

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
SETOR DE ENGENHARIAS, CIÊNCIAS AGRÁRIAS E DE TECNOLOGIA
CURSO DE AGRONOMIA

VINÍCIUS CORDEIRO DE MORAES

PRODUÇÃO DA CULTURA DA CEVADA EM FUNÇÃO DO
TRATAMENTO DE SEMENTES E APLICAÇÃO FOLIAR DE EXTRATOS
DE ALGAS

PONTA GROSSA
2025

VINÍCIUS CORDEIRO DE MORAES

PRODUÇÃO DA CULTURA DA CEVADA EM FUNÇÃO DO
TRATAMENTO DE SEMENTES E APLICAÇÃO FOLIAR DE EXTRATOS
DE ALGAS

Trabalho apresentado à Disciplina OTCC
como requisito parcial para obtenção de
Grau de Engenheiro Agrônomo na
Universidade Estadual de Ponta Grossa.
Orientadora: Dra. Silvana Ohse

PONTA GROSSA
2025



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
SETOR DE ENGENHARIAS, CIÊNCIAS AGRÁRIAS E DE TECNOLOGIA
COLEGIADO DO CURSO DE AGRONOMIA
COORDENAÇÃO DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

OTCC - Ano 2025

AVALIAÇÃO DE TCC

RELATÓRIO DA BANCA EXAMINADORA

Título da Monografia: Produção da Cultura da cevada em função do tratamento de sementes e aplicação foliar de extratos de algas.

Autor (a): Vinicius' Cardeira de Moraes

Data da defesa: 08/15/25 Horário: 17h06 Local: Sala 43

Avaliadores:

1-Orientador (a): Silvana Ohse Assinatura: [Assinatura]

2-Avaliador (a): Lucas A. M. Lisboa Assinatura: [Assinatura]

3-Avaliador (a): Renato Eduardo Reis Assinatura: [Assinatura]

Itens a serem avaliados	Notas atribuídas		
	Orientador(a)	1º Avaliador(a)	2º Avaliador(a)
I- Apresentação oral (Até 2,0)	2,0	2,0	2,0
II- Trabalho escrito (Até 6,0)	5,8	4,5	6,0
III- Arguição (Até 2,0)	2,0	2,0	2,0
TOTAL	8,5	9,8	10,0
MÉDIA FINAL *	9,43		

* Orientador(a) nota final com uma casa após a vírgula

Atenção Professor(a) ORIENTADOR(A):

No caso de apresentação de trabalho, em evento técnico-científico, no qual o acadêmico conste como autor, poderá ser acrescentado ATÉ 10% da nota, na somatória final. Apresentar comprovante junto com os documentos entregues para a Coordenação de TCC.

FORMULÁRIO 4
OTCC
AGRONOMIA

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a minha orientadora, Prof. Dra. Silvana Ohse, por toda a orientação, colaboração e auxílio no presente trabalho, por toda a confiança e apoio, e por me incentivar durante toda a graduação, me dar a oportunidade de fazer parte da equipe no laboratório e pela amizade construída durante esses anos.

Ao Prof. Dr. Lucas Aparecido Manzani Lisboa e ao Dr. Heverton de Melo por aceitarem compor a banca avaliadora e contribuir com o presente trabalho.

A minha família, em especial a minha mãe Fabiola Adimari Cordeiro, minha namorada Eduarda Mulinari e meu irmão Carlos Henrique Cordeiro de Moraes, por sempre me apoiarem, incentivarem e estarem do meu lado em todos os momentos.

Ao pessoal do Laboratório de Fisiologia Vegetal Aplicada II, em especial a Lilyan Barbara Ruivo, Lucas Zimmermann Bitencourt, Pedro Maia Zeny e Northon Bach, por toda ajuda durante o desenvolvimento e avaliação do trabalho, por toda a parceria e amizade durante os anos de graduação.

Ao pessoal da Fazenda Escola Capão da Onça, por todo o apoio durante a condução experimental.

A empresa Vigran, pelos produtos FISIOROOT e FISIOGRAN, utilizados no presente trabalho.

Ao Laboratório de Cultivo de Algas, pertencente à Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) pelo fornecimento das microalgas.

RESUMO

MORAES, V. **Produção da cultura da cevada em função do tratamento de sementes e aplicação foliar de extratos de algas**. Orientadora: Silvana Ohse. Ponta Grossa, 2025. Trabalho de conclusão de curso – Curso de Agronomia, Universidade Estadual de Ponta Grossa, 2025.

A cevada é uma Poaceae cultivada na região sul do Brasil, principalmente pelos estados do Paraná (PR) e Rio Grande do Sul (RS). A produção nacional de cevada é totalmente voltada na fabricação de malte, que demanda cerca de 1,5 milhão de toneladas por ano, no entanto, a produção nacional supre apenas 43% desse total, evidenciando a dependência de importações. Além disso, eventos climáticos extremos têm se intensificado, impactando negativamente a produção agrícola. Nesse contexto, ressalta-se a necessidade de se buscar no manejo da cultura, formas de aumentar sua produtividade, tais como uso de produtos à base de algas. Assim, foi desenvolvido um experimento em blocos casualizados instalados em faixas, em esquema fatorial (3x3), constando como fator principal três tratamentos de sementes (FISIOROOT [*Ascophyllum nodosum* e *Kappaphycus alvarezii*], blend de microalgas [*Arthrospira platensis*, *Tetrademus obliquus* e *Chaetoceros muelleri*] e testemunha), e como fator secundário três tratamentos foliares (FISIOGRAN [*Ascophyllum nodosum* e *Kappaphycus alvarezii*], o mesmo blend de microalgas utilizado via sementes e testemunha), totalizando nove tratamentos com quatro repetições, na Fazenda Escola Capão da Onça-UEPG, com a cultura da cevada, cv. Imperatriz. A aplicação foliar do produto FISIOGRAN e do blend de microalgas não surtiram efeitos sobre as variáveis analisadas. O tratamento de sementes com FISIOROOT aumentou a altura de plantas e o número de perfilhos por planta, porém reduziu o comprimento de espiga e a massa de cem grãos. A associação dos fatores tratamento de sementes e aplicação foliar de extratos de algas, reduziu o número de grãos por espiga, aumentando entretanto, a produtividade da cultura da cevada. O tratamento de sementes com o produto FISIOROOT incrementou a produtividade da cevada, em 49,73% quando associado à aplicação foliar do produto FISIOGRAN e, em 50,53% quando associado ao blend de microalgas.

Palavras-chave: *Hordeum vulgare* L., bioestimulantes, manejo de culturas, macroalgas, microalgas.

Sumário

1	INTRODUÇÃO	5
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	7
2.1	CULTURA DA CEVADA	7
2.1.1	Taxonomia e características morfológicas	7
2.1.2	Importância econômica da cevada	8
2.2	EXIGÊNCIAS EDAFOCLIMÁTICAS	9
2.3	BIOESTIMULANTES	10
2.3.1	<i>Ascophyllum nodosum</i> (L.) Le Jolis	12
2.3.2	<i>Kappaphycus alvarezii</i> (Doty)	13
2.3.3	<i>Arthrospira platensis</i> Gomont	14
2.3.4	<i>Chaetoceros muelleri</i> Lemmermann	14
2.3.5	<i>Tetrademus obliquus</i>	15
3	OBJETIVOS	16
3.1	OBJETIVO GERAL	16
3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
3.3	HIPÓTESES	16
4	MATERIAL E MÉTODOS	17
4.1	LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL	17
4.2	DELINEAMENTO E MANEJO EXPERIMENTAL	18
4.3	VARIÁVEIS ANALISADAS	21
5	RESULTADO E DISCUSSÃO	23
6	CONCLUSÕES	32
	REFERÊNCIAS	33

1 INTRODUÇÃO

A cevada (*Hordeum vulgare* L.) é um cereal de inverno pertencente à família botânica Poaceae, originado no oriente médio. O cereal foi um dos primeiros do mundo a ser domesticado, sendo cultivado para alimentação humana e animal, para a produção de malte, farinha, forragem verde, silagem, feno e de ração (Galom *et al.*, 2011). A cultura começou a se expandir no Brasil a partir da década de 70, por iniciativa da indústria cervejeira (EMBRAPA, 2022), encontrando-se, desde 2007, como o terceiro maior produtor e consumidor mundial de cerveja, apresentando consumo médio de 60,7 litros per capita (Dias; Falconi, 2018). O Paraná configura-se como o maior produtor brasileiro do cereal, e com a inauguração da maltaria “Campos Gerais” em Ponta Grossa/PR, o incentivo tanto à expansão da área cultivada, como a busca por técnicas que maximizem a produtividade da cultura serão crescentes.

O cultivo mundial de cevada, em razão das suas exigências climáticas, destaca-se em países subtropicais e temperados, tais como a Rússia, França, Ucrânia, Alemanha e Austrália. Dessa forma, o cultivo de cevada no Brasil ocorre primordialmente na região Sul, colocando o país na 46ª posição na produção do grão, comprovando que não somos autossuficientes, e que, estamos na dependência de sua importação (FAOSTAT, 2022). Na safra 2024 a região Sul do Brasil produziu 403,2 mil toneladas, com produtividade média de 3.597 kg ha⁻¹ em 112,1 mil ha, panorama que evidencia a necessidade de se aumentar a área cultivada ou, de se buscar tecnologias que maximizem a produtividade da cultura. O estado do Paraná destaca-se como maior produtor, respondendo por aproximadamente 65,7% da produção nacional em 63,2% da área cultivada (CONAB, 2025).

Atualmente, a demanda anual por malte no Brasil é de aproximadamente 1,5 milhões de toneladas, enquanto a produção nacional atende somente 43% da demanda interna, conjuntura que, denota a dependência de importação do grão para suprir a necessidade nacional. Somada a isso, a ocorrência de eventos climáticos extremos vem aumentando substancialmente, causando reduções significativas na produção agrícola (USDA, 2023; CONAB, 2025). Ante ao exposto, torna-se imprescindível à busca por alternativas de manejo que visem maximizar a produtividade da cultura da cevada, aspirando diminuir a dependência da importação, minimizar o uso de insumos renováveis a longos períodos de tempo, produtos sintéticos de alta toxicidade aos organismos e microrganismos benéficos às plantas e, aos seres humanos.

O aumento da produtividade das culturas, anteriormente à década de 80, era atribuído à utilização de cultivares altamente melhoradas, maquinários de alta tecnologia e pela

intensificação do uso de macronutrientes aplicados no local certo, na fonte, dose e época certas. Durante as décadas de 80 e 90, estudos demonstraram que a adubação com micronutrientes também se fazia necessária, visto que eram exportados das lavouras via grãos sem a devida reposição (Santos; Estefanel, 1986; Ribeiro; Santos, 1991; Ribeiro; Santos, 1996; Ohse *et al.*, 1999; Marchezan *et al.*, 2001). Atualmente, o uso de produtos à base de algas vêm sendo amplamente utilizados como bioestimulantes, devido à sua composição rica em nutrientes, aminoácidos, hormônios (auxinas, citocininas e giberelinas), carboidratos, e proteínas etc., atrasando a deterioração de frutos, melhorando a germinação, o vigor de plântulas e plantas, elevando a tolerância a condições ambientais adversas, refletindo em maiores produtividades (Calvo *et al.*, 2014; Lorenzo *et al.*, 2017; Altindal, 2019; Kumari *et al.*, 2023; Meddich, 2023; Moraes *et al.*, 2023). Os bioestimulantes mais utilizados são os a base das macroalgas marinhas *Ascophyllum nodosum* (Goni; Quille; O'connell, 2018; Langowski *et al.*, 2019; Shukla *et al.*, 2019) e *Kappaphycus alvarezii*. Não obstante, recentemente, tem-se considerado o uso de extratos de microalgas para essa finalidade (Zerrifi *et al.*, 2018; Colla; Rouphael, 2020; Rachidi *et al.*, 2020; Rachidi *et al.*, 2021; Refaay *et al.*, 2021; González-pérez *et al.*, 2022; Moraes *et al.*, 2023; Moraes *et al.*, 2025).

Neste contexto, o trabalho teve por objetivo avaliar a aplicação via sementes e via foliar de produtos com extratos das macroalgas *Kappaphycus alvarezii* e *Ascophyllum nodosum* e de um blend de microalgas (*Arthrospira platensis*, *Tetrademus obliquus* e *Chaetoceros muelleri*) sobre variáveis do crescimento e componentes da produção na cultura da cevada na região de Ponta Grossa/PR.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 CULTURA DA CEVADA

2.1.1 Taxonomia e características morfológicas

A cevada (*Hordeum vulgare* L.) pertence ao reino Plantae, divisão Magnoliophyta, classe Liliopsida, ordem Poales, família das Poaceae, gênero *Hordeum*, espécie cultivada *Hordeum vulgare* (Fontana *et al.*, 2016). A espécie cultivada *H. vulgare* apresenta as subespécies: *H. vulgare* spp. *vulgare* (cevada hexástica, utilizada como forragem), *H. vulgare* spp. *distichum* (cevada dística, utilizada na indústria cervejeira) e *H. vulgare* spp. *spontaneum* (cevada de inverno e de primavera), sendo a *H. vulgare* spp. *vulgare* a mais utilizada por servir tanto para indústria cervejeira quanto para alimentação animal (Ferreira, 2015).

A espécie é uma angiosperma monocotiledônea, ou seja, contém somente um cotilédone em suas sementes. Apresenta sistema radicular fasciculado, podendo atingir até um metro de comprimento e, caule do tipo colmo, cilíndrico e separado por nós de onde se desenvolvem as folhas, que são alternas, longas e estreitas, com a presença de lígula membranosa e aurícula do tipo amplexicaule e glabra, o que permite diferenciar a cevada de outros cereais (Wetzel, Ferreira, 2007).

