

Trichoderma spp. E *Ascophyllum nodosum* NA PRODUÇÃO DE
MUDAS DE ABACAXIZEIRO 'JUPI'

GIOVANI COSTA DE OLIVEIRA

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE DARCY
RIBEIRO

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ
JULHO - 2025

Trichoderma spp. E *Ascophyllum nodosum* NA PRODUÇÃO DE
MUDAS DE ABACAXIZEIRO 'JUPI'

GIOVANI COSTA DE OLIVEIRA

“Tese apresentada ao Centro de Ciências e
Tecnologias Agropecuárias da Universidade
Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro,
como parte das exigências para obtenção do
título de Doutor em Produção Vegetal”.

Orientador: Prof. Silvério de Paiva Freitas
Coorientador: Prof. Dr. Luiz Flávio Vianna Silveira

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ
JULHO - 2025

Trichoderma spp. E *Ascophyllum nodosum* NA PRODUÇÃO DE
MUDAS DE ABACAXIZEIRO 'JUPI'

GIOVANI COSTA DE OLIVEIRA

“Tese apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para obtenção do título de Doutor em Produção Vegetal”.

Aprovada em 02 de julho de 2025.

Comissão Examinadora

Silvio de Jesus Freitas (D.Sc. Produção Vegetal) – UENF

Sávio da Silva Berilli (D.Sc. Produção Vegetal) – IFES

Julio Cesar Fiorio Vettorazzi (D.Sc. Genética e Melhoramento de Plantas) – UENF

Luiz Flávio Vianna Silveira (D.Sc. Produção Vegetal) – IFES
Coorientador

Silvério de Paiva Freitas (Dr. Fitotecnia) – UENF
Orientador

FICHA CATALOGRÁFICA

UENF - Bibliotecas

Elaborada com os dados fornecidos pelo autor.

O48

Oliveira, Giovani Costa de.

Trichoderma spp. E *Ascophyllum nodosum* NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE ABACAXIZEIRO 'JUPI' / Giovani Costa de Oliveira. - Campos dos Goytacazes, RJ, 2025.

91 f.

Bibliografia: 79 - 89.

Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, 2025.

Orientador: Silverio de Paiva Freitas.

1. *Ananas comosus*. 2. bioinsumos. 3. qualidade de mudas. 4. desenvolvimento radicular. 5. pigmentos fotossintéticos. I. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. II. Título.

CDD - 630

“A todos que, com suas pedras - de ensinamentos, apoios ou desafios - nos ajudaram a pavimentar caminhos e erguer pontes ao longo da caminhada, nossa sincera gratidão. Que nunca nos faltem novos alicerces para seguir adiante.”

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelas oportunidades concedidas e pela luz que ilumina o meu caminho, guiando-me com sabedoria nas escolhas da vida;

Aos meus pais, José (*in memorian*) e Carolina, à minha irmã Giane e à minha sobrinha Giovana, por estarem comigo desde os primeiros passos e por sempre me apoiarem com simplicidade e amor;

À minha esposa, Nathy, e aos meus filhos, Samuel e Laura, por serem a razão da minha existência, inspiração diária e força inabalável para perseverar nos momentos mais desafiadores;

Ao meu orientador, Prof. Silvério de Paiva Freitas, por acreditar neste trabalho, por sua orientação firme e generosa, e por sempre estimular, com entusiasmo, a continuidade da pesquisa;

Aos professores Luiz Flávio e Sávio Berilli, pelo apoio técnico, financeiro e institucional, bem como pela confiança e pelas contribuições fundamentais ao desenvolvimento deste projeto;

Um agradecimento especial ao meu amigo Júlio e à sua “Turma”, pela amizade sincera nos momentos mais difíceis desta caminhada. Aos colegas da ALE - LAS, pelo suporte nas análises laboratoriais, pelas trocas de experiências e muitas histórias que construímos ao longo desses anos;

Ao IFES, pela oportunidade de crescimento profissional e humano, por acreditar na formação contínua de seus servidores e por sua missão transformadora na vida de tantas pessoas;

Aos amigos da ALE-CGAO - Sobreira, Rafael, Kinália, Aline, Sandro e Rodrigo - pela compreensão, incentivo e pela concessão da licença que viabilizou a conclusão deste trabalho;

A todos os servidores do IFES – Campus de Alegre, em especial a Diego, Altair e Adriano, e aos colaboradores Dailton, Marcelo, Dico, Ricardo e Alan, agradeço pela amizade, parceria e pelo suporte em todas as fases desta jornada;

Aos colegas do Dinter - 'Até o fim', meu mais sincero agradecimento. Seguiremos juntos dividindo angústias, aprendizados e vitórias;

Ao Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural Incaper – ES e à Prefeitura Municipal de Marataízes, pelo apoio na coleta das matrizes e pela sensibilização dos produtores - parceiros essenciais e foco deste estudo;

Por fim, à UENF e ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, por cultivarem um ambiente de construção do conhecimento, cultura científica, inovação e valorização das pessoas - elementos que marcaram profundamente esta etapa da minha trajetória.

SUMÁRIO

RESUMO.....	vii
ABSTRACT.....	viii
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	4
2.1. O cultivo do abacaxi no Espírito Santo.....	4
2.2. Métodos de propagação do abacaxizeiro.....	6
2.3. Fusariose do abacaxizeiro: principais desafios.....	7
2.4. Controle biológico no manejo do abacaxizeiro.....	8
2.5. <i>Trichoderma spp.</i> como agente promotor de crescimento.....	9
2.6. <i>Ascophyllum nodosum</i> : potencial agronômico.....	12
2.7. Bioestimulantes no desenvolvimento do abacaxizeiro.....	17
3. TRABALHOS.....	19
3.1. EXTRATO DE ALGA E FUNGO ENDÓFITO: ALTERNATIVAS PARA O CULTIVO DE MUDAS DE ABACAXIZEIRO 'JUPI'.....	19
3.2. EFICIÊNCIA FOTOSSINTÉTICA DE MUDAS DE ABACAXIZEIRO PROMOVIDA POR <i>Ascophyllum nodosum</i> E <i>Trichoderma spp.</i>	41
4. CONCLUSÕES.....	70
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	71

RESUMO

OLIVEIRA; Giovani Costa de; D.Sc.; Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro; Julho de 2025; *Trichoderma spp.* E *Ascophyllum nodosum* NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE ABACAXIZEIRO ‘JUPI’; Orientador: Prof.º D. Sc. Silvério de Paiva Freitas; Coorientador: Prof.º D.Sc. Luiz Flávio Vianna Silveira.

A produção de mudas de abacaxizeiro ‘Jupi’ enfrenta desafios relacionados à obtenção de plantas saudáveis nas fases iniciais de desenvolvimento, sensíveis a fatores fisiológicos e ambientais. Nesse contexto, esta pesquisa buscou identificar alternativas sustentáveis que favoreçam o crescimento e o desempenho fisiológico das mudas, contribuindo para a melhoria da qualidade na produção de abacaxi. Avaliou-se o potencial de dois bioestimulantes naturais — o extrato da alga *Ascophyllum nodosum* e o fungo *Trichoderma spp.* — aplicados em diferentes doses, com foco nos efeitos sobre atributos morfológicos, fisiológicos e fotossintéticos. O estudo foi conduzido no viveiro e na estufa do IFES – Campus de Alegre (ES), utilizando mudas da cultivar ‘Jupi’ obtidas por seccionamento de caule de plantas matrizes selecionadas em Maratázes (ES). O delineamento foi em blocos casualizados, em esquema fatorial 2×7 , com dois bioestimulantes aplicados em sete doses (0,00; 0,50; 1,00; 1,50; 2,00; 2,50 e 3,00 L ha⁻¹), cinco repetições e 20 plantas por parcela (total de 1.400 mudas). As aplicações foliares ocorreram aos 50, 70 e 90 dias após o transplante, com pulverizador manual. Aos 180 dias, avaliaram-se parâmetros morfológicos (número de folhas, altura, diâmetro do caule, área foliar, comprimento e diâmetro radicular, volume de raízes e massas secas da parte aérea e das raízes) e fisiológicos (pigmentos fotossintéticos e Índice de Qualidade de Dickson). Doses intermediárias, associadas a concentrações adequadas de compostos bioativos (*Ascophyllum nodosum*) e de propágulos viáveis (*Trichoderma spp.*), potencializaram processos fisiológicos ligados à fotossíntese e ao desenvolvimento radicular, resultando em maior acúmulo de biomassa e melhor qualidade morfológica das mudas. Também proporcionaram maior eficiência fotossintética, evidenciada pelo aumento dos teores de clorofila total e da razão clorofila/carotenoides. Em contrapartida, doses elevadas provocaram aumento nos teores de carotenoides e redução de clorofila b, sugerindo desequilíbrios metabólicos e indícios de estresse fisiológico. Os resultados indicam que o uso racional de bioestimulantes à base de *Ascophyllum nodosum* e *Trichoderma spp.* é uma estratégia promissora para o fortalecimento do sistema radicular, melhoria do estado fisiológico e otimização do desempenho fotossintético de mudas de abacaxizeiro ‘Jupi’, contribuindo para o manejo sustentável de frutíferas tropicais e oferecendo subsídios técnicos à adoção de insumos biológicos complementares às práticas convencionais.

Palavras-chave: *Ananas comosus*, bioinsumos, qualidade de mudas, desenvolvimento radicular, pigmentos fotossintéticos.

ABSTRACT

OLIVEIRA; Giovani Costa de Oliveira; D.Sc.; Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro; July 2025; *Trichoderma spp.* AND *Ascophyllum nodosum* IN THE PRODUCTION OF 'JUPI' PINEAPPLE PLANTLETS; Adviser: Prof.º Ds.c. Silvério de Paiva Freitas; Co-Adviser: Prof.º D.Sc. Luiz Flávio Vianna Silveira.

The production of 'Jupi' pineapple plantlets faces challenges related to obtaining healthy plants during the early stages of development, which are sensitive to physiological and environmental factors. In this context, this research aimed to identify sustainable alternatives that promote the growth and physiological performance of plantlets, contributing to improved quality in pineapple production. The potential of two natural biostimulants—the seaweed extract *Ascophyllum nodosum* and the fungus *Trichoderma spp.*—applied at different doses was evaluated, focusing on their effects on morphological, physiological, and photosynthetic attributes. The study was conducted in the nursery and greenhouse of IFES – Campus de Alegre (ES), using 'Jupi' plantlets obtained by stem sectioning from mother plants selected in Marataízes (ES). The experimental design was a randomized block in a 2×7 factorial scheme, with two biostimulants applied at seven doses (0.00, 0.50, 1.00, 1.50, 2.00, 2.50, and 3.00 L ha⁻¹), five replications, and 20 plants per plot (total of 1,400 plantlets). Foliar applications were performed at 50, 70, and 90 days after transplanting, using a manual sprayer. At 180 days, morphological parameters (number of leaves, height, stem diameter, leaf area, root length and diameter, root volume, and shoot and root dry mass) and physiological parameters (photosynthetic pigments and Dickson Quality Index) were evaluated. Intermediate doses, associated with adequate concentrations of bioactive compounds (*Ascophyllum nodosum*) and viable propagules (*Trichoderma spp.*), enhanced physiological processes related to photosynthesis and root development, resulting in greater biomass accumulation and improved morphological quality of the plantlets. They also increased photosynthetic efficiency, as evidenced by higher total chlorophyll content and chlorophyll-to-carotenoid ratio. Conversely, higher doses led to increased carotenoid levels and reduced chlorophyll b content, suggesting metabolic imbalances and signs of physiological stress. The results indicate that the rational use of *Ascophyllum nodosum* and *Trichoderma spp.*-based biostimulants is a promising strategy to strengthen the root system, improve physiological status, and optimize the photosynthetic performance of 'Jupi' pineapple plantlets, contributing to the sustainable management of tropical fruit crops and providing technical support for the adoption of biological inputs that can complement conventional practices.

Keywords: *Ananas comosus*, biological inputs, seedling quality, root development, photosynthetic pigments.

1. INTRODUÇÃO

O cultivo do abacaxizeiro (*Ananas comosus*) constitui uma atividade agrícola de expressiva importância socioeconômica, especialmente para pequenos e médios produtores em diversos países. Trata-se de uma planta herbácea, perene e monocotiledônea, pertencente à família *Bromeliaceae*, a qual abrange cerca de 2.000 espécies. Sua inflorescência terminal dá origem a um fruto composto, sendo o abacaxi a terceira fruta tropical mais produzida no mundo, atrás apenas da banana e dos citros (Bartholomew et al., 2002).

Em 2022, a produção mundial de abacaxi totalizou 27,8 milhões de toneladas, cultivadas em uma área de 1,07 milhões de hectares. Os principais países produtores foram Filipinas, Costa Rica e Brasil, responsáveis por 9,71%, 9,43% e 8,82% da produção global, respectivamente. No entanto, entre 2015 e 2020, enquanto a produção mundial cresceu 7,74% e a área cultivada aumentou 6,20%, o Brasil apresentou uma redução de 7,45% na produção e de 4,61% na área cultivada (FAO, 2024).

Apesar da retração observada no período, o Brasil mantém-se como o maior produtor mundial de abacaxi, com uma média anual de, aproximadamente, 2,3 milhões de toneladas colhidas (FAO, 2024).

A produção nacional caracteriza-se pela diversidade de cultivares, entre as quais a variedade 'Jupi' se destaca no contexto regional capixaba, especialmente no litoral sul do Espírito Santo. Embora seu cultivo não seja expressivo em nível nacional, a 'Jupi' apresenta características agronômicas favoráveis, como padrão de fruto e adaptabilidade aos distintos sistemas de cultivo, sendo geneticamente próxima à cultivar 'Pérola', sua parente mais difundida no país (Maia et al., 2024). No contexto da fruticultura tropical, o abacaxizeiro representa uma cultura de grande relevância econômica e social, sendo cultivado em diferentes regiões do país, embora apresente sensibilidade a fatores que comprometem o desenvolvimento inicial das mudas.

Apesar das condições climáticas amplamente favoráveis ao cultivo do abacaxizeiro no Brasil, a escassez de mudas com elevada qualidade fitossanitária - ou seja, sadias, vigorosas, livres de pragas, doenças e viroses, além de previamente selecionadas e uniformes - constitui um dos principais entraves à manutenção e expansão da cultura. Essa lacuna impacta diretamente os viveiros comerciais, que têm papel estratégico na oferta contínua e segura de material propagativo de excelência. A insuficiência desse insumo compromete não apenas a produtividade e

a sustentabilidade dos sistemas de produção, mas também limita a competitividade do país no mercado interno e internacional. Assim, o fortalecimento da produção de mudas certificadas em viveiros comerciais representa uma medida essencial para atender à crescente demanda e garantir o avanço da fruticultura nacional (Lima et al., 2017).

O manejo integrado do abacaxizeiro constitui uma abordagem fundamental para a sustentabilidade da cultura em longo prazo. Nesse contexto, torna-se imprescindível a continuidade das pesquisas voltadas ao uso de agentes de controle biológico, incluindo fungos endofíticos, leveduras, óleos essenciais, bioestimulantes e biofertilizantes, com o objetivo de mitigar os prejuízos causados pela fusariose e reduzir a dependência de métodos convencionais de controle químico (Korres et al., 2011; Madruga et al., 2020; Sales et al., 2016; Souza et al., 2016; Trócoli et al., 2017; Vilaplana et al., 2018).

A crescente demanda por práticas agrícolas sustentáveis tem estimulado a adoção de insumos naturais em diferentes sistemas produtivos. No caso de *Ascophyllum nodosum*, sua eficácia na indução da síntese de clorofilas e carotenoides, associada à melhoria na absorção de nutrientes, torna seu uso particularmente indicado para fases críticas do desenvolvimento vegetal, como o enraizamento e a expansão foliar. Por sua vez, *Trichoderma spp.* tem demonstrado resultados consistentes como agente promotor de crescimento e inibidor de fitopatógenos, por meio da produção de enzimas líticas, compostos antimicrobianos e da indução da biossíntese de fitormônios, como auxinas e giberelinas (Tyskiewicz et al., 2022; Kubiak et al., 2023).

Estudos recentes indicam que o uso combinado de *Trichoderma spp.* com bactérias benéficas, como *Bacillus* e *Pseudomonas*, potencializa o crescimento vegetal, intensifica o controle biológico de patógenos e contribui para a regeneração da microbiota do solo (Poveda & Eugui, 2022). Essa interação sinérgica melhora a solubilização de nutrientes, estimula a produção de compostos antimicrobianos e fortalece a resistência das plantas. Em regiões tropicais como o Brasil, esses consórcios microbianos representam uma alternativa eficaz para reduzir o uso de insumos químicos e aumentar a resiliência dos sistemas agrícolas (Meyer et al., 2019).

Segundo Meddich (2023), os bioestimulantes destacam-se como alternativas sustentáveis diante dos impactos das mudanças climáticas, do uso intensivo de insumos químicos e do alto custo de fertilizantes. Esses compostos atuam em

processos fisiológicos e moleculares, estimulando o crescimento, a produtividade e a tolerância aos estresses abióticos, como seca, salinidade, temperaturas extremas e deficiências nutricionais. Produtos como extratos de algas, substâncias húmicas, aminoácidos, quitosana e microrganismos benéficos contribuem para a eficiência fotossintética, o equilíbrio hídrico e iônico e a regulação hormonal, tornando-se ferramentas estratégicas para a sustentabilidade dos sistemas agrícolas.

Apesar dos avanços na utilização de bioestimulantes, ainda são limitados os estudos que investigam os efeitos de diferentes doses desses insumos sobre parâmetros fisiológicos e fotossintéticos em mudas de abacaxizeiro. A maioria das pesquisas concentra-se em culturas anuais, frequentemente sob condições de estresse hídrico ou salino (Mahmud et al., 2020; Hashem et al., 2019), sendo necessária a ampliação dessas abordagens para frutíferas tropicais que apresentam elevada demanda fisiológica durante as fases de enraizamento e aclimação. Ademais, os estudos com abacaxizeiro geralmente restringem-se à análise de características morfológicas, negligenciando aspectos funcionais como a dinâmica dos pigmentos fotossintéticos e sua associação com a eficiência no uso da luz.

O presente estudo teve como objetivos: (i) avaliar os efeitos da aplicação de *Trichoderma spp.* e *Ascophyllum nodosum*, em diferentes doses, sobre o crescimento e desenvolvimento de mudas de abacaxizeiro ‘Jupi’ obtidas por seccionamento do caule; e (ii) caracterizar o desempenho morfofisiológico dessas mudas ao longo do processo de formação, com vistas a promover a produção de mudas com maior qualidade.

2. REVISÃO DA LITERATURA

O cultivo do abacaxizeiro (*Ananas comosus*) ocorre em todos os continentes. As cultivares comerciais são agrupadas em cinco principais grupos: Cayenne, Queen, Spanish, Pernambuco e Pérola, com base em características morfológicas como porte da planta, formato do fruto e estrutura das folhas. Dentre essas, a variedade Smooth Cayenne é a mais utilizada pela indústria, sendo responsável por, aproximadamente, 90% do processamento global do abacaxi (Reinhardt et al., 2018; Sun et al., 2016).

O Brasil ocupava, em 2022, a terceira posição entre os maiores produtores de abacaxi, com produtividade média de 37.904 kg ha⁻¹ (FAO, 2022). As principais áreas de cultivo estão concentradas nas regiões Norte e Sudeste, com predominância das cultivares *Pérola* e *Smooth Cayenne*. Essas variedades, embora amplamente utilizadas, apresentam suscetibilidade à fusariose, sendo destinadas, respectivamente, ao consumo *in natura* e ao processamento industrial (Galeano & Ventura, 2018).

2.1. O cultivo do abacaxi no Espírito Santo

Segundo Bremenkamp (2011), o estado do Espírito Santo foi responsável por 7% da produção nacional de abacaxi em 1999, percentual que caiu para 2,29% em 2009. Em 2020, essa participação reduziu-se ainda mais, atingindo apenas 1,71% da produção nacional. Essa redução pode ser atribuída, por um lado, aos incentivos oriundos de políticas públicas voltadas à fruticultura em estados como Pará, Tocantins e Rio de Janeiro; e, por outro, à adoção de práticas culturais inadequadas e, sobretudo, à incidência de problemas fitossanitários (Matos & Reinhardt, 2009).

Em 2023, o valor da produção de abacaxi no estado do Espírito Santo foi estimado em R\$ 120 milhões, com uma produção total de 43.883 toneladas. Esse volume representa uma redução de 16,25% e 8,40% em relação aos anos de 2022 e 2021, respectivamente. A área colhida no mesmo ano foi de 2.250 hectares, correspondendo a uma diminuição de 7,83% em comparação a 2022 e de 7,71% em relação a 2021 (IBGE, 2024).

No Espírito Santo, o cultivo do abacaxizeiro concentra-se predominantemente na região litoral sul do estado, especialmente nos municípios de Marataízes, Itapemirim e Presidente Kennedy. O município de Marataízes destaca-se com 752

estabelecimentos agrícolas dedicados à cultura, registrando em 2023 uma produção de 25.508 toneladas — equivalente a 57% da produção estadual — em uma área colhida de 1.414 ha, que representa 63% da área total do estado. O valor da produção nesse município foi estimado em R\$ 72,51 milhões, evidenciando a relevância socioeconômica da cultura do abacaxi para a região (IBGE, 2024; INCAPER, 2024).

Quadro 01: Características médias avaliadas da variedade “Jupi”.

Característica	Parâmetro	Característica	Parâmetro
Altura da planta até a base do fruto	51 cm	Peso da coroa	100 g
Comprimento da folha D	100 cm	Comprimento da coroa	20 cm
Comprimento do pedúnculo	26 cm	Forma do fruto	Cônica
Tipo de folha	Serrilhada	Cor da casca	Amarela
Cor da folha	Verde-escura	Cor da polpa	Amarela
Número de mudas tipo filhote	08	Sólidos solúveis totais (° Brix)	16
Número de mudas tipo rebentão	01	Reação à fusariose	Suscetíveis à fusariose
Peso do fruto sem coroa	1.820 g	Tempo do plantio ao florescimento	10 meses
Comprimento do fruto	20 cm	Tempo do florescimento à colheita do fruto	5 meses
Diâmetro mediano do fruto	11,4 cm		

Fonte: Adaptado de Matos, et. al (2011) e Silva, et. al. (2004).

A cultivar Jupi é atualmente a mais difundida na região, apresentando características semelhantes à variedade Pérola, diferenciando-se principalmente pelas folhas mais largas e pelo formato cilíndrico do fruto. Seus frutos são de tamanho pequeno a médio, com polpa macia, altamente succulenta, aromática, de coloração amarelo-clara, baixa acidez e elevado teor de sólidos solúveis (13° a 16° Brix), atributos que conferem excelente qualidade visual e sensorial, tornando-os preferidos

no mercado consumidor. No entanto, a cultivar apresenta suscetibilidade à fusariose (Matos & Reinhardt, 2009a).

2.2. Métodos de propagação do abacaxizeiro

O abacaxizeiro (*Ananas comosus*) é multiplicado exclusivamente por via vegetativa, utilizando estruturas originadas da própria planta-matriz, o que assegura a manutenção das características genéticas e agronômicas da cultivar e garante uniformidade de plantio e padrão de frutos (Reinhardt & Cunha, 2006; Matos et al., 2009). Entre os tipos de mudas empregados na produção comercial, destacam-se:

1. Coroas – extraídas da extremidade superior do fruto. Apresentam facilidade de obtenção, porém, seu uso prolonga o ciclo produtivo em até seis meses, devido ao menor vigor inicial (Reinhardt & Cunha, 2006).

2. Filhotes ou rebentões – brotações emitidas na base da planta (rebentões de solo) ou entre as folhas (rebentões aéreos). Os de solo, por estarem mais próximos da roseta basal, costumam apresentar maior vigor e antecipam a produção (Reinhardt & Cunha, 2006).

3. Filhotes de coroa – formados logo abaixo da coroa do fruto, são menos abundantes e pouco utilizados em larga escala.

Entre as técnicas de maior potencial de multiplicação está o seccionamento de caule, método que aproveita o caule remanescente após a colheita, fracionando-o em segmentos contendo gemas latentes, cada um capaz de originar uma nova planta (Matos et al., 2009). Essa técnica pode gerar entre 50 e 80 mudas por caule, dependendo do vigor da planta-matriz e do manejo adotado, sendo indicada para otimizar a renovação de áreas cultivadas e reduzir a dependência de filhotes naturais.

O processo inicia-se com a seleção de plantas saudáveis, livres de pragas e doenças e com boa conformação vegetativa. Após a colheita, o caule é retirado, higienizado e cortado em discos ou segmentos de 2 a 5 cm de espessura, contendo ao menos uma gema viável. Recomenda-se tratamento preventivo, como imersão em fungicidas registrados ou em bioinsumos à base de *Trichoderma spp.*, visando reduzir a incidência de patógenos (Caetano & Ventura, 2018).

O plantio dos segmentos é realizado em recipientes (sacolas plásticas ou bandejas) contendo substrato de textura leve (arenoso ou areno-argiloso), composto por solo, areia lavada e esterco bovino na proporção 2:1:1. Antes do enchimento dos

recipientes, recomenda-se a adição de superfosfato simples e a correção do pH, revolvendo o substrato para incorporar os insumos (Caetano & Ventura, 2018). As unidades devem permanecer em viveiro ou estufa, sob sombreamento parcial, com irrigação frequente e temperatura amena, condições que favorecem a brotação e o enraizamento.

O período de formação das mudas varia de cinco a sete meses, dependendo das condições climáticas e do manejo adotado. As mudas obtidas pelo seccionamento estão prontas para o transplante definitivo quando atingem cerca de 25 cm de altura, com sistema radicular bem desenvolvido e folhas firmes, características essenciais para o bom estabelecimento no campo (Reinhardt & Cunha, 2006; Matos et al., 2009).

2.3. Fusariose do abacaxizeiro: principais desafios

A fusariose constitui o principal fator limitante à expansão da cultura do abacaxizeiro no Brasil, dificultando o atendimento às demandas dos mercados interno e externo. A estratégia de controle mais recomendada baseia-se no manejo integrado, que associa práticas culturais, biológicas, genéticas, físicas e químicas. A integração desses métodos visa à redução da incidência da doença a níveis economicamente aceitáveis (Trocoli, 2013).

A fusariose, causada pelo fungo *Fusarium Guttiforme* (sin. *Fusarium Subglutinans f. sp. ananas*), é uma das principais doenças que acometem o abacaxizeiro, sendo responsável por perdas estimadas entre 20% e 40% da produção nacional, podendo, em casos severos, atingir até 80% de comprometimento da safra. Além da redução quantitativa, a doença compromete a qualidade dos frutos e eleva significativamente os custos de produção, em função da necessidade de medidas fitossanitárias, como o monitoramento contínuo da incidência, a erradicação de plantas sintomáticas e a aplicação de fungicidas. O patógeno é capaz de sobreviver em restos culturais e em propágulos vegetativos, o que favorece sua disseminação, especialmente durante as fases de pré-seleção e plantio de mudas assintomáticas nas áreas de cultivo (Matos et al., 2011; Matos et al., 2012; Teixeira, 2020).

Embora medidas preventivas sejam recomendadas no manejo da fusariose, não existe controle químico eficiente para essa doença no abacaxizeiro. Apesar de alguns produtores recorrerem ao uso de fungicidas na tentativa de conter a infecção e a disseminação do patógeno, tais aplicações apresentam resultados limitados e

temporários. Além disso, o uso indiscriminado de fungicidas pode favorecer o surgimento de isolados resistentes, além de gerar impactos negativos ao meio ambiente e comprometer atributos agronômicos relacionados à qualidade dos frutos, como o tamanho da coroa, o peso e a aparência externa dos frutos (Matos et al., 2009c; Nogueira et al., 2014; Santos et al., 2002; Ventura et al., 1993).

O controle integrado da fusariose abrange as etapas de pré-plantio, cultivo, pré-colheita e pós-colheita. As principais ações envolvem: a seleção de materiais de propagação sadios, com o objetivo de reduzir o inóculo inicial; o monitoramento e a erradicação de plantas infectadas ao longo de todo o ciclo vegetativo; a indução floral em épocas desfavoráveis ao patógeno, visando explorar a zona de escape; e a aplicação de fungicidas para proteção das inflorescências em desenvolvimento (Matos & Reinhardt, 2009b).

O controle químico, por meio da aplicação de defensivos agrícolas, tem sido amplamente empregado na prevenção da fusariose nas principais regiões produtoras. No entanto, essa prática tem sido crescentemente questionada pelos consumidores devido aos seus impactos ambientais e à segurança alimentar. O uso indiscriminado de agroquímicos pode causar efeitos negativos sobre o meio ambiente, como a contaminação do solo e da água, alterações nos ciclos de nutrientes e da matéria orgânica, redução da diversidade de organismos endofíticos e diminuição da biodiversidade. Além disso, o uso inadequado contribui para o surgimento de resistência dos patógenos aos princípios ativos, favorece o ressurgimento de pragas e doenças, compromete a qualidade dos alimentos e aumenta o risco de contaminação (Jeffers & Chong, 2021; Morandi & Bettiol, 2009; Narladkar et al., 2015; Nogueira et al., 2014; Orr, 2009).

Segundo Trocoli (2013), o uso recorrente de fungicidas químicos no controle da fusariose na cultura do abacaxizeiro, além de representar um risco para o desenvolvimento de resistência por parte do patógeno, contribui para o aumento dos custos de produção. Ademais, sua eficiência pode ser comprometida em condições de elevada pluviosidade, fator comum em muitas regiões produtoras.

2.4. Controle biológico e manejo do abacaxizeiro

O controle biológico, embora represente uma estratégia complexa que exige compreensão aprofundada da ecologia e do comportamento tanto do patógeno quanto

de seus inimigos naturais, tem como principal objetivo mitigar os danos causados pelo patógeno e reduzir a dependência exclusiva do controle químico. Embora o custo inicial de implantação possa ser superior ao do manejo químico convencional, os benefícios a longo prazo tendem a compensar esse investimento, especialmente em termos de custo-benefício, sustentabilidade ambiental e eficácia no manejo fitossanitário (Jeffers & Chong, 2021; Orr, 2009).

O atual enfoque dado às práticas de agricultura sustentável resulta de um processo de reavaliação dos modelos estabelecidos durante a chamada Revolução Verde. Embora essa revolução tenha promovido expressivos aumentos na produtividade agrícola para atender à crescente demanda alimentar decorrente do crescimento populacional, ela baseou-se, em grande parte, no uso intensivo e, por vezes, indiscriminado de insumos químicos, como fertilizantes e pesticidas. Esse modelo contribuiu para diversos impactos negativos, incluindo a acidificação do solo, redução da biodiversidade edáfica, desequilíbrio nutricional, desertificação e salinização dos solos (Gouda et al., 2018; Gupta et al., 2015; Wall et al., 2015).

Apesar das crescentes preocupações de consumidores, ambientalistas e parte dos agricultores quanto à redução do uso de fertilizantes e pesticidas sintéticos, a adoção em larga escala de práticas sustentáveis pela agricultura comercial ainda depende de estímulos efetivos por meio de políticas públicas. Tais estímulos podem incluir incentivos econômicos e/ou penalidades regulatórias, além da demonstração da viabilidade técnica e econômica dos métodos associados à agricultura sustentável (Horrigan et al., 2002).

A redução do uso de pesticidas pode ser alcançada por meio da adoção de práticas de manejo integrado de pragas e doenças. De forma complementar, a diminuição da dependência de fertilizantes químicos é viabilizada por estratégias como a rotação de culturas com diferentes sistemas radiculares, o uso de microrganismos benéficos e o emprego de cultivares geneticamente modificadas, capazes de promover o crescimento vegetal e melhorar a fixação biológica de nitrogênio (Gouda et al., 2018).

2.5. *Trichoderma* spp. como agente promotor de crescimento

O *Trichoderma* spp.. tem sido extensivamente investigado por sua dupla atuação como promotor de crescimento vegetal e agente de biocontrole. Seus efeitos

benéficos incluem a solubilização de fosfatos, a produção de ácido indol-3-acético (AIA), sideróforos e enzimas hidrolíticas, além da modulação positiva da arquitetura do sistema radicular e do desempenho fotossintético, conforme relatado em diversas culturas hortícolas (Kulbat-Warycha et al., 2024). O uso combinado ou comparativo de *Ascochyllum nodosum* e *Trichoderma spp.* ainda é relativamente recente na literatura científica, existindo lacunas significativas no entendimento de possíveis interações sinérgicas ou antagônicas entre esses bioestimulantes, especialmente em frutíferas tropicais em estágio inicial de desenvolvimento.

Trichoderma spp. atua na rizosfera como biofertilizante e agente de biocontrole, favorecendo a absorção de nutrientes, a indução de resistência sistêmica e a modulação de vias hormonais. Esses mecanismos contribuem para o aumento da taxa fotossintética e para o estímulo ao crescimento da parte aérea (Van Oosten et al., 2017).

Francelino (2025) demonstrou que a eficácia de isolados de *Trichoderma spp.* como promotores de crescimento vegetal varia conforme a cultivar, influenciando principalmente o desenvolvimento radicular. Em cultivares de abacaxizeiro, como Pérola e BRS Imperial, foram observadas respostas distintas aos tratamentos, com reduções significativas na massa de raízes em alguns casos. Esses resultados indicam que a interação planta-microrganismo é dependente do genótipo e ressaltam a importância de selecionar isolados compatíveis com cada cultivar. Além disso, reforçam a necessidade de avaliar esses bioinsumos em diferentes condições ambientais para garantir sua eficiência no campo.

Diversas espécies de *Trichoderma spp.* promovem o crescimento vegetal ao modular vias hormonais associadas ao desenvolvimento radicular. A produção da enzima ACC (ácido 1-aminociclopropano-1-carboxílico) desaminase permite a degradação do ACC, precursor do etileno, reduzindo seus níveis e favorecendo o alongamento das raízes. Além disso, a presença de nitrilases pode contribuir para a síntese de ácido indolacético (AIA), estimulando o crescimento de raízes laterais. Esses mecanismos, associados ao aumento da biomassa radicular observado em plantas como *Arabidopsis thaliana*, reforçam o potencial de *Trichoderma spp.* como bioinsumo eficiente na promoção do crescimento vegetal, sobretudo em sistemas agrícolas sustentáveis (Harman et al., 2004).

Quadro 02 – Mecanismos e Aplicações de *Trichoderma spp.*

Categoria	Descrição dos Mecanismos / Ações	Aplicações Agrícolas
Micoparasitismo	Reconhecimento, adesão e penetração nas hifas de patógenos; secreção de enzimas como quitinases.	Controle direto de fungos fitopatogênicos no solo e em plantas.
Antibióticos e Metabólitos	Produção de peptaibóis, gliotoxinas, viridinas e compostos voláteis com ação antifúngica ou sinalizadora.	Supressão de patógenos e modulação da microbiota rizosférica.
Crescimento Vegetal	Produção de AIA, solubilização de nutrientes, estímulo à ramificação radicular e vigor vegetativo.	Incremento do crescimento, vigor e eficiência nutricional das plantas.
Indução de Resistência	Ativação de vias de defesa, com expressão de genes de defesa e síntese de fitoalexinas.	Maior resistência aos estresses bióticos e abióticos; menor uso de defensivos.
Aplicações Comerciais	Formulações com cepas selecionadas e compatíveis com o cultivo e o ambiente.	Produtos comerciais para biocontrole e biofertilização em diversas culturas.

Fonte: Sood et. al. (2020)

Espécies do gênero *Trichoderma. spp* têm se destacado como agentes biológicos multifuncionais, capazes de estabelecer interações simbióticas oportunistas com raízes de plantas, sem induzir danos aos tecidos vegetais. Esses fungos atuam não apenas como antagonistas eficazes de fitopatógenos, por meio da produção de enzimas hidrolíticas e metabólitos antimicrobianos, mas também como promotores do crescimento vegetal, influenciando vias fisiológicas relacionadas ao desenvolvimento radicular e à tolerância aos estresses abióticos. A colonização da rizosfera por cepas selecionadas de *Trichoderma. spp* pode desencadear respostas

sistêmicas nas plantas, ativando mecanismos de resistência mediados por jasmonato e etileno, além de favorecer a absorção de nutrientes e o aumento da biomassa. A combinação desses efeitos reforça o potencial dessas espécies como bioinsumos estratégicos no contexto da agricultura sustentável (Zin & Badaluddin, 2020).

Trichoderma. spp modula positivamente a expressão de genes vegetais relacionados ao crescimento, desenvolvimento e defesa, o que amplia seu potencial como biofertilizante e indutor de resiliência vegetal. Avanços recentes em genômica funcional, transcriptômica e engenharia de cepas têm reforçado o valor biotecnológico desse fungo, apontando para sua aplicação estratégica em sistemas agrícolas sustentáveis e integrados (Akrami et al., 2011; Cotxarrera et al., 2002).

A aplicação combinada de fungos do gênero *Trichoderma spp.* com outras práticas recomendadas de manejo tem se destacado entre os métodos mais promissores para o controle da fusariose em plantas cultivadas. Essa abordagem integrada não apenas inibe a atividade do patógeno, como também promove benefícios adicionais à cultura de interesse, tais como estímulo ao crescimento vegetal, indução de resistência e melhoria das condições microbiológicas do solo (Durbey et al., 2007; Lima et al., 2012; Materese et al., 2012; Nogueira et al., 2019; Pimentel et al., 2020; Santos et al., 2015; Sonkar & Pritam, 2020; Trocoli et al., 2017).

2.6. *Ascophyllum nodosum*: potencial

O uso de bioestimulantes na agricultura tem se expandido significativamente nas últimas décadas, configurando-se como uma estratégia promissora para diferentes sistemas de manejo, em especial aqueles orientados pela sustentabilidade, pela redução do uso de insumos sintéticos e pela otimização da eficiência fisiológica das culturas. Bioestimulantes são definidos como substâncias ou microrganismos que, quando aplicados às plantas ou ao solo, promovem o crescimento vegetal e aumentam a tolerância aos estresses abióticos, sem exercerem função direta como nutrientes ou defensivos agrícolas (du Jardin, 2015).

Dentre os bioestimulantes utilizados, destacam-se o extrato da alga marinha *Ascophyllum nodosum* (ASN) e fungos do gênero *Trichoderma spp.*, cujos mecanismos de ação envolvem a ativação de vias hormonais, antioxidantes e metabólicas associadas ao crescimento vegetal e à resposta aos estresses abióticos.

O ASN é composto por fitormônios naturais (como auxinas, citocininas e ácido abscísico), betainas, polissacarídeos sulfatados (como a fucoidana) e compostos fenólicos, os quais modulam a fisiologia vegetal ao influenciar processos como divisão celular, fotossíntese e assimilação de nutrientes (Bahmani & Prithiviraj, 2024). Evidências recentes indicam que o ASN ativa rotas sinalizadoras do ácido salicílico e das citocininas, promovendo o crescimento da parte aérea e a expressão de genes relacionados à tolerância ao estresse abiótico (Olaetxea et al., 2024).

Estudos têm demonstrado que extratos de *Ascophyllum nodosum* contêm compostos bioativos capazes de estimular vias fisiológicas e moleculares associadas à fotossíntese, ao desenvolvimento radicular e à tolerância aos estresses abióticos, como déficit hídrico e salinidade (Shukla et al., 2019; Kumari et al., 2023). Esses extratos são particularmente ricos em fitormônios naturais, como auxinas e citocininas, além de antioxidantes, aminoácidos e minerais essenciais, que atuam de forma integrada na promoção da saúde vegetal e no aumento da produtividade (Chatzissavvidis & Therios, 2014).

Os bioestimulantes à base de algas, reconhecidos como potencializadores metabólicos, podem ser aplicados com o objetivo de aprimorar diversos aspectos fisiológicos e agrônômicos das plantas. Entre seus efeitos destacam-se: o aumento da resistência e da tolerância aos estresses abióticos e bióticos, incluindo a ação de patógenos; a melhoria da eficiência no uso de nutrientes e da disponibilidade de elementos confinados no solo ou na rizosfera. Além disso, contribuem para o crescimento vegetal e para o desempenho produtivo, refletido em maior número de flores, frutos, raízes e maior tolerância das plantas à seca, ao calor e à salinidade (Aldon, 1998; Battacharyya et al., 2015; Jannin et al., 2013; Khan et al., 2009; Saccomori, 2021).

Os extratos de algas, classificados como bioestimulantes, apresentam potencial para otimizar o rendimento das culturas ao atuarem na regulação de processos fisiológicos essenciais nas plantas. Esses extratos contêm moléculas oligossacarídicas capazes de induzir ou modular a produção de fitormônios, além de apresentarem diversos compostos bioativos, como citocininas, auxinas, substâncias análogas ao ácido abscísico, vitaminas, polifenóis e aminoácidos (Bulgari et al., 2015; El Boukhari et al., 2020; Zerrifi et al., 2018).

O extrato da alga *Ascophyllum nodosum* (ASN) destaca-se por sua atuação na melhoria da absorção e disponibilidade de nutrientes, sendo considerado um dos

mais relevantes bioestimulantes promotores do crescimento e da produtividade das plantas (Khan et al., 2009; Shekhar Sharma et al., 2014; Shukla et al., 2017).

Quadro 03: Efeitos do tratamento com bioestimulantes comerciais derivados de extratos da alga *Ascophyllum nodosum* aplicados no cultivo de plantas.

Nome comercial	Cultura	Forma de aplicação	Efeitos relatados	Referência
Acadian®	Uva	Foliar	Aumento do peso, tamanho e firmeza dos frutos e maior rendimento.	Norrie, et. al. (2002)
Actiwave	Morango	Foliar	Promoveu aumento do crescimento vegetativo, da produção de frutos em 27% e do teor de clorofila foliar em 11%.	Spinelli et. al. (2010)
AZAL5	Canola	Diretamente no solo	Promoveu crescimento da planta e absorção de nutrientes.	Jannin et. al. (2013)
Goemar BM 86	Maçã	Foliar	Prolongamento da floração, rendimento e melhoria da qualidade.	Basak (2008)
Goemar BM 86	Laranja	Foliar	Aumento da brotação e floração, melhorou o conteúdo de giberelina na planta e rendimento de frutos.	Fornes et. al. (2002)
Seasol*	Morango	Diretamente no solo	Aumento da resposta de crescimento das raízes.	Mattner et. al. (2018)
Rygex	Tomate	Foliar	Aumento do crescimento da planta e qualidade dos frutos.	Di Stasio et. al. (2018)
Acadian®	Soja	Diretamente no solo	Melhorou tolerância à seca ao modular genes de resposta a este tipo de estresse.	Shukla et al. (2017)
Algifol	Batata	Diretamente no solo	Tratamento contra nematoide de cisto da batata.	Martin et al. (2007)

Stimplex	Laranja	Foliar e diretamente no solo	Aumentou a eficiência do uso de água pela planta frente a períodos de seca.	Spann e Little (2011)
Acadian®	Batata doce	Diretamente no substrato	Otimizou a formação de mudas de batata doce em bandejas, contribuindo para o aumento de vigor e consequente precocidade das mesmas.	Neumann, et. al. (2017)
Acadian®	Mangas	Diretamente nos frutos	Foi eficiente em evitar a perda de massa dos frutos. O Brix da polpa das amostras aumentou com o tempo de armazenamento.	Melo, et. al. (2018)

Fonte: Adaptado de Shekhar Sharma et. al. (2014), Shukla et. al. (2017) e Saccomori, 2021.

O extrato da alga *Ascophyllum nodosum* (ASN) demonstrou promover o crescimento de hortaliças folhosas, como alface (*Lactuca sativa*) e espinafre (*Spinacia oleracea*). Além disso, estimula a síntese de metabólitos primários associados ao aumento da resistência ao estresse, contribuindo para a redução da morte celular e da degradação dos cloroplastos, por meio de modificações na composição lipídica (Chrysargyris et al., 2018; Omidbakhshfard et al., 2020).

El Boukhari et al. (2020) e Naboulsi et al. (2018) relatam que o controle de fungos e bactérias promovido pelo extrato de algas, no contexto do mecanismo de defesa das plantas, está associado à sua ação direta ou indireta sobre os patógenos. Essa ação ocorre por meio da indução da síntese de metabólitos secundários, os quais desempenham papel fundamental na proteção vegetal.

Um dos principais limitantes para a adoção de extratos de algas como bioestimulantes em sistemas comerciais de cultivo é a carência de conhecimento por parte dos agricultores quanto ao seu uso adequado, incluindo método de aplicação, dose, frequência e época de aplicação, com base em dados específicos e adaptados às diferentes culturas e objetivos agronômicos. Além disso, é fundamental alertar para os possíveis efeitos negativos decorrentes do uso indiscriminado desses produtos, como a salinização do solo em aplicações contínuas e não monitoradas (El Boukhari et al., 2020; Saccomori, 2021). O Quadro 03 apresenta os efeitos do tratamento com bioestimulantes comerciais derivados de extratos da alga *Ascophyllum nodosum* em diferentes culturas.

2.7. Bioestimulantes no desenvolvimento do abacaxizeiro

De acordo com Oliveira (2023), a aplicação de compostos orgânicos e bioestimulantes em cultivo orgânico de abacaxizeiro promoveu incrementos no desenvolvimento das plantas e na qualidade dos frutos, destacando-se como alternativa viável ao manejo convencional.

Nas condições edafoclimáticas do Espírito Santo, as cultivares BRS Vitória, IAC Gomo-de-Mel e Pérola apresentaram melhor desempenho agronômico e qualitativo, com destaque para o teor de sólidos solúveis, arquitetura de planta e qualidade comercial dos frutos. O genótipo 'Jupi', embora considerado menos promissor para a região devido ao desempenho inferior em alguns parâmetros, demonstrou características positivas que podem ser aproveitadas em contextos

específicos. Entre elas, destacam-se o elevado número de filhotes tipo rebentão, que favorece a propagação vegetativa; o bom teor de sólidos solúveis, associado ao sabor adocicado; a coroa reduzida, valorizada no mercado de frutas frescas; e o porte menor das plantas, que facilita o manejo (Oliveira, 2023).

O manejo nutricional e o uso de bioinsumos têm se mostrado estratégias promissoras para promover o crescimento e a tolerância a estresses no abacaxizeiro. Machado (2024) demonstrou que o fornecimento adequado de boro favorece o desenvolvimento da cultivar 'BRS Imperial', enquanto o alumínio em excesso provoca alterações bioquímicas associadas ao estresse oxidativo.

Santos (2016) avaliou estratégias para aumentar a produção e a qualidade de mudas de abacaxizeiro 'Vitória', utilizando mudas micropropagadas e rebentos precoces. A adubação com potássio e silício reduziu o volume radicular e o acúmulo de potássio nas mudas. Em contrapartida, a aplicação de ácidos húmicos promoveu maior número de folhas, altura e massa de raízes, especialmente na ausência de brassinosteroides. Na propagação por coroas, o uso de ácidos húmicos, sem brassinosteroides, resultou em um aumento de 32,4% na produção de rebentos. Esses resultados destacam o potencial dos ácidos húmicos no desenvolