.

SHUKLA, P. S. et al. Seaweed-based biostimulants: Sustainable crop production under abiotic stress. **Plants, Basel**, v. 10, n. 5, p. 854, 2021.

SHUKLA, P. S., MANTIN, E. G., ADIL, M., BAJPAI, S., CRITCHLEY, A. T., & PRITHIVIRAJ, B. (2019). *Ascophyllum nodosum*-Based Biostimulants: Sustainable Applications in Agriculture for the Stimulation of Plant Growth, Stress Tolerance, and Disease Management. **Frontiers in Plant Science**, 10, 655.

SOUZA, C. R. et al. Aplicação de fósforo na pré-plantação: efeito na sobrevivência e crescimento de mudas de eucalipto. **Revista Árvore**, v. 39, n. 6, p. 1167–1175, 2015.

SUASSUNA, C. F.; FERREIRA, N. M.; SÁ, F. V. S.; BERTINO, A. M. P.; MESQUITA, E. F.; PAIVA, E. P.; JESUS, P. L. M.; BERTINO, A. M. P. Produção de mudas de cajueiro anão precoce cultivado em diferentes substratos e ambientes. **Revista Agrarian**, Dourados, v. 9, n. 33, p. 197-209, 2016.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia e desenvolvimento vegetal*. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

TONELLO, K. C., TEIXEIRA FILHO, J. Efeito das variáveis ambientais no comportamento ecofisiológico de dois clones de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*: condições de campo. **Scientia Forestalis**, v. 39, n. 92, p. 419-431, 2011.

XAVIER, A.; WENDLING, I.; SILVA, R. L. da. *Silvicultura clonal: Princípios e técnicas*. 3 ed. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2021.

ZHANG, X.; ERVIN, E. H. Cytokinin-containing seaweed and humic acid extracts associated with creeping bentgrass leaf cytokinins and drought resistance. **Crop Science**, v. 48, p. 364–370, 2008.