A inflorescência da cevada é uma espiga terminal, composta por uma raque central, na qual estão dispostas as espiguetas em número variável, que são uniflorais e apresentam estruturas de proteção que são chamadas de pálea e lema, além disso, as espigas podem ou não apresentar aristas. Dependendo da cultivar, a cevada pode conter espigas com duas fileiras (dística), quando apresentam duas fileiras de flores férteis disposta na raquis e, espigas de seis fileiras (hexástica), quando apresentam seis fileiras de flores férteis, diferença essa que impacta diretamente na forma e qualidade dos grãos (EMBRAPA, 2023).

Os frutos são do tipo cariopse, denominados de grãos. Apresentam formato alongado, tendo as extremidades cônicas e a parte central mais espessa. O tegumento apresenta fibras alimentares (também distribuídas por todo o grão), vitaminas do complexo B, minerais e antioxidantes em sua composição, apresenta maior resistência para proteger do ataque de predadores e microrganismos (Ferreira, 2015; EMBRAPA, 2021). Externamente ao tegumento, a cariopse apresenta o pericarpo (oriundo do ovário) e, internamente ao tegumento, apresenta a camada de aleurona. Este conjunto representa 13% da massa do grão, sendo a camada de aleurona a mais importante para indústria cervejeira, por produzir as enzimas α -amilases, β -glucanases, β -amilases, enzimas desramificadoras (dextrinases, pululonases etc.), enzimas

necessárias para a sacarificação do amido na malteação, essenciais à produção de álcool durante o processo de fermentação (Ferreira, 2015).

2.1.2 Importância econômica da cevada

A cevada é uma cultura de inverno de grande importância econômica global, ocupando a quarta posição entre os cereais mais cultivados mundialmente, ficando atrás somente, do milho, arroz e trigo (EMBRAPA, 2023). Seus principais usos incluem a produção de bebidas, como cerveja e destilados, a fabricação de farinhas e flocos para panificação, a produção de medicamentos e a formulação de produtos dietéticos e substitutos do café. Além disso, a cevada é utilizada na alimentação animal, tanto como forragem verde quanto na formulação de rações (EMBRAPA, 2022).

A produção mundial de cevada na safra 2024 alcançou 142,47 milhões de toneladas, sendo a União Europeia responsável por 35% da produção global total, seguida pela Rússia (11%), Austrália (8%), Canadá (6%), Reino Unido (5%) e Peru (5%). O Brasil ocupa a 27ª posição, respondendo por 0,3% da produção global (USDA, 2025).

A produção brasileira de cevada está concentrada na Região Sul, com destaque para os estados do Paraná e Rio Grande do Sul. A área cultivada no país, na safra de 2024 foi de 123,1 mil ha, representando uma diminuição de 9,78% em relação à safra de 2023, com uma produção de 461,0 mil toneladas. A área cultivada com cevada no estado do Paraná em 2024 foi de 77,8 mil ha, correspondendo a 65,74% da área nacional, com uma produção de 288,2 mil toneladas, sendo responsável por 65,73% da produção nacional, atingindo produtividade média de 4.097 kg ha⁻¹, superior à média nacional de 3.775 kg ha⁻¹ (CONAB, 2025).

Em termos de mercado, aproximadamente 65% da produção mundial de cevada destina-se à alimentação animal, 20% para a produção de malte para indústria cervejeira e 15% para consumo humano direto (DERAL, 2020). No Brasil, a cevada possui grande relevância econômica, especialmente na indústria cervejeira, que utiliza toda a produção nacional para a fabricação de malte. Atualmente, a demanda anual de malte no Brasil é de aproximadamente 1,5 milhões de toneladas, no entanto, a produção nacional atende somente 43% (EMBRAPA, 2020). Conjuntura que, denota a dependência de importação do grão para suprir a demanda interna nacional, seja pelo seu alto consumo, seja pelo crescente aumento do número dos estabelecimentos produtores de cerveja registrados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) e de maltarias, tendo a produção de cerveja alcançado cerca de 15 bilhões de litros em 2024 (MAPA, 2024).

Em 2019, o país importou 671 mil toneladas de grãos de cevada, posicionando-se como o décimo primeiro maior importador mundial e, 1,09 milhão de toneladas de malte, sendo o maior importador global deste produto (MAPA, 2021). Com o aumento da demanda por malte, no ano de 2024, o Brasil importou 769 mil toneladas de cevada entre janeiro e outubro, superando em 27% o ano de 2023, bem como o recorde histórico de 2019 (Freitas, 2024). À vista disso, e considerando os eventos climáticos extremos que vêm assolando o sul do Brasil nos últimos anos, região propícia ao cultivo da cevada, uma das possibilidades de minimizar importações é buscar no manejo, técnicas que maximizem a produtividade da cultura.

2.2 EXIGÊNCIAS EDAFOCLIMÁTICAS

A cevada apresenta exigências edafoclimáticas semelhantes às do trigo (*Triticum aestivum* L.), por conseguinte, as regiões brasileiras mais indicadas para seu cultivo são aquelas de clima temperado e com baixa umidade relativa do ar durante o florescimento e a maturação. Temperaturas altas e umidade relativa do ar excessivas podem aumentar a incidência de doenças, sendo necessário períodos frios para o desenvolvimento adequado da cultura. O período mais comum de cultivo no Sul do Brasil se dá entre os meses de junho e novembro, enquanto em São Paulo, Goiás, Distrito Federal e Minas Gerais, a produção ocorre entre maio e setembro (Queiroga *et al.*, 2024).

A temperatura ideal para a germinação das sementes de cevada é de 20°C, temperaturas muito baixas podem induzir dormência curta, diminuindo o índice de velocidade de emergência, enquanto temperaturas muito altas podem induzir dormência longa (Carvalho *et al.*, 2022). Já a faixa de temperatura para o crescimento vegetativo da cevada situa-se entre 10 e 24°C, temperaturas próximas a 10°C podem prolongar o ciclo da cultura, enquanto temperaturas mais altas podem acelerar o desenvolvimento, influenciando a produtividade e qualidade dos grãos (EOS, 2024).

A cevada possui tolerância moderada à seca, mas para alcançar boa produtividade, o suprimento adequado de água durante seu ciclo de desenvolvimento é essencial, especialmente em fases críticas como a floração e o enchimento de grãos (Bueno *et al.*, 2020). Cerca de 300 mm pode ser suficiente em regiões com boa distribuição da precipitação, mas a faixa ideal gira em torno de 450 e 600 mm, principalmente durante o período de crescimento ativo, todavia, acima de 700 mm aumenta o risco de ocorrência de doenças, podendo prejudicar a qualidade dos grãos (Queiroga *et al.*, 2024). A redução do teor de oxigênio no solo pode refletir em prejuízos significativos à cultura da cevada, devido à redução da respiração aeróbica das células

vivas das raízes, consequentemente da produção de energia (Adenosina trifosfato), afetando negativamente a absorção e o transporte de nutrientes (despolarização de membranas), resultando em clorose das folhas (efeito da síntese de etileno pelo estresse), reduzindo a interceptação de fótons e também, a formação de novas folhas, com isso, reduzindo a taxa fotossintética (Taiz *et al.*, 2021).

Solos bem drenados, com boa fertilidade e pH próximo à neutralidade (entre 6,0 e 6,5), são ideais para o cultivo da cevada, em virtude da solubilidade dos elementos químicos essenciais, principalmente os macronutrientes (Malavolta, 2006). A rotação de culturas e a escolha adequada de culturas antecessoras, como soja e feijão, influenciam na disponibilidade de nitrogênio no solo, auxiliando o desenvolvimento da cevada (Wamser, 2007).

2.3 BIOESTIMULANTES

Ao longo das décadas de 80 e 90, pesquisas evidenciaram a importância da reposição de micronutrientes, uma vez que estes eram removidos das lavouras através dos grãos sem a devida restituição (Ribeiro; Santos, 1996; Marchezan *et al.*, 2001). Posteriormente, surgiram compostos naturais ou sintéticos conhecidos como fitoestimulantes, biofertilizantes, bioestimulantes, biorreguladores ou fitoprotetores, formulados com uma combinação de aminoácidos, vitaminas, micronutrientes e reguladores de crescimento vegetal. Esses produtos podem ser aplicados ao solo, diretamente nas plantas ou via tratamento de sementes e, mesmo em pequenas quantidades, promovem o crescimento e desenvolvimento das culturas (Calvo *et al.*, 2014).

A busca por práticas que maximizem a defesa das culturas, agredindo cada vez menos o ambiente, e que, culminem com o aumento da produtividade vem se intensificando massivamente. Razões pelas quais, as instituições de fomento têm destinado recursos cada vez mais frequentes a pesquisas com bioinsumos, biofertilizantes, agentes biológicos de controle e bioestimulantes, os quais vêm conquistando cada vez mais espaço na agricultura (Pereira; Simonetti, 2021). Segundo o Programa Nacional de Bioinsumos (PNB) lançado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), o termo bioestimulante é conceituado como: *“Produto que contém substância natural com diferentes composições, concentrações e proporções, que pode ser aplicado diretamente nas plantas, nas sementes e no solo, com a finalidade de incrementar a produção, melhorar a qualidade de sementes, estimular o desenvolvimento radicular, favorecer o equilíbrio hormonal da planta e a germinação mais rápida e uniforme, interferir no desenvolvimento vegetal, estimular a divisão, a diferenciação*

e o alongamento celular, incluídos os processos e as tecnologias derivados do bioestimulante”. Tal conceito vem ao encontro do postulado por Calvo *et al.* (2014), que sustentam que esses produtos são constituídos pela mistura de aminoácidos, vitaminas, nutrientes e reguladores de crescimento naturais ou sintéticos que podem ser aplicados via solo, foliar ou semente, com a finalidade de estimular o crescimento e desenvolvimento das culturas, consequentemente sua produtividade (Meddich, 2023).

Diversos trabalhos têm evidenciado o potencial do uso de bioestimulantes na agricultura, demonstrando um aumento na produtividade, desenvolvimento, mitigação de estresses bióticos e abióticos, aumento na defesa das plantas, além de outros efeitos benéficos as plantas em diversas culturas (Du Jardin, 2015; Shukla *et al.*, 2019; Youssef *et al.*, 2019; Silva, Silva, 2021; Suzart, Vendramini, 2021; Lema *et al.*, 2023; Moraes *et al.*, 2023; Silva *et al.*, 2024).

Entre os bioestimulantes mais utilizados, destacam-se os à base das macroalgas marinhas *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jolis e *Kappaphycus alvarezii* (Doty) (Calvo *et al.*, 2014; Battacharyya *et al.*, 2015; Lorenzo *et al.*, 2017; Youssef *et al.*, 2019; El Boukhari *et al.*, 2020; Meddich, 2023; Kumari *et al.*, 2023). O uso de macroalgas na agricultura não é recente, tendo em conta que seu emprego data do período neolítico (14.600 a.C.), onde comunidades costeiras utilizavam essas algas como fertilizantes naturais, devido à sua riqueza nutricional (Dillehay *et al.*, 2008). Entretanto, somente no século XX, por volta dos anos 50 passaram a ser comercializados com o objetivo de melhorar a nutrição das plantas e estimular respostas às condições de estresse hídrico (Galindo, 2019).

Além dos bioestimulantes à base de macroalgas marinhas (Seaweed Extracts), os à base de microalgas, tanto de águas salgadas como de águas doces, vêm ganhando destaque na produção de bioestimulantes devido à sua rápida produção e composição rica em nutrientes e metabólitos promotores do crescimento e indutores de defesa. Uma das suas principais vantagens é a possibilidade de aproveitar a biomassa oriunda dos processos de biorremediação na fertilização de solos ou de mananciais. A biomassa dessas microalgas é rica em massa orgânica e substâncias inorgânicas como nitrogênio e fósforo (Kapoor; Wood; Llewellyn, 2021; Victor, 2024).

Os compostos biologicamente ativos das microalgas podem ser atribuídos a vários grupos primários, como polissacarídeos, polifenóis, aminoácidos, peptídeos, lipídeos e esteróis, também servem como fonte de vitaminas e minerais (Dmytryk *et al.*, 2022). Esses compostos funcionam estimulando processos biológicos e químicos nas plantas, promovendo assim seu

crescimento e desenvolvimento ao mesmo tempo que reduz a dependência de fertilizantes sintéticos (Siedenburg, 2022).

Alguns trabalhos têm demonstrado efeito benéfico sobre a germinação (Alaila; Elsalhin, 2022) e vigor (Altindal, 2019) de sementes e, sobre o desenvolvimento de produtividade de culturas (Shedeed *et al.*, 2022; Hřivna *et al.*, 2024). Estudos científicos têm sido desenvolvidos, não só para potencializar a produtividade de culturas, mas também para reduzir os efeitos deletérios associados a resíduos de produtos sintéticos e fertilizantes inorgânicos utilizados em excesso, focando na recuperação dos solos, redução da contaminação do lençol freático, consequentemente de mananciais e, principalmente na produção de alimentos mais saudáveis (Santini *et al.*, 2022; Gunalarasi; Dhamodharan.; Bhuvaneswari, 2023).

No entanto, são muitas as dúvidas ainda enfrentadas no seu uso agrícola, as quais vão desde a forma de extração, doses a serem utilizadas tanto no sulco, como via sementes e foliar, até pH da calda quando da aplicação via sementes e foliar, principalmente. Somado a isso, como as microalgas apresentam ciclo extremamente curto, qualquer variação no meio pode repercutir em grande variação constitucional (Sánchez-Quintero *et al.*, 2025). Razão pela qual, os bioestimulantes podem vir a se tornar parte integrante do manejo de cultura, como alternativa viável aos insumos inorgânicos e, focando nos bioestimulantes à base de algas, torna-se imprescindível o conhecimento de sua composição química para se entender seu potencial de uso.

2.3.1 *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jolis

A macroalga marinha *Ascophyllum nodosum* pertence ao reino Chromista, filo Ochrophyta, classe Phaeophyceae, ordem Fucales e família Fucaceae (WORMS, 2015). *A. nodosum* é uma alga marrom encontrada em águas frias do oceano Atlântico e amplamente estudada por suas propriedades benéficas, que vão desde a promoção do crescimento vegetal, até a suplementação na alimentação humana e animal (SILVA, 2024).

Os extratos da *A. nodosum* são uma fonte natural de macro e micronutrientes como nitrogênio, fosforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, boro, ferro, manganês, cobre e zinco; polifenóis e aminoácidos como alanina, ácido aspártico, ácido glutâmico, glicina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, prolina, tirosina, triptofano e valina, além de vitaminas e hormônios como auxina, citocinina, giberelina e ácido abscísico (Koyama *et al.*, 2012). Esses compostos são responsáveis por estimular o desenvolvimento radicular, favorecendo o fluxo de água e nutrientes nas plantas, impulsionando o seu desenvolvimento, além de que os polifenóis

apresentam ação antioxidante e ajudam na retenção de água dentro das células da planta, dando maior tolerância aos estresses bióticos e abióticos (Abreu *et al.*, 2020; Burko, 2025).

Diversos trabalhos têm comprovado a eficiência do uso de extratos de *A. nodosum* na agricultura, por meio do aumento na produtividade de culturas como o pimentão, feijão e citros, além de propiciar a melhoria da qualidade de frutos de macieira em função do acréscimo na coloração avermelhada no fruto (Koyama *et al.*, 2012; Souza *et al.*, 2023; Galindo *et al.*, 2019; Abreu *et al.*, 2020).

2.3.2 *Kappaphycus alvarezii* (Doty)

A *Kappaphycus alvarezii* pertence ao reino Plantae, filo Rhodophyta, classe Florideophyceae, ordem Gigartinales e família Solieriaceae (WORMS, 2015). A macroalga marinha vermelha *K. alvarezii* é reconhecida mundialmente por ser uma das principais fontes de carragenana, um hidrocoloide amplamente utilizado nas indústrias alimentícia e farmacêutica. Adicionalmente, essa alga é rica em biocompostos como hormônios e elementos químicos essenciais às plantas, o que amplia suas aplicações potenciais (Suzart; Vendramini, 2021).

A composição química da *K. alvarezii* gira em torno de 5,4% de proteína, 33,3% de carboidratos, 8,6% de gordura, 3% de fibras brutas, 22,5% de cinzas, sendo também rica em polissacarídeos como ágar, alginato, carragenana e elementos químicos essenciais às plantas com destaque para Na^{1+} , K^{1+} , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{2+} , Zn^{2+} , Mn^{2+} e Cu^{2+} (Kumar; Ganesan; Subba Rao, 2015; Khotijah; Irfan; Muchdar, 2020).

A aplicação de seus extratos exerce influência significativa na biossíntese e no transporte de flavonoides, pigmentos naturais responsáveis por proteger as plantas de danos oxidativos causados por espécies reativas de oxigênio (EROs), que são formadas pela planta em situações de estresse. Somado a isso, também regulam a expressão gênica envolvendo a biossíntese de carboidratos, aminoácidos e açúcares álcoois (Silva *et al.*, 2024). O cultivo de *K. alvarezii* pode também, contribuir para a mitigação de emissões de carbono, melhorando a qualidade da água costeira (AGROS, 2025).

Nos últimos anos a *K. alvarezii* tem ganhado grande importância na composição de diferentes bioestimulantes. Diversos estudos têm evidenciado seus benefícios na germinação de sementes em culturas como a pimenta, arroz e amendoim; aumentando a produtividade de fabáceas e poáceas, maximizando a altura de plantas, acúmulo de massa seca, número de nódulos radiculares, absorção de nutrientes entre outros efeitos benéficos às plantas (Trivedi *et al.*, 2023; Vaghela *et al.*, 2023; Gandhi *et al.*, 2024).

2.3.3 *Arthrospira platensis* Gomont

A microalga *Arthrospira platensis* também conhecida como *Spirulina* pertence ao reino Monera, filo Cyanobacteria, classe Cyanophyceae, ordem Oscillatoriales e família Microcoleaceae (WORMS, 2021).

A *A. platensis* é uma espécie rica em proteínas, podendo conter em sua massa seca cerca de 65 a 71% de proteínas, contendo oito aminoácidos essenciais aos seres humanos, motivos pelo qual é amplamente utilizada na área alimentícia como suplemento alimentar (Echert, 2019). Amplamente cultivada em ambientes alcalinos, além das proteínas apresenta em sua constituição ácidos graxos poli-insaturados, vitaminas, minerais, carboidratos, polipeptídeos, fitormônios, além de compostos bioativos e pigmentos como ficocianina, clorofila e β -caroteno, que contribuem para suas propriedades antioxidantes (Ljubic *et al.*, 2018; Taiti *et al.*, 2024). Além disso, também é utilizada no tratamento de águas residuais de processos industriais, na detoxificação biológica e remoção de metais pesados, na biorremediação do solo e na produção de biocombustíveis (Echert, 2019). O gênero *Arthrospira* também apresenta ação biológica, tanto antifúngica como atividade citotóxica e antioxidante, sendo um potente antioxidante natural na prevenção de doenças (Taiti *et al.*, 2024).

O uso da microalga *A. platensis* na agricultura se dá pela presença das substâncias biologicamente ativas presentes em seu extrato, como polissacarídeos sulfatados, pigmentos como clorofila e carotenoides, fitocosóis, peptídeos bioativos, poli-insaturados ácidos graxos, polifenóis, minerais essenciais como cálcio e magnésio e vitaminas, podendo assim, ser testada como uma nova opção na formulação de bioestimulantes e biofertilizantes para o cultivo orgânico de plantas (Gomes *et al.*, 2019; Gharib *et al.*, 2024).

2.3.4 *Chaetoceros muelleri* Lemmermann

A microalga *Chaetoceros muelleri* pertence ao reino Chromista, filo Heterokontophyta, classe Bacillariophyceae, ordem Chaetocerotanae incertae sedis e família Chaetocerotaceae (WORMS, 2005). Esta microalga apresenta alta qualidade nutricional, principalmente pelo alto teor de lipídeos, especialmente ácidos graxos poli-insaturados, rápido crescimento em ambientes fechados ou em ar livre e resistência a condições adversas. Por armazenar grandes quantidades de lipídeos como substância de reserva, é considerada uma das diatomáceas de grande potencial para produção de biodiesel (Ohse *et al.*, 2015; HOLANDA, 2017; Juárez-Gómez; Hayano-Kanashiro; Fimbres-Olivarria, 2024).

Além dos lipídeos as diatomáceas apresentam em sua constituição grandes quantidades de polímeros extracelulares, incluindo, proteínas, carboidratos, carotenoides, esteróis e

isoprenoides, sendo esses compostos muito valiosos para seus usos em suplementos alimentares, cosméticos aplicações biomédicas e farmacêuticas, biorremediação e outros usos (Juárez-Gómez; Hayano-Kanashiro; Fimbres-Olivarría, 2024).

A *C. mulleri* também tem sido muito utilizada na alimentação de larvas de camarão em incubadoras comerciais em muitas regiões do México, sendo uma das espécies mais importantes de microalgas na aquicultura, devido a sua biomassa, o seu rápido crescimento e fácil manutenção (Arizmendi *et al.*, 2022).

2.3.5 *Tetradismus obliquus*

A microalga de água doce *Tetradismus obliquus*, também conhecida pelo sinônimo *Scenedesmus obliquus*, pertence ao reino Plantae, filo Chlorophyta, classe Euhlorophyceae, ordem Sphaeropleales da família Scenedesmaceae (WORMS, 2019).

A composição química da biomassa de *T. obliquus* varia consideravelmente com diferentes condições de cultivo, caracterizando-se por ampla diversidade metabólica (Amorin *et al.*, 2020; Covell *et al.*, 2020; Silva *et al.*, 2020; Vieira *et al.*, 2021; Carmo Cesário *et al.*, 2022; Quintero *et al.*, 2025). Por exemplo, Amorin *et al.* (2020) mensuraram 33% de proteínas solúveis e 5% de lipídios na biomassa de *T. obliquus*. Vieira *et al.* (2021) observaram valores de proteínas semelhantes (32%), porém o dobro de lipídios (10%), além de terem determinado 0,6% de clorofila total e 0,16% de carotenoides. Covell *et al.* (2020) encontraram valores ainda maiores de lipídios (16%) e proteínas (45%), encontrando ainda 35 $\mu\text{g mg}^{-1}$ de clorofila total e 9 $\mu\text{g mg}^{-1}$ de carotenoides. Silva *et al.* (2020), em análise mais detalhada encontraram na biomassa de *T. obliquus* 40,42% de proteína, 16,23% de fibra insolúvel, 3,14% de fibra solúvel, 1,96% de compostos fenólicos, 1,10% de carotenoides, 1,38% de ácido oleico C18:1 (ω -9), 0,95% de ácido linoleico C18:2 (ω -6) e 0,28% de ácido linolênico C18:3 (ω -3). Quintero *et al.* (2025), destaca que a biomassa da *T. obliquus* é rica em lipídeos, carboidratos, proteínas, nitrogênio, carbono, hidrogênio, clorofilas, compostos fenólicos e antioxidantes, corroborando com a ampla diversidade química da espécie.

Alguns estudos têm demonstrado a utilização de *T. obliquus* como bioestimulantes, dado que apresentam efeitos semelhantes aos de fitormônios, como giberelina aumentando o índice de germinação, auxinas maximizando a formação de raízes, citocinina na expansão da raiz do cotilédono do pepino e do feijão-mungo (Navarro-López *et al.*, 2020).

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar o efeito da aplicação de produtos à base de macroalgas e de um blend de microalgas sobre o desenvolvimento vegetativo e a produtividade da cultura da cevada (*Hordeum vulgare* L.), cv. Imperatriz, em Ponta Grossa/PR.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Avaliar o efeito do tratamento de sementes com um produto comercial à base de macroalgas (*Kappaphycus alvarezii* L. e *Ascophyllum nodosum* L.) e de um blend de microalgas (*Arthrospira platensis*, *Tetrademus obliquus* e *Chaetoceros muelleri*) sobre o desenvolvimento e os componentes da produção da cultura da cevada (*Hordeum vulgare* L.), cv. Imperatriz.

Avaliar o efeito da aplicação foliar de um produto comercial à base de macroalgas (*Kappaphycus alvarezii* L. e *Ascophyllum nodosum* L.) e de um blend de microalgas (*Arthrospira platensis*, *Tetrademus obliquus* e *Chaetoceros muelleri*) sobre o desenvolvimento e os componentes de produção da cultura da cevada (*Hordeum vulgare* L.), cv. Imperatriz.

Avaliar o efeito aditivo dos fatores, tratamento de sementes e aplicação foliar, sobre o desenvolvimento e os componentes de produção da cultura da cevada (*Hordeum vulgare* L.), cv. Imperatriz.

3.3 HIPÓTESES

A aplicação de bioestimulantes à base de algas via foliar e via tratamento de sementes estimula o desenvolvimento e a produtividade da cultura da cevada.

A cultura da cevada, cv. Imperatriz, responde de maneira diferenciada ao tratamento de sementes com FISIOROOT e ao blend de microalgas.

A cultura da cevada, cv. Imperatriz, responde de maneira diferenciada à aplicação foliar do produto FISIOGRAN e ao blend de microalgas.

Os fatores tratamento de sementes e aplicação foliar dos produtos à base de macroalgas e do blend de microalgas apresentam efeito aditivo no desenvolvimento e na produtividade da cultura da cevada, cv. Imperatriz.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL

O experimento foi conduzido na safra de inverno de 2023, na área experimental da Fazenda Escola Capão da Onça (FESCON - 25°05'28"S, 50°03'44"W), pertencente à Universidade Estadual de Ponta Grossa/UEPG, município de Ponta Grossa-PR. A área localiza-se à altitude média de 1002 m em relação ao nível do mar e, apresenta segundo a classificação de Wilhelm Köppen clima do tipo Cfb, mesotérmico (subtropical e temperado), sempre úmido (sem estação seca definida) com verões amenos (Nitsche *et al.*, 2019). O solo da área é classificado como Cambissolo Háplico Distrófico de textura arenosa (Santos *et al.*, 2018), com teores médios de 694, 107 e 197 g kg⁻¹ de areia, silte e argila, respectivamente, na camada de 0-10 cm. Os atributos químicos do solo estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Atributos químicos do solo na área experimental, camada amostrada de 0-10 cm. Ponta Grossa/PR.

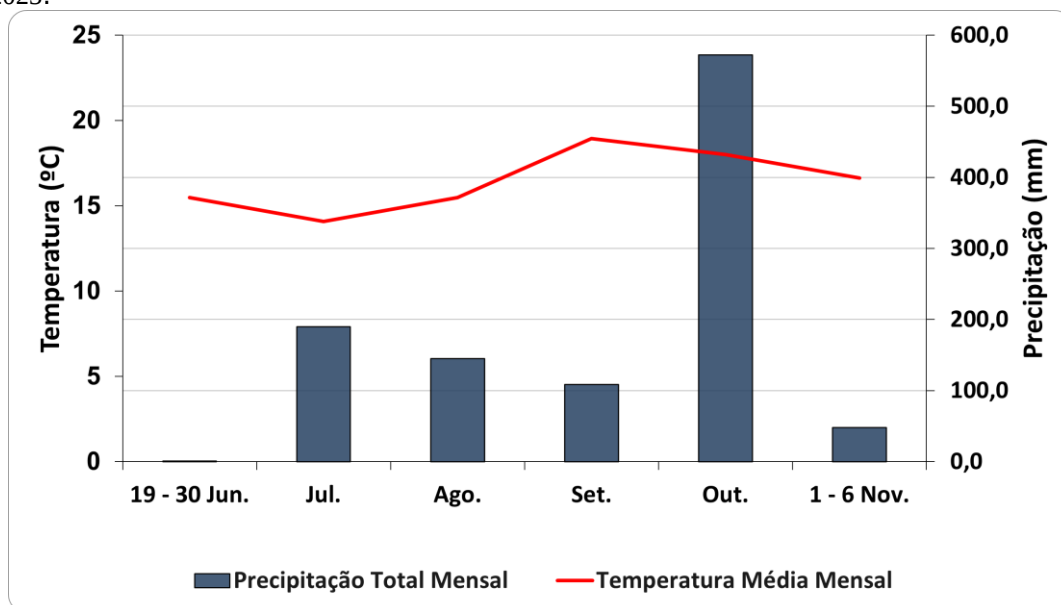
Atributos Químicos										
pH (CaCl ₂)	P (mg dm ⁻³)	H+Al (cmolc dm ⁻³)	Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	CTC Efetiva	CTC %	V %	M (g dm ⁻³)
			(cmolc dm ⁻³) (pH 7)							
4,72	7,79	5,63	0,17	3,20	0,55	0,57	4,49	9,95	43,41	1,70

H + Al = Solução Tampão SMP; Al, Ca e Mg trocáveis = KCl 1mol L⁻¹; P e K = Mehlich⁻¹ e C- orgânico = Walkley-Black;

Fonte- Análise elaborada pelo Laboratório de Fertilidade do Solo da Universidade Estadual de Ponta Grossa.

Durante o ciclo da cultura da cevada, o qual foi de 140 dias, a precipitação total foi de 1064,2 mm, com um acumulado de mais de 500 mm no mês de outubro (Figura 1). A precipitação ocorrida durante o ciclo da cultura, segundo Queiroga et al. (2024), foi excessiva à cultura, visto que consideram a faixa de 450 a 600 mm como ideal, sendo excessiva quando acima de 700 mm, podendo aumentar o risco de doenças fúngicas e prejudicar o desenvolvimento da cultura e a qualidade dos grãos. Tais considerações realmente ocorreram, em razão da alta precipitação (Figura 1), o que pode ser comprovado pelo número exorbitante de aplicações de fungicidas descritas no item 4.2. A temperatura mínima e máxima variou entre 7,49 e 25,02°C (Figura 1), encontrando-se dentro da faixa para o desenvolvimento da cultura (EOS, 2024).

Figura1 - Média mensal da precipitação e temperatura durante os meses de junho a novembro. Ponta Grossa /PR, 2023.



Fonte – Estação Agrometeorológica de Ponta Grossa - Mini Farm BASF S.A. (2024).

A área experimental utilizada encontrava-se sob sistema de plantio direto há 15 anos, apresentando como cultura antecessora, primavera-verão de 2022/23, a soja (*Glycine max* L.). Previamente a implantação da cultura da cevada, realizou-se a dessecação da área com o herbicida glyphosate (Roundup Transorb[®]) na dose de 960 g do ingrediente ativo (i.a.) ha⁻¹.

4.2 DELINEAMENTO E MANEJO EXPERIMENTAL

Os tratamentos obedeceram a um esquema fatorial (3x3), constando como fator principal três tratamentos de sementes (testemunha, FISIOROOT e blend de extratos de microalgas [*Arthrospira platensis*, *Scenedesmus obliquus* e *Chaetoceros muelleri*]) e, como fator secundário três tratamentos foliares (testemunha, FISIOGRAN e o mesmo blend de extratos de microalgas aplicado via sementes), delineados em faixas subdivididas com 4 repetições, totalizando 36 unidades experimentais.

Os produtos FISIOROOT e FISIOGRAN são registrados como Fertilizantes Minerais Mistos. O produto FISIOROOT contém 3,0% de N total; 10,0% de P₂O₅; 0,3% de Co; 3,0% de Mo; 1,2% de B; 1% de Zn; 0,2% de Ni (p/p), combinados com extratos de macroalgas hidrolisados (*Kappaphycus alvarezii* e *Ascophyllum nodosum*). A composição do FISIOGRAN é de; 2,0% de N total; 2,0% de P₂O₅; 0,2% de B; 1,5% de Zn; 4,0% de S; 3% de Mn; 2,0% de

Mg; 0,2% de Ni (p/p), contendo extratos das macroalgas *Kappaphycus alvarezii* e *Ascophyllum nodosum*, respectivamente (VIGRAN[®], 2023).

Para o tratamento de sementes foi utilizado 3,0 mL kg⁻¹ de sementes do produto FISIOROOT[®] diluído em 30 mL de água destilada e 2,5 mg kg⁻¹ de semente de cada microalga (*Arthrospira platensis*, *Scenedesmus obliquus* e *Chaetoceros muelleri*) para a formação do blend, diluídos também, em 30 mL de água destilada. Os tratamentos foram distribuídos sobre 4,0 kg de sementes acondicionadas em sacos plásticos. Após agitação, visando a homogeneização da distribuição dos extratos sobre as sementes, os sacos plásticos foram deixados abertos para secagem das sementes tratadas à sombra. A testemunha passou pelo mesmo processo, porém somente com 30 mL de água destilada.

Para o fator, aplicação foliar, utilizou-se a dose de 300 mL ha⁻¹ do produto FISIOGRAN[®] (recomendada para a cultura do trigo) e, 250 mg ha⁻¹ de cada microalgas (*Arthrospira platensis*, *Scenedesmus obliquus* e *Chaetoceros muelleri*) para a formulação do blend de microalgas, ambos aplicados em um volume de 150 L ha⁻¹ de calda. Após o preparo do volume de calda necessário à pulverização de 12 unidades experimentais (parcelas) correspondentes a cada tratamento foliar (194,4 m²), adicionou-se a calda 1 mL L⁻¹ do adjuvante siliconado BRANDT[®]. A testemunha foliar foi conduzida sem aplicação.

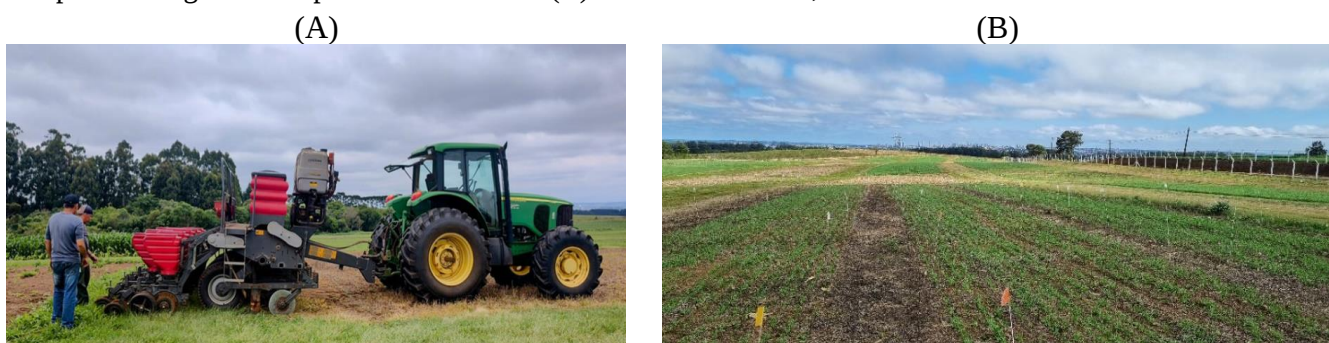
Tanto o produto FISIOROOT[®] e FISIOGRAN[®] são provenientes da empresa VIGRAN[®], localizada a Rua Antônio Marchini, 230 - Loteamento Industrial, Cianorte - PR, e foram doados para realização de pesquisas. As massas das microalgas utilizadas no blend foram fornecidas pelo Laboratório de Cultivo de Algas, pertencente à Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), localizado na Rua Delfino Conti, S/N, - Campus Universitário, Florianópolis/SC.

A cultivar (cv.) utilizada foi a Imperatriz, resultante do cruzamento da linhagem ABRS02-024 com a cultivar BRS Elis. A cv. Imperatriz apresenta moderada resistência ao oídio e à ferrugem da folha, moderada suscetibilidade à mancha marrom, à mancha em rede e à giberela. Previamente à semeadura, as sementes foram tratadas com Iprodiona (Rovral) fungicida na dose 90 mL 100 kg⁻¹ de sementes, Tiofanato-Metílico; Fluazinam (Certeza N) fungicida e nematicida na dose 140 mL 100 kg⁻¹ de sementes, Difenconazol (Spectro) fungicida na dose 120 mL 100 kg⁻¹ de semente, Carboxina; Tiram (Vitavax Thiram 200 SC) fungicida na dose 290 mL 100 kg⁻¹ de sementes, Imidacloprido (Gaucho FS) inseticida na dose 60 mL 100 kg⁻¹ de sementes, Disco AG Red L-232 polímero para desprendimento de poeira na dose 250 mL 100 kg⁻¹ de sementes e VirtuSeed na dose 195 mL 100 kg⁻¹ de sementes.

Para controle das principais doenças da cevada, foram realizadas aplicações aos 58 dias após a semeadura (DAS) dos fungicidas Prothioconazol (Blavity®) na dose de 0,3 L ha⁻¹ e Fenpropimorfe (Versatilis®) na dose de 1,0 L ha⁻¹; aos 70 DAS - aplicação dos fungicidas Carbendazim, Tebuconazol, Cresoxim-metílico (Locker®) na dose de 1,5 L ha⁻¹, Trifloxistrobina, Tebuconazol (Nativo®) na dose de 0,75 L ha⁻¹ e Imidacloprido (Galil®) na dose de 0,2 L ha⁻¹; aos 84 DAS - aplicação dos fungicidas Carbendazim, Tebuconazol, Cresoxim-metílico (Locker®) na dose de 1,5 L ha⁻¹ e Trifloxistrobina, Tebuconazol (Nativo®) na dose de 0,75 L ha⁻¹; aos 85 DAS - aplicação dos inseticidas Trifloxistrobina, Tebuconazol (Nativo®) e Fluxapiraxade, Piraclostrobina (Orkestra®) nas doses, 0,75 L ha⁻¹ e 0,3 L ha⁻¹, respectivamente e; aos 108 DAS – aplicação de Epoxiconazol (Abacus®) na dose de 0,5 L ha⁻¹. Em todas as pulverizações foi adicionado 0,5 L ha⁻¹ de adjuvante (Assist®), utilizando-se o volume de 150 L ha⁻¹ de calda.

A semeadura foi realizada no dia 19 de junho de 2023, utilizando-se a semeadora de parcela com 9 linhas espaçadas em 0,17 m (Figura 2A), buscando-se obter 250 plantas m² ou população de 2.500.000 plantas ha⁻¹. A adubação de base aplicada na semeadura foi de 200 kg ha⁻¹ da formulação 10-20-20 de N-P-K e, de cobertura na fase de perfilhamento de 120 kg ha⁻¹ de N. As parcelas foram constituídas de 4 m de comprimento por 4 m de largura, perfazendo 16 m² de área (Figura 2B). Para fins de avaliação dos tratamentos, a área útil foi composta por 8 linhas de 3 m de comprimento, espaçadas em 0,17 m (1,36 m), excluindo-se 0,5 m de bordadura em cada parcela (3,00 m), totalizando 4,08 m² de área útil.

Figura 2. Detalhe da semeadora utilizada na instalação do experimento (A) e da área experimental logo após a emergência das plântulas de cevada (B). Ponta Grossa /PR, 2023.



Fonte: Arquivo do autor.

A emergência das plântulas de cevada ocorreu entre os 5 e 7 dias após a semeadura (DAS) (Figura 3A). As aplicações foliares com o produto comercial FISOGRAN e com o blend de microalgas foram realizadas aos 24 DAS, ao início do perfilhamento e com intervalo de

aproximadamente 21 dias entre uma aplicação e outra, correspondendo a 45, 65 e 87 DAS (13/07; 03/08; 23/08 e 14/09/23), totalizando quatro aplicações. As aplicações foliares foram realizadas com pulverizador costal da marca Agrohaste®, com pressão constante mantida por CO₂ comprimido a 0,35 bar, equipado com uma barra de 4 bicos espaçados em 0,5 m, com pontas JSF-110 02 (Figura 3B).

Figura 3. Detalhe da fase heterotrófica para a autotrófica, ou seja, de transição entre plântula e planta (A) e, da aplicação foliar na cultura da cevada, cv. Imperatriz, na fase vegetativa (B). Ponta Grossa /PR, 2023.

(A)



(B)



Fonte: Arquivo do autor.

4.3 VARIÁVEIS ANALISADAS

As variáveis avaliadas foram: estande inicial (30 DAS) e final (130 DAS), contados em um metro de linha da área útil; a altura de plantas na fase reprodutiva (114 DAS), utilizando uma régua graduada em milímetros alocada na base das plantas (rente ao solo) até o final da espiga principal; diâmetro de colmo (114 DAS), utilizando um paquímetro digital e mensurada na base do colmo de cinco plantas da área útil; número de perfilhos por planta (135 DAS), removendo cinco plantas fora da área útil de cada parcela; número de grãos por espiga (129 DAS) e comprimento de espiga (129 DAS), dimensionadas em cinco espigas da área útil de cada parcela; massa de 100 grãos e produtividade, a umidade das amostras foi determinada com por meio do determinador de umidade tendo seu valor corrigido para a 13% nos grãos. A

colheita da área útil foi realizada no dia 6 de novembro de 2023 com a colhedora de parcelas marca Zurn 150 – Hege System, totalizando 140 dias de ciclo (Figura 4A).

Figura 4. Detalhe da colheita da cultura da cevada, cv. Imperatriz (A) e, avaliação comprimento de espigas da cevada cv. Imratriz (B). Ponta Grossa/PR, 2023.

(A)



(B)



Fonte: Arquivo do autor.

A média dos dados obtidos para cada variável foram submetidos à análise da variância pelo teste F. Para as variáveis com valores significativos, foi realizada a aplicação do teste de Tukey para a separação de médias, ao nível de 5% de probabilidade, por meio do programa estatístico SISVAR (Ferreira, 2019).

5 RESULTADO E DISCUSSÃO

A análise de variância revelou interação entre os fatores tratamento de sementes e aplicação foliar de produtos à base de macroalgas e blend de microalgas para as variáveis número de grãos por espiga por planta (NGE) e produtividade (PROD). Houve significância para o fator tratamento de sementes para as variáveis número de perfilhos por planta (NPP), altura de plantas (AP), comprimento de espiga (CE), massa de cem grãos (MCG), não revelando significância para o fator aplicação foliar do produto à base de macroalgas e do blend de microalgas para nenhuma das variáveis analisadas (Tabela 2).

Tabela 2 – Resumo da análise de variância para as variáveis estande inicial (EI) e final (EF), número de perfilhos produtivos (NPP), altura de planta (AP), diâmetro de colmo (DC), número de grãos por espiga (NGE), comprimento de espiga (CE), massa de cem grãos (MCG) e produtividade (PROD) em função do tratamento de sementes e da aplicação foliar com produtos à base de algas na cultura da cevada, cv. Imperatriz. Ponta Grossa/PR, 2023.

Causa da Variação	GL	Quadrado Médio (Q.M.)								
		EI	EF	NPP	AP	DC	NGE	CE	MCG	PROD
TS	2	5,250 ^{ns}	0,083 ^{ns}	8,314*	140,467*	0,081 ^{ns}	23,707*	2,947*	0,139*	1509169,615*
TF	2	64,580 ^{ns}	26,083 ^{ns}	0,554 ^{ns}	20,287 ^{ns}	0,379 ^{ns}	2,101 ^{ns}	0,159 ^{ns}	0,033 ^{ns}	5709,723 ^{ns}
TS*TF	4	4,958 ^{ns}	4,416 ^{ns}	2,721 ^{ns}	5,207 ^{ns}	0,092 ^{ns}	8,087*	0,226 ^{ns}	0,010 ^{ns}	275688,064*
Bloco	3	2,888 ^{ns}	9,805 ^{ns}	1,086 ^{ns}	37,915 ^{ns}	0,453 ^{ns}	0,158 ^{ns}	0,155 ^{ns}	0,111 ^{ns}	401731,165 ^{ns}
Resíduo	24	21,159	10,722	0,888	8,350	0,126	1,276	0,152	0,023	92334,850
CV (%)		25,09	18,80	10,16	3,69	9,49	4,56	4,58	4,03	17,18

^{ns}= não significativo; *=significativo a 5% de probabilidade. TS= tratamento de sementes. TF= tratamento foliar. CV= coeficiente de variação.

Os coeficientes de variação (CV) foram baixos para as variáveis AP, diâmetro de colmo (DC), NGE, CE, MCG, mediano para stand final (SF), NPP e PROD (Tabela 2), demonstrando boa precisão experimental, o que se deve à alta homogeneidade dos dados e à baixa variação ao acaso (Pimentel Gomes, 2009). A alta variabilidade observada na variável estande inicial (EI) pode estar associada à profundidade de semeadura, que foi acima da recomendada para a cultura (acima de 5 cm), resultando em germinação e, conseqüente emergência desuniforme.

O fato de não ter havido resposta da cultura da cevada à aplicação foliar do produto à base de macroalgas (FISIOGRAN®) e do blend de microalgas pode estar relacionado com a dificuldade e complexidade no processo de absorção via foliar, em virtude de todas as barreiras físico-químicas que as moléculas presentes nestes extratos e/ou soluções precisam superar até atingir o alvo, ou seja, o protoplasto das células foliares.

As aplicações foliares devem ser realizadas em período com baixa movimentação do ar, reduzindo assim a ação da deriva e o escorrimento das gotículas. Todavia, nessa condição, existe o acúmulo de gases sobre a superfície da epiderme foliar, denominada de camada de ar limítrofe, sendo essa a primeira barreira a ser superada. Tendo vencido a camada de ar limítrofe, as gotículas atingem a cutícula, camada hidrofóbica composta por uma rede tridimensional de cutina e lipídios integrados e sobrepostos denominados de ceras. Para superar essa barreira, adjuvantes são adicionadas à calda, visando quebrar a tensão superficial da gota e espalhá-la, reduzindo o escorrimento superficial e aumentando a área de contato. As moléculas presentes nas gotas tendo se difundido através da cutícula, alcançam a parede celular das células epidérmicas, as quais apresentam cargas, devido à sua constituição rica em pectinas (Ramnogacturonanos, arabinogalactanos etc.), hemicelulose (xiloglucanos, glucoranoarabinoxilano etc.), proteínas, além de celulose, podendo reter íons e moléculas polares. Somado a isso, o pH da calda é de suma importância, pois se for neutro a básico, despolarizará a plasmalema, reduzindo e até inativando o transporte solutos e íons, neste caso, absorção. Estando no protoplasto, as moléculas e íons podem exercer sua atividade nesta célula ou, podem se deslocar simplásticamente pelo plasmodesmata de domínios citoplasmáticos, isso se, as moléculas apresentarem um tamanho dentro do limite de exclusão por tamanho dos plasmodesmos. Ainda assim, tais moléculas e íons pode ter um longo caminho até acessar o floema e, poderem ser transportadas aos pontos de crescimento ou de utilização, caso este seja o alvo (Schwab *et al.*, 2016; Taiz *et al.*, 2021).

Todo o percurso que uma molécula ou íon precisa percorrer para atingir o alvo na planta, quando de aplicação foliar, pode reduzir significativamente o efeito esperado ou almejado de determinados produtos. Por outro lado, via tratamento de sementes, após o início do desenvolvimento do embrião, tais moléculas e íons não enfrentarão a camada de ar limítrofe, nem a camada de cutícula. Além disso, o embrião da semente estará em processo de divisão e diferenciação celular, podendo a absorção ser muito rápida, bem como o transporte, devido ao tamanho diminuto do embrião desenvolvendo-se em uma plântula. O transporte, nesta fase, será a curtas distâncias e, a exigência também será pequena, podendo assim, causar toxicidade se ultrapassar o limite de utilização e armazenamento pelas células do embrião em desenvolvimento.

A população almejada era de 2.500.000 plantas ha⁻¹, a qual teria sido obtida se todas as 42 sementes em um metro linear houvessem germinado e emergido. No entanto, o estande inicial (EI) médio foi de apenas 18,33 plântulas emergidas por metro linear, resultando em uma

população de 1.078.235 plantas ha⁻¹, redução de 43,13% em relação ao esperado (Tabela 2). A variável EI não foi influenciada pelos tratamentos aplicados às sementes, denotando que as doses utilizadas, tanto do FISIOROOT, como do blend de microalgas não foram excessivas ou tóxicas (Tabela 3), o que é almejado, uma vez que o objetivo do tratamento de sementes é a suplementação à futura planta, principalmente quando estiver na fase exponencial de crescimento.

Tabela 3- Valores médios para as variáveis estande inicial (EI) e final (EF), número de perfilhos por planta (NPP), altura de plantas (AP), diâmetro de colmo (DC), comprimento de espiga (CE), massa de cem grãos (MCG) em função do tratamento de sementes e da aplicação foliar com produtos à base de algas na cultura da cevada, cv. Imperatriz. Ponta Grossa/PR, 2023.

Tratamentos	EI	EF	NPP	AP	DC	CE	MCG
	(plantas por m ⁻¹)			(cm)	(mm)	(cm)	(g)
Tratamento de sementes							
Testemunha	18,58	17,42	8,52 b*	75,80 b	3,85	8,98 a	3,87 a
Blend de microalgas	17,58	17,33	9,15 b	76,95 b	3,71	8,63 a	3,82 ab
FISIOROOT	18,83	17,50	10,17 a	82,22 a	3,70	8,01 b	3,66 b
Tratamento foliar							
Testemunha	17,92	17,67	9,22	77,45	3,95	8,65	3,85
Blend de microalgas	16,25	15,83	9,52	79,82	3,68	8,42	3,76
FISIOGRAN	20,83	18,75	9,10	77,70	3,62	8,56	3,75
Média	18,33	17,42	9,28	78,32	3,75	8,54	3,79

*Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

No estudo realizado por Alling; Funk; Gentili (2023), a germinação das sementes tratadas com extrato da microalga *Scenedesmus obliquus* foi reduzida significativamente, efeito atribuído à alta concentração de hormônios ou, a presença de compostos bioativos com efeito mínimo ou negativo sobre a germinação das sementes. Todo hormônio, mesmo que promotor do crescimento, tais como auxina, giberelina e citocinina, exercerá efeito reverso se sua concentração estiver acima da faixa ideal para um dado estágio fenológico de uma dada cultura, dado que, são exigidos em concentrações micro molares (Taiz *et al.*, 2021). Por exemplo, auxina em alta concentração aumenta a síntese do ACC (ácido 1-aminociclopropano 1-carboxílico), aumentando a produção de etileno, o qual irá reduzir alongamento celular (Taiz *et al.*, 2021), podendo ter reflexo na emergência, consequentemente no stand. Da mesma maneira, os fatores testados não interferiram no estande final (EF), contudo, houve redução de 4,96% em relação ao EI (Tabela 3).

O número de perfilhos por planta (NPP) foi acrescido em 19,37 e 11,15 % quando do tratamento de sementes com o produto à base de macroalgas FISIOROOT em relação à testemunha e ao tratamento de sementes com o blend de microalgas, respectivamente (Tabela 3). O aumento no NPP de cevada com o tratamento de sementes com o produto FISIOROOT em relação aos outros tratamentos pode ser atribuído ao balanço entre os hormônios auxinas e citocininas produzidos naturalmente pelas macroalgas *Kappaphycus alvarezii* e *Ascophyllum nodosum* (Lema *et al.*, 2023), presentes na formulação do produto. As gemas axilares que se localizam logo abaixo da superfície do solo (região conhecida como coroa), têm seu desenvolvimento inibido pela dominância apical causado pela alta proporção de auxina em relação à citocinina. Nesse período as citocininas são inativadas temporariamente por meio da conjugação com açúcares e aminoácidos e/ou compartimentalizadas em organelas (armazenadas), no entanto, quando o teor de auxinas for reduzido, as citocininas armazenadas serão reativadas por meio de ação enzimática, promovendo rápido aumento na divisão celular pela regulação da atividade das ciclinas (CYCD3) e cinases (CDC2) e também, a diferenciação celular pela expressão dos grupos gênicos KNOTTED e ativação de reguladores de resposta que culminam com a ativação do fitocromo B (PhyB), induzindo à diferenciação de cloroplastos, levando ao desenvolvimento de novos perfilhos (Taiz *et al.*, 2021).

O FISIOROOT, além de conter extratos das macroalgas *Kappaphycus alvarezii* e *Ascophyllum nodosum*, apresenta 10% de fósforo (P), elemento químico essencial à atividade celular, dado que é constituinte da adenosina trifosfato (ATP), nucleotídeo altamente consumido, não só para a manutenção da atividade celular, mas no processo de crescimento e desenvolvimento (diferenciação) de toda e qualquer célula, consequentemente dos tecidos, órgãos e do organismo como um todo. O produto contém 3% de N, elemento requerido em maior quantidade pela maioria das plantas, isso porque, é constituinte do maior número de compostos estruturais e metabólicos. O objetivo de se adicionar macronutrientes na formulação de um produto recomendado para aplicação via sementes, jamais será fornecê-los na quantidade requerida durante o ciclo cultura, mas sim, maximizar processos fisiológicos e, até mesmo maximizar a absorção como um todo. O zinco (Zn) é o elemento presente em menor concentração no produto, talvez porque alta concentração aumentasse a síntese de auxinas a níveis excessivos, pelo seu efeito na síntese do aminoácido triptofano, precursor do ácido indol-3-acético (AIA), principal auxina produzida pelas plantas. (Malavolta, 2006; Kerbaudy, 2019; Taiz *et al.*, 2021).

Por outra perspectiva, e mais provavelmente, o perfilhamento pode ter sido estimulado pela baixa população de plantas, fato que induz as plantas apresentarem um mecanismo de compensação, maximizando o aproveitamento do ambiente (Benbelkacem; Mekni; Rasmusson, 1984). Dias *et al.* (2011), concluíram que o perfilhamento foi inversamente proporcional ao aumento da densidade de semeadura, tendo logrado 58% de aumento no NPP com a densidade 160 plantas m⁻² em relação à densidade de 320 plantas m⁻², alcançando NPP médio de 5,4 NPP, valor este muito inferior ao valor médio obtido neste estudo, o qual foi de 9,28 (Tabela 3). Vale ressaltar que, na determinação do NPP contou-se todos os perfilhos, independentemente de possuírem espigas (Tabela 3).

A aplicação foliar com FISIOGRAN e do blend de microalgas não influenciou o NPP de cevada, denotando média de 9,28. Diferentemente, Hřivna *et al.* (2024) obtiveram aumento significativo no NPP da cevada, quando da aplicação foliar de dois bioestimulantes à base da macroalga *Ascophyllum nodosum*.

A altura das plantas (AP) sofreu efeito do fator tratamento de sementes, apresentando em média, quando tratadas com o produto FISIOROOT, altura superior em 8,47% às plantas oriundas de sementes não tratadas (testemunha), e 6,85% superior às plantas oriundas das sementes tratadas com o blend de microalgas (Tabela 3). O efeito do FISIOROOT sobre a variável AP também pode ser atribuído aos hormônios auxinas, giberelina e citocininas contidos na formulação do produto, pela adição de extratos das macroalgas *Ascophyllum nodosum* e *Kappaphycus alvarezii*. Tais hormônios são considerados promotores do crescimento. Auxina e citocinina atuam conjuntamente no processo de divisão celular e, juntamente com giberelinas nos processos de expansão, alongamento e diferenciação celular (Taiz *et al.*, 2021). A proporção entre auxinas e citocininas é muito importante, uma vez que auxinas promovem o desenvolvimento de raízes e citocininas de órgão aéreos, todavia, giberelinas são responsáveis pelo rápido crescimento de caules (Taiz *et al.*, 2021). A altura média de plantas foi de 78,32 cm, valor um pouco acima da média de 73 cm descrita pela Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária (FAPA), desenvolvedora da cultivar Imperatriz, (FAPA, 2025).

A variável diâmetro de colmo (DC) não sofreu influência dos fatores tratamento de sementes e aplicação foliar dos produtos à base de macroalgas e do blend de microalgas (Tabela 3). No entanto, o comprimento de espiga (CE) foi reduzido significativamente com o tratamento de sementes com o produto FISIOROOT, redução essa de 10,80% e 7,18% em relação à testemunha e ao blend de microalgas, respectivamente (Tabela 3).

A média da massa de cem grãos (MCG) foi de 3,79 g, valor muito abaixo do esperado para a cv. Imperatriz, que de acordo com a FAPA, é de 4,54 g (FAPA, 2025). Tal diferença provavelmente se deva às condições de pluviosidade e de pH do solo que não foram as ideais ou, as mais propícias ao desenvolvimento da cultura. Durante o mês de outubro, período no qual as plantas encontravam-se em fase reprodutiva, a baixa luminosidade pode ter reduzido os processos de divisão e diferenciação celular, bem como o enchimento de grãos durante o desenvolvimento do óvulo em semente (Kerbaudy, 2019; Taiz *et al.*, 2021). O pH de 4,72 tende a reduzir a solubilidade dos macronutrientes na solução do solo (Malavolta, 2006; Taiz *et al.*, 2021), podendo ter interferido deletariamente na disponibilização dos mesmos à cultura, reduzindo a produtividade.

O fator tratamento de sementes influenciou a MCG, que foi reduzida em 5,43% com o tratamento de sementes com o produto FISIOROOT em relação à testemunha, todavia, não houve diferença significativa para com o valor médio obtido com o tratamento de sementes com blend de microalgas, o qual não diferiu também do valor observado para a testemunha (Tabela 3). O tratamento de sementes com FISIOROOT maximizou o NPP, o que pode ter acarretado maior número de espigas por planta, porém este aumento pode ter reduzido o CE e a MCG (Tabela 3).

Szczepanek; Jaskiewicz; Kotwica (2018), ao utilizarem dois bioestimulantes à base da macroalga marrom *Ecklonia maxima* na cultura da cevada, encontraram MCG de 4,13 g quando da utilização de 2,0 L ha⁻¹ dos bioestimulantes aplicados via foliar, e 3,96 g quando não utilizou, representando aumento de 4,29% na MCG. Também Zodape *et al.* (2009) na cultura do trigo, revelou acréscimo de 33,64% na MCG (de 2,20 para 2,94 g), com a utilização de 1,0% do extrato da macroalga *Kappaphycus alvarezii*.

Houve interação entre os fatores, tratamento de sementes e aplicação foliar dos produtos à base de macroalgas e o blend de microalgas para variável número de grãos por espiga (NGE). As interações são efeitos adicionais positivos ou negativos que aparecem quando se combinam níveis de dois ou mais fatores (Pimentel Gomes, 2009). O desdobramento do fator aplicação foliar dentro do fator tratamento de sementes não demonstrou efeito aditivo positivo nem negativo, quando da aplicação foliar do produto FISIOGRAN em relação à testemunha tratamento de sementes e tratamento de sementes com o blend de microalgas (Tabela 4).

Tabela 4- Valores médios do desdobramento do fator foliar dentro do fator tratamento de sementes para a variável número de grãos por espiga (NGE) de cevada, cv. Imperatriz, em função do tratamento de sementes e da aplicação foliar com produtos à base de algas. Ponta Grossa/PR, 2023.

Tratamentos	Número de Grãos por Espiga		
Foliar/Sementes	Testemunha	Blend de microalgas	FISIROOT
Testemunha	26,80 A	24,35 B	23,55 B
Blend de microalgas	26,15 A	25,40 A	21,45 B
FISIOGRAN	25,85 A	24,20 A	25,40 A
Médias	26,27	24,65	23,47
CV (%)		4,56	

*Médias seguidas da mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. CV= coeficiente de variação.

Quando da associação da aplicação foliar do blend de microalgas com o tratamento de sementes com FISIROOT, houve redução do NGE em 15,55% em relação à aplicação foliar e tratamento de sementes com blend de microalgas, e redução de 17,97% em relação à aplicação foliar do blend de microalgas na ausência de tratamento de sementes (Tabela 4). Por outro lado, quando dá não aplicação foliar do produto FISIOGRAN e do blend de microalgas (testemunha absoluta), o NGE foi superior em 10,06% à média obtida com o tratamento de sementes com o blend de microalgas, e de 13,80% superior à média obtida com o tratamento de sementes com o produto FISIROOT (Tabela 4). Assim, pode-se afirmar que o tratamento de sementes com o blend de microalgas e com o produto comercial FISIROOT reduziram significativamente o NGE, no entanto, ao combinar o tratamento de sementes com o produto FISIOGRAN o efeito deletério foi minimizado, bem como da associação do blend de microalgas via sementes e via foliar (Tabela 4).

Vale ressaltar que, não há recomendação do produto FISIROOT para o tratamento de sementes de cevada, tendo sido testada a dose recomendada para a cultura do trigo. Apesar das variáveis CE e MCG terem respondido negativamente ao produto FISIROOT, a produtividade foi significativamente aumentada quando da sua associação com a aplicação foliar do produto FISIOGRAN e com a aplicação foliar do blend de microalgas (Tabela 5). Tal resultado pode ser atribuído ao aumento no número de perfilhos por planta quando do tratamento de sementes com o produto FISIROOT (Tabela 3), resultando em maior produção por unidade de área (Tabela 5).

Tabela 5- Valores médios do desdobramento do fator foliar dentro do fator tratamento de sementes para a variável produtividade da cultura da cevada, cv. Imperatriz, em função do tratamento de sementes e da aplicação foliar com produtos à base de algas. Ponta Grossa/PR, 2023.

Tratamentos	Produtividade da Cevada (kg ha ⁻¹)			Médias
Foliar/Sementes	Testemunha	Blend de microalgas	FISIOROOT	
Testemunha	1.777,18 A	1.667,95 A	1.800,76 A	1.748,63
Blend de microalgas	1.561,01 B	1.389,13 B	2.349,85 A	1.766,66
FISIOGRAN	1.576,84 B	1.438,23 B	2.361,08 A	1.792,05
Médias	1.638,34	1.498,44	2.170,56	1.769,11
CV (%)	17,18			

Médias seguidas da mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. CV= coeficiente de variação.

A produtividade (PROD) da cevada, cv. Imperatriz, foi influenciada de maneira aditiva (sinergismo) pela aplicação foliar do produto comercial FISIOGRAN e do blend de microalgas associados ao tratamento de sementes com o produto FISIOROOT, correspondendo a um acréscimo de 49,73 e 50,53% (784,24 e 788,84 kg ha⁻¹), quando correlacionados com a ausência de tratamento de sementes, e de 64,17 e 69,16% (922,85 e 960,72 kg ha⁻¹) quando correlacionados com os tratamentos de sementes com o blend de microalgas, respectivamente (Tabela 5). Por outro lado, a testemunha foliar desdobrada dentro do fator tratamento de sementes, não revelou diferença de produtividade (Tabela 5). A interpretação do desdobramento infere que, a associação do tratamento de sementes com o blend de microalgas com a aplicação foliar, tanto do FISIOGRAN como do blend de microalgas não interfere na produtividade da cultura da cevada, cv. Imperatriz, contudo se associados ao tratamento de sementes com o produto FISIOROOT, o ganho em produtividade é significativo (Tabela 5).

A produtividade média da cultura da cevada no Paraná no ano de 2023 foi de 3.156 kg ha⁻¹ (CONAB, 2024), valor muito superior ao encontrado no presente estudo. A baixa produtividade e MCG se deve à uma série de fatores, tais como o baixo pH do solo (4,72) que não condiz com o recomendado para cultura, reduzindo a solubilidade dos macronutrientes; às falhas na germinação de sementes e, conseqüentemente na emergência das plântulas, que conferiram um estande muito abaixo do esperado, e às condições climáticas, uma vez que a pluviosidade foi acima da requerida pela cultura, principalmente nas épocas de maturação e colheita, o que também ocasionou algumas perdas de grãos pelo processo de viviparidade (Figura 5).

Figura 5. Detalhes do processo de viviparidade na cultura da cevada, cv. Imperatriz (A) e, da área experimental na época de colheita da cevada, cv. Imperatriz (B). Ponta Grossa/PR, 2023.

(A)



(B)



Fonte: Arquivo dos autor

Em decorrência das condições experimentais, torna-se imprescindível a repetição do experimento tanto, para comprovação dos resultados, bem como para a realização de uma recomendação dos produtos (FISIROOT e FISIOGRAN) e do extrato de microalgas para a cultura da cevada.

6 CONCLUSÕES

A aplicação do FISIOROOT via tratamento de sementes aumentou em 19,37% o número de perfilhos por planta, em 8,47% a altura de plantas, porém reduziu em 10,80% o comprimento de espiga, e em 5,43% a massa de cem grãos.

O blend de microalgas aplicados via sementes não influenciou o desenvolvimento vegetativo da cultura da cevada, cv. Imperatriz.

O tratamento de sementes com o blend de microalgas e com o produto FISIOROOT reduziram em 9,14 e 12,12% o número de grãos por espiga, respectivamente.

Conclui-se que houve efeito aditivo do tratamento de sementes com o produto FISIOROOT, tanto associado com a aplicação foliar com o produto FISIOGRAN, como com o blend de microalgas, aumentando a produtividade da cevada em 49,73 e 50,53%, respectivamente.

REFERÊNCIAS

- ABREU, M.; LIMA, S.; NETO, F.; GARCIA, D.; TAVEIRA, A.; THOMÉ, S.; QUIRINO, T. *Ascohyllum nodosum* e nicotinamide affect the productivity of common bean. **Research, Society and Development**, v.9, n.9, 2020.
- AGROS. A revolução dos biofertilizantes: o potencial da *Kappaphycus alvarezii* na agricultura brasileira. Disponível em: <https://www.agrosnutrition.com.br/a-revolucao-dos-biofertilizantes-o-potencial-da-kappaphycus-alvarezii-na-agricultura-brasileira?>. Acesso em: 8 mar. 2025.
- ALAILA, A.; ELSALHIN, H. Effect of some seaweed extracts on germination and growth of barley (*Hordeum Vulgare* L.). **Alqalan Journal of Medical Applied Science**, v.5, n.2, p.503-513, 2022. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7221971>
- ALLING, T.; FUNK, C.; GENTILI, F. G. Nordic microalgae produce biostimulant for the germination of tomato and barley seeds. **Scientific Reports**, v.13, n.1, p.3509, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41598-023-30707-8>. Acesso em: 17 mar. 2025.
- ALTINDAL, D. Effect of seaweed extract (se) on seed germination characteristics of wheat in salty conditions. **International Journal of Agriculture Forestry and Life Sciences**, v. .3, n.1, p. 15-120, 2019.
- ÁLVAREZ-GIL, M.; BLANCO-VIEITES, M.; SUÁREZ-MONTEZ, D.; CASADO-BAÑAREZ, V.; DELGADO-RAMALLO, J. F.; RODRIGUEZ, E. Revolutionizing Agriculture: Leveraging Hydroponic Greenhouse Wastewater for Sustainable Microalgae-Based Biostimulant Production. **Sustainability**, n.15, v.19, p.1-19, 2023.
- AMORIM, M. L.; SOARES, J.; VIEIRA, B. B.; BATISTA-SILVA, W.; MARTINS, M. A. Extraction of proteins from the microalga *Scenedesmus obliquus* BR003 followed by lipid extraction of the wet deproteinized biomass using hexane and ethyl acetate. **Bioresource Technology**, v.307, 123190, 2020.
- ARIZMENDI, V.; OLIVARRIA, D.; BAEZA, A.; ROBINSON, K.; CHU, A.; FLORES, Y.; MENDOZA, J.; ENCINAS, M.; BOJÓRQUES, F.; ROMERO, R.; MILLAN, E. Sulfated Polysaccharides from *Chaetoceros muelleri*: Macromolecular Characteristics and Bioactive Properties. **Biology**, v.11, n.10, p.1-13, 2022.
- BATTACHARYYA, D.; BABGOHARI, M. Z.; RATHOR, P.; PRITHIVIRAJ, B. Seaweed extracts as biostimulants in horticulture. **Scientia Horticulturae**, v.196, p.39-48, 2015.
- BENBELKACEM, A.; MEKNI, M.; RASMUSSEN, D. Breeding for High Tiller Number and Yield in Barley. **Crop Science**, v.24, n.5, p.968-972, 1984. Disponível em: <https://acsess.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.2135/cropsci1984.0011183X002400050034x>. Acesso em: 12 mar. 2025.
- BRASIL. MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA, COMÉRCIO E SERVIÇOS. SECRETARIA DE COMÉRCIO EXTERIOR (Secex). *Dados parciais do comércio exterior – acumulado de janeiro a setembro de 2024*. Brasília: Secex, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/mdic/pt-br/assuntos/comercio-exterior>. Acesso em: 26 de fevereiro, 2025.

BUENO, J. C. M.; JADOSKI, S. O.; POTT, C. A.; MACIEL, C. D. de G. Riscos de déficit hídrico durante o ciclo de desenvolvimento da cevada em Guarapuava-PR, em diferentes condições climáticas. **Revista Brasileira de Climatologia**, v.26, p.817-832, 2020.

BURKO, J. TERCEIRIZE AGRO. *Ascophyllum nodosum*: benefícios e aplicações na agricultura. 2025. Disponível em: <https://blog.terceirizeagro.com.br/ascophyllum-nodosum-beneficios/>. Acesso em: 31 mar. 2025.

CALVO, P.; NELSON, L.; KOEPPLER, J. W. Agricultural uses of plant biostimulants. **Plant Soil**, v.383, p.3-41. 2014.

CARMO CESÁRIO, C. do; SOARES, J.; COSSOLIN, J. F. S.; ALMEIDA, A. V. M.; BERMUDEZ SIERRA, J.J.; OLIVEIRA LEITE, M. de; REIS COIMBRA, J. S. dos. Biochemical and morphological characterization of freshwater microalga *Tetrademus obliquus* (Chlorophyta: Chlorophyceae). **Protoplasma**, p.1-12, 2022.

CARVALHO, B.; SILVA, L.; SILVA, P.; REZENDE, D. Influência da temperatura na germinação da cevada. Jornada Científica e tecnológica do IFSULDEMINAS, 14. Instituto Federal Sul de Minas Gerais, Inconfidentes, 2022. Disponível em: [file:///C:/Users/vinic/Downloads/CEVADA_GERMINA%C3%87%C3%83O+-+Resumo+JOSIF+2022+\(2\)%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/vinic/Downloads/CEVADA_GERMINA%C3%87%C3%83O+-+Resumo+JOSIF+2022+(2)%20(2).pdf). Acesso em: 25 abril 2025.

COLLA, G.; ROUPHAEL, Y. Microalgae: New Source of Plant Biostimulants. **Agronomy**, v.10, p.12-40. 2020.

CONAB-COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento de safra brasileira: grãos. Brasília, DF: Conab, 2025. Terceiro Sexto Levantamento Safra 2024/25 Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/>. Acesso em: 03 de Março de 2025.

COVELL, L.; MACHADO, M.; VAZ, M. G. M. V.; SOARES, J.; BATISTA, A. D.; ARAÚJO, W. L.; NUNES-NESI, A. Alternative fertilizer-based growth media support high lipid contents without growth impairment in *Scenedesmus obliquus* BR003. **Bioprocess and biosystems engineering**, v.43, p.1123-1131, 2020.

DERAL - DEPARTAMENTO DE ECONOMIA RURAL Prognóstico Cevada - Outubro de 2020. 2020. Disponível em: https://www.agricultura.pr.gov.br/sites/default/arquivos_restritos/files/documento/2020-12/Prog%C3%B3stico%20Cevada%20-%202020.pdf. Acesso em: 26 fev. 2025.

DIAS, A.; KAPPES, C.; SCHIEBELBEIN, L.; ANSELMO, J.; HOLANDA, H. Desempenho agrônomo da cevada em função de métodos e densidades de semeadura. **Cultura Agrônômica**, v.20, n.2, p. 81-92. 2011.

DIAS, M.; FALCONI, D. The Evolution of Craft Beer Industry in Brazil. In: **Journal of Economics and Business**, v.1, n.4, p.618-626. 2018. DOI:10.31014/aior.1992.01.04.55.

DILLEHAY, T. D.; RAMÍREZ, C.; PINO, M.; COLLINS, M.B.; ROSSEN, J.; PINO-NAVARRO, J. D. Monte Verde: Seaweed, Food, Medicine, and the Peopling of South America. **Science**, v.320, n.5877, p.784-786, 2008.

DMYTRYK, A.; SAMORAJ, M.; MOUSTAKAS, K.; WITEK-KROWIAK, A.; CHOJNACKA, K. Bioactive fatty acids and compounds from *Spirulina (Arthrospira) platensis*: Potential as biostimulants for plant growth. **Sustainable Chemistry and Pharmacy**, v.30, 2022.

Du JARDIN, P. Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. **Scientia Horticulturae**, v.196, p.3-14, 2015.

ECHERT, T. **Uso de extratos de alga na agricultura**. 2019. Trabalho de conclusão de curso Agronomia. Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2019.

EL BOUKHARI, M. E. M.; BARAKATE, M.; BOUHIA, Y.; LYAMLOULI, K. Trends in seaweed extract based biostimulants: Manufacturing process and beneficial effect on soil-plant systems. **Plants**, v.9, n.3, p. 359, 2020.

EMBRAPA. Cevada alimento funcional - Alternativa para a diversificação e sustentabilidade da agricultura familiar. Embrapa Trigo. Passo Fundo, RS: Empresa Brasileira de Pesquisa e Agropecuária, 2020. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1132148/1/BPD-98-online.pdf>. Acesso em: 26 fevereiro 2025.

EMBRAPA. Cevada. Embrapa Agroindústria de alimentos. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/tecnologia-de-alimentos/processos/grupos-de-alimentos/cereais-e-graos/cevada>. Acesso em: 05 março 2025.

EMBRAPA. Pesquisadores discutem como superar os desafios da produção de cevada no Brasil. Embrapa Trigo. Brasília: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2022. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/72655369/pesquisadores-discutem-como-superar-os-desafios-da-producao-de-cevada-no-brasil>. Acesso em: 22 maio 2022.

EMBRAPA. Variabilidade e viabilidade polínica em cevada: aspectos botânicos, agronômicos e citogenéticos. Embrapa Trigo. Paro Fundo, RS: Empresa Brasileira de Pesquisa e Agropecuária, 2023. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1154429/1/DT-205-online.pdf>. Acesso em: 12 fevereiro 2025.

EOS Data Analytics. Plantação de Cevada: Suporte à Colheita e as Exigências. EOS Data Analytics, 2024. Disponível em: <https://eos.com/pt/blog/plantacao-de-cevada/>. Acesso em: 8 março 2025.

FAOSTAT. Disponível em: <http://fenix.fao.org/faostat/internal/en/#data>. Acesso em: 24 de maio de 2023.

FAPA- Fundação Agraria de Pesquisa Agropecuária. Disponível em: <https://www.agraria.com.br/sementes>. Acesso em: 19 de Jan. de 2025.

FERREIRA, C. Cultivares de cevada semeadas em espaçamentos simples e pareado combinados com doses de adubo e densidade de semeadura. Tese de doutorado em Agronomia, Universidade Estadual de Ponta Grossa. Ponta Grossa, p.70, 2015.

FERREIRA, D. F. SISVAR: a computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Revista Brasileira de Biometria**, v.37, n.4, p.529-535, 2019.

FONTANA, A. C.; FURONI, G. C.; MELO, A. M. R.; SABUNDJIAN, M. T. A. cultura da cevada (*Hordeum vulgare* L.). **Revista Científica Eletrônica de Ciências Aplicadas da FAIT**, n.1, 2016.

FREITAS, C. Importação de cevada dispara e bate recorde no Brasil em 2024 ultrapassando marca histórica. Catalise, 2024. Disponível em: <https://catalisi.com.br/importacao-de-cevada-dispara-e-bate-recorde-no-brasil-em-2024-ultrapassando-marca-historica/>. Acesso em: 8 de março 2025.

GALINDO, F.; FILHO, M.; BUZETTI, S.; ALVES, C.; GARCIA, C.; NOGUEIRA, L. Extrato de algas como bioestimulante na nutrição e produtividade do trigo irrigado na região do Cerrado. **Colloquium Agrariae**, v.15, n.1, p.130-140, 2019.

GALON, L. S.; TIRONI, S. P.; ROCHA, P. R. R.; CONCENÇO, G.; SILVA, A. F.; VARGAS, L.; SILVA, A. A.; FERREIRA, E. A.; MINELLA, E.; SOARES, E. R.; FERREIRA, F. A. Habilidade competitiva de cultivares de cevada convivendo com azevém. **Planta Daninha**, v.29, n.4, p.771-781, 2011.

GANDHI, G.; GOPALAKRISHNAN, V. A. K.; VEERAGURUNATHAN, V.; GHOSH, A. Unlocking the potential of tropical red and brown seaweed-based biostimulants - a comparative assessment for sustainable maize (*Zea mays*) production. **Journal of Applied Phycology**, v., n.3, p.1513-1531, 2024.

GHARIB, F. A. E. L.; OSAMA, K.; SATTAR, A. M. A. E.; AHMED, E.Z Impact of *Chlorella vulgaris*, *Nannochloropsis salina*, and *Arthrospira platensis* as biostimulants on common bean plant growth, yield and antioxidant capacity. **Scientific Reports**, v.14, 1398, 2024. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-50040-4>

GOMES, F.; SANTOS, A.; SILVA, G.; SILVA, M.; CORREA, M.; GOMES, Y.; BATISTA, M.; ARAÚJO, R. Potencial do uso de nanopartículas de microalgas na produção de romãzeira. **Meio Ambiente (Brasil)**, v.1, n.2, p.31-40, 2019.

GOMEZ, M.; KANASHIRO, C.; OLIVARRÍA, D. Effect of wavelengths on the growth and chemical-proximal composition of diatoms *Amphora* aff. *amoena* and *Chaetoceros muelleri*. **Latin America Journal of Aquatic Research**, v.52, n.5, 2024.

GONI, O.; QUILLE, P.; O'CONNELL, S. *Ascophyllum nodosum* extract biostimulants and their role in enhancing tolerance to drought stress in tomato plants. **Plant Physiology and Biochemistry**, v.126, p.63-73, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2018.02.024>

GONZÁLEZ-PÉREZ, B. K.; RIVAS-CASTILLO, A. M.; VALDEZ-CALDERÓN, A.; GAYOSSO-MORALES, M. A. Microalgae as biostimulants: a new approach in agriculture. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v.38, n.1, p.4, 2022. <https://doi.org/10.1007/s11274-021-03192-2>

GUNALARASI, G.; DHAMODHARAN, P.; BHUVANESWARI, J. Biostimulants for Sustainable Crop Production: A Review. **Internacional Journal for Multidisciplinary Research**, v.5, n.6, IJFMR230611053 2023.

HOLANDA, C. CULTIVO DA MICROALGA *Chaetoceros muelleri* (Lemmermann, 1898) EM EFLUENTE DE CARCINICULTURA E SEU EFEITO NA QUALIDADE DE ÁGUA, PRODUÇÃO DE LIPÍDEOS E EXOPOLISSACARÍDEOS. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Pesca) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017.

HŘIVNA, L.; MACO, R.; DUFKOVÁ, R.; KOUŘILOVÁ, V.; BUREŠOVÁ, I.; GREGOR, T. Effect of weather, nitrogen fertilizer, and biostimulators on the root size and yield components of *Hordeum vulgare*. **Open Agriculture**, v.9, n.1, 2024.

JUÁREZ-GÓMEZ, M.; HAYANO-KANASHIRO, C.; FIMBRES-OLIVARRÍA, D. Effect of wavelengths on the growth and chemical-proximal composition of diatoms *Amphora aff. amoena* and *Chaetoceros muelleri*. **Latin American Journal of Aquatic Research**, v.52, n.5, p.837-844, 2024. doi:[10.3856/vol52-issue5-fulltext-3160](https://doi.org/10.3856/vol52-issue5-fulltext-3160)

KALEE, H.; RAHEEM, A. Seeding rate and nitrogen fertilizer level for black barley under rain-fed conditions. **Nativa**, v.12, n.1, p.172-178, 2024.

KAPOORE, R. V.; WOOD, E. E.; LLEWELLYN, C. A. Algae biostimulants: A critical look at microalgal biostimulants for sustainable agricultural practices. **Biotechnology Advances**, v.49, 2021. Doi:10.1016/j.biotechadv.2021.107754

KERBAUY, B. G. **Fisiologia Vegetal**. 3ª.ed. Rio de Janeiro, Guanabara Koogan, 2019. 420 p.

KHOTIJAH, S.; IRFAN, M.; MUCHDAR, F. Nutritional Composition of Seaweed *Kappaphycus alvarezii*. **Jurnal Agribisnis Perikanan**, v.13, n.2, p.139-146, 2020.

KOYAMA, R.; BETTONI, M.; RODER, C.; ASSIS, A.; ROBERTO, S.; MÓGOR, Á. Extrato da alga *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jolis no desenvolvimento vegetativo e na produção do tomateiro. **Revista Ciências Agrárias**, v.55, n.4, p.282-287, 2012.

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.; et al. *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jolis, a Pivotal Biostimulant toward Sustainable Agriculture: A Comprehensive Review. **Agriculture** v.13, 2023. <https://doi.org/10.3390/agriculture13061179>

LANGOWSKI, L.; GOÑI, O.; QUILLE, P.; STEPHENSON, P.; CARMODY, N.; FEENEY, E.; O'CONNELL, S. A plant biostimulant from the seaweed *Ascophyllum nodosum* (Sealicit) reduces podshatter and yield loss in oilseed rape through modulation of IND expression. **Scientific reports**, v.9, n.1, 2019.

LEMA, E.; CHOÉZ I.; RUÍZ O.; JARAMILLO, L.; PACHECO, A.; VAN DER HENDE, S.; MANZANO, P. Estudio de la variabilidad en el tiempo y espacio de la actividad antioxidante y composición bioquímica de *Kappaphycus alvarezii* en diferentes densidades de siembra. **Revis Bionatura**, v.8, n.1, p.1-13. <http://dx.doi.org/10.21931/RB/2023.08.01.13>

LJUBIC, A.; SAFAFAR, H.; HOLDTD, S.; JACOBSEN, C. Biomass composition of *Arthrospira platensis* during cultivation on industrial process water and harvesting. *Journal of Applied Phycology*, v.30, n.2, p.943–954, 2018. DOI: [10.1007/s10811-017-1332-y](https://doi.org/10.1007/s10811-017-1332-y).

LORENZO, J.; AGREGÁN, R.; MUNEKATA, P.; FRANCO, D.; CARBALLO, J.; ŞAHIN, S.; BARBA, F. Proximate composition and nutritional value of three macroalgae: *Ascophyllum nodosum*, *Fucus vesiculosus* and *Bifurcaria bifurcata*. **Marine Drugs**, v.15, n.11, p.1-11, 2017.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. Editora CERES Ltda, São Paulo, 2006, 638p.

MARCHEZAN, E.; SANTOS, O. S. dos; AVILA, L. A. de; SILVA, P. da. Adubação foliar com micronutrientes em arroz irrigado, em área sistematizada. **Ciência Rural**, v.31, n.6, p.941-945, 2001.

MEDDICH, A. Biostimulants for Resilient Agriculture—Improving Plant Tolerance to Abiotic Stress: A Concise Review. **Gesunde Pflanzen**, v.75, p.709–727, 2023. <https://doi.org/10.1007/s10343-022-00784-2>

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA). Anuário da Cerveja 2024. Brasília: MAPA, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/anuario-da-cerveja>. Acesso em: 27 fev. 2025.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA). Mercado cervejeiro cresce no Brasil e aumenta interesse pela produção de lúpulo e cevada. 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/mercado-cervejeiro-cresce-no-brasil-e-aumenta-interesse-pela-producao-de-lupulo-e-cevada>. Acesso em: 26 fev. 2025.

MORAES, V. C.; ZENY, P. M.; RUIVO, L. B.; OWATARI, M. S.; LOPES, R. G.; SCHIEBELBEIN, L. M.; DERNER, R. B.; OHSE, S. Impact of foliar application of microalgae extracts on the growth and yield of white lupine (*Lupinus albus*). **Environmental Technology**, p.1-12, 2025. <https://doi.org/10.1080/09593330.2025.2485361>

MORAES, V. C.; ZENY, P. M.; SCHIEBELBEIN, L. M.; MELO, H. F.; DERNER, R. B.; OHSE, S. tratamento de sementes e aplicação foliar de bioestimulantes à base de algas na soja. **Visão Acadêmica**, v.24, n.3, p.4-19, 2023. <https://doi.org/10.5380/acd.v24i3.92072>

NAVARRO-LÓPEZ, E.; RUÍZ-NIETO, A.; FERREIRA, A.; ACIÉN, F. G.; GOUVEIA, L. Biostimulant Potential of *Scenedesmus obliquus* Grown in Brewery Wastewater. **Molecules**, v.25, n.3, p.1-16, 2020.

NITSCHKE, P. B.; CARAMORI, P. H.; RICCE, W. da S.; PINTO, L. F. D. Atlas Climático do Estado do Paraná. Londrina, PR: IAPAR, 2019. Disponível em: <http://www.idrparana.pr.gov.br/Pagina/Atlas-Climatico>. Acesso em: 06 de nov. 2022.

OHSE, S.; DERNER, R. D.; OZÓRIO, R. A.; GORDO CORRÊA, R.; FURLONG, E. B.; CUNHA, P. C. Lipid content and fatty acid profiles in ten species of microalgae. **Idesia**, v.33, p.93-101, 2015.

OHSE, S.; SANTOS, O. S.; MARODIM, V.; MANFRON, P. A. Efeito do tratamento de sementes de arroz irrigado com zinco em relação à aplicação no substrato. **Revista da Faculdade de Zootecnia, Veterinária e Agronomia**, v. 5-6, n 1, p. 32-42, 1999.

PEREIRA, V. L. D.; SIMONETTI, A. P. M. M. Uso de Bioestimulantes associado ao tratamento de semente de milho (*Zea mays* L.). **Revista Cultivando o Saber**, v.14, p.186-192, 2021.

PIMENTEL GOMES, F. P. **Curso de Estatística Experimental**. 15ª Ed., Livraria Nobel S.A., São Paulo. 2009. 451p.

QUEIROGA, V. P.; GOMES, J. P.; MENDES, N. V. B.; QUEIROZ, A. J. M.; NETO, A. F.; ALBUQUERQUE, E. M. B. Cevada (*Hordeum vulgare*, L.) TECNOLOGIAS DE PLANTIO E DE PRODUÇÃO DA CERVEJA PURO MALTE. 1.ed. Campina Grande: AREPB, 2024.

RACHIDI, F.; BENHIMA, R.; KASMI, Y.; SBABOU, L.; EL ARROUSSI, H. Evaluation of microalgae polysaccharides as biostimulants of tomato plant defense using metabolomics and biochemical approaches. **Science Reports**, v.11, 2021.

RACHIDI, F.; BENHIMA, R.; SBABOU, L.; ARROUSSI, H. Microalgae polysaccharides biostimulating effect on tomato plants: growth and metabolic distribution. **Biotechnology Reports**, v.25, p.1-8, 2020.

REFAAY, D. A.; EL-MARZOKI, E. M.; ABDEL-HAMID, M. I.; HAROUN, S. A. Effect of foliar application with *Chlorella vulgaris*, *Tetrademus dimorphus*, and *Arthrospira platensis* as biostimulants for common bean. **Journal of Applied Phycology**, v.33, n.6, p.3807-3815, 2021.

RIBEIRO, N. D.; SANTOS, O. S. dos. Aproveitamento do zinco aplicado na semente na nutrição da planta. **Ciência Rural**, v.26, n.1, p.159-165, 1996.

RIBEIRO, N. D.; SANTOS, O. S. Germinação de sementes de milho tratadas com fontes e doses de zinco e boro. **Ciência Rural**, v. 21, n. 3, p.437-440, 1991.

SÁNCHEZ-QUINTERO, A.; PARSY, A.; ADRIEN, A.; SPITZER, L.; LAMANA, J.; FERNANDES, S.; BEIGBEDER, J. Effects of CO₂ and liquid digestate concentrations on the growth performance and biomass composition of *Tetrademus obliquus* and *Chlorella vulgaris* microalgal strains. **Bioengineering and Biotechnology**, v.12, [1459756](#), 2025.

SANTINI, G.; RODOLFI, L.; BIONDI, N.; SAMPIETRO, G.; TREDICI, M. R. Effects of cyanobacterial-based biostimulants on plant growth and development: a case study on basil (*Ocimum basilicum* L.). **Journal of Applied Phycology**, v.34, n.4, p.2063-2073, 2022.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J.F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAUJO FILHO, J. C.; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. Sistema Brasileiro de classificação de solos. 5.ed. **Revista Ampliada**. Brasília: Embrapa, 2018. 356p. Disponível em: <https://www.agroapi.cnptia.embrapa.br/portal/assets/docs/SiBCS-2018-ISBN-9788570358004.pdf>. Acesso em: 26 set. 2024.

SANTOS, O. S.; ESTEFANEL, V. Efeito de micronutrientes e do enxofre aplicados nas sementes de soja. **Ciência Rural**, v. 16, n. 1, p. 5-17, 1986.

SCHEIFLER, B. Produção de cevada ainda enfrenta desafios para se consolidar no Brasil. **DESTAQUE RURAL**, 2023. Disponível em: <https://destaquerrural.com.br/agricultura/cevada/cevada-brasil/>. Acesso em: 26 fev. 2025.

SCHWAB, F.; ZHAI, G.; KERN, M.; TURNER, A.; SCHNOOR, J. L.; WIESNER, M. R. Barriers, pathways and processes for uptake, translocation and accumulation of nanomaterials in plants-Critical review. **Nanotoxicology**, v.10, n.3, p.257-278, 2016.

SHEDEED, Z. A.; GHEDA, S.; ELSANADILY, S.; ALHARBI, K.; OSMAN, M. E. *Spirulina platensis* biofertilization for enhancing growth, photosynthetic capacity and yield of *Lupinus luteus*. **Agriculture**, v.12, n.6, 781, 2022. <https://doi.org/10.3390/agriculture12060781>.

SHUKLA, P. S.; MATIN, E. G.; ADILL, M.; BAJPAI, S.; CRITCHLEY, A.T. ; PRITHIVIRAJ, B. *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, 2019. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00655>

SIEDENBURG, J. Could microalgae offer promising options for climate action via their agri-food applications? **Frontiers in Sustainable Food Systems**, v.6, 2022.

SILVA, A. Extrato de algas na agricultura: benefícios e aplicações. **AGROADVANCE**. 2024. Disponível em: <https://agroadvance.com.br/blog-extrato-de-algas-na-agricultura/>. Acesso em: 31 mar. 2025.

SILVA, M. E. T. da; PAULA CORREA, K. de; MARTINS, M. A.; DA MATTA, S. L. P.; MARTINO, H. S. D.; DOS REIS COIMBRA, J. S. Food safety, hypolipidemic and hypoglycemic activities, and in vivo protein quality of microalga *Scenedesmus obliquus* in Wistar rats. **Journal of Functional Foods**, v.65, 103711, 2020.

SILVA, M.; SILVA, V. Biocondicionamento de sementes de tomate com extratos de alga vermelha. **Scientific Eletronic Archives**, v.13, n.3 p. 28-35, 2021.

SILVA, N. F.; CAVALCANTE, W. S. S.; NETO, J. G. M.; CUNHA, F. N.; TEIXEIRA, M. B.; SILVA, L. C. M.; ROSA, M.; CABRAL, J. S. R.; FILHO, F. R. C. Manejo do déficit hídrico em plantas de soja via aplicação de microrganismos e bioestimulantes. **Caderno Pedagógico**, v.21, n.13, p.01-31, 2024.

SILVA, R. G. da; BORSOI, A.; LIMA, P. R.; SOUZA PINTO, J. de; DANIEL, C.; LAVRATTI, M. B. Adubação orgânica e química na cultura do trigo. **Revista Cultivando o Saber**, v.2, n.3, p.54-61, 2019.

SOUZA, L.; JÚNIOR, K.; RIBEIRO, V.; BRIGANTE, G. Biostimulant *Ascophyllum nodosum* in corn crop. **Research, Society and Development**, v.12, n.2, 2023.

SURESH KUMAR, K.; GANESAN, K.; SUBBA RAO, P. V. Seasonal variation in nutritional composition of *Kappaphycus alvarezii* (Doty) Doty-an edible seaweed. **Journal of Food Science and Technology**, v.52, p.2751-2760, 2015.

SUZART, L.; VENDRAMINI, A. Aplicações Biotecnológicas da Macroalga *Kappaphycus alvarezii*: um estudo prospectivo. **Cadernos de Prospeção**, v.14, n.4, p.1145-1156, 2021. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/361440631_Aplicacoes_Biotecnologicas_da_Macroalga_Kappaphycus_alvarezii_um_estudo_prospectivo. Acesso em: 05 março 2025.

SZCZEPANEK, M.; JASKIEWICZ, B.; KOTWICA, K. Response of barley on seaweed bioestimulant application. **Agriculture Sciences**, v.2, p. 49-54, 2018.

TAITI, C.; VITO, M.; MERCURIO, M.; COSTANTINI, L.; MERENDINO, M.; SANGUINETTI, M.; BUGLI, F.; GARZOLI, F. Detection of secondary metabolites, proximate composition and bioactivity of organic dried spirulina (*Arthrospira platensis*). **Applied Sciences**, v.14, n.1, p.1-15, 2024. DOI: [10.3390/app14010067](https://doi.org/10.3390/app14010067). Acesso em: 22 abr. 2025.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fundamentos de Fisiologia Vegetal**. 7ª.ed. 2021. 584p.

TRIVEDI, K.; ANAND, K. G. V.; VAGHELA, P.; CRITCHLEY, A.; SHUKLA, P. S.; GHOSH, A. A review of the current status of *Kappaphycus alvarezii*-based biostimulants in sustainable agriculture. **Journal of Applied Phycology**, v.35, p.3087-3111, 2023.

USDA - UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. Production, Supply and Distribution (PSD). Disponível em: <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/app/index.html#/app/compositeViz>. Acesso em: 03 março 2025.

VAGHELA, P.; TRIVEDI, K.; ANAND, K. V.; BRAHMBHATT, H.; NAYAK, J.; KHANDHEDIYA, K.; GHOSH, A. Scientific basis for the use of minimally processed homogenates of *Kappaphycus alvarezii* (red) and *Sargassum wightii* (brown) seaweeds as crop biostimulants. **Algal Research**, v.70, 102969, 2023.

VICTOR, M. M.; MOUTINHO, F. L. B.; RIATTO, V. B. Microalgas: uma estratégia sustentável na transformação e obtenção de compostos orgânicos. **Química Nova**, v.47, n.2, 2024.

VIEIRA, B. B.; SOARES, J.; AMORIM, M. L.; BITTENCOURT, P. V. Q.; CÁSSIA SUPERBI, R. de; OLIVEIRA, E. B. de; MARTINS, M. A. Optimized extraction of neutral carbohydrates, crude lipids and photosynthetic pigments from the wet biomass of the microalga *Scenedesmus obliquus* BR003. **Separation and Purification Technology**, v.269, 118711, 2021.

WAMSER, A. F.; MUNDSTOCK, C. M. Adubação nitrogenada em estádios fenológicos em cevada, cultivar "MN 698". **Ciência Rural**, v.37, n.4, p.942-948, 2007.

WETZEL, M. M. V. S.; FERREIRA, F. R. Sistema de curadorias de germoplasma. Recursos Genéticos Vegetais. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia., p.121-144, 2007.

WORLD REGISTER OF MARINE SPECIES-WoRMS. *Arthrospira platensis* Gomont, 1892. Disponível em: <https://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=213728>. Acesso em: 31 mar. 2025.

WORLD REGISTER OF MARINE SPECIES-WoRMS. *Ascophyllum nodosum* (Linnaeus) Le Jolis, 1863. Disponível em: <https://www.marinespecies.org/aphia.php?id=145541&p=taxdetails>. Acesso em: 31 mar. 2025.

WORLD REGISTER OF MARINE SPECIES-WoRMS. *Chaetoceros muelleri muelleri* Lemmermann, 1898. Disponível em: <https://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=163098>. Acesso em: 31 mar. 2025.

WORLD REGISTER OF MARINE SPECIES-WoRMS. *Kappaphycus alvarezii* (Doty) Doty ex P.C. Silva, 1996. Disponível em: <https://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=371403>. Acesso em: 31 mar. 2025.

WORLD REGISTER OF MARINE SPECIES-WoRMS. *Scenedesmus obliquus* (Turpin) Kützing, 1833. Disponível em: <https://marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=164078>. Acesso em: 31 mar. 2025.

YOUSSEF, F. A.; EL-SEGAI, M. U.; ABOU-TALEB, S. M.; MASSOUD, K. W. Response of cowpea (*Vigna unguiculata* L.) plant to seaweed and yeast extracts. **Plant Archives**, v.19, n.2, 09725210, 2019.

ZERRIFI, S. E. A.; EL KHALLOUFI, F.; OUDRA, B.; VASCONCELOS, V. Seaweed bioactive compounds against pathogens and microalgae: potential uses on pharmacology and harmful algae bloom control. **Marine Drugs**, v.16, n.2, p.55, 2018.

ZODAPE, S.; MUKHERJEE, S.; REDDY, M.; CHAUDHARY, D. Effect of *Kappaphycus alvarezii* (Doty) Doty ex silva. extract on grain quality, yield and some yield components of wheat (*Triticum aestivum* L.). **International Journal of Plant Production**, v.3, n.2, p. 97-101, 2009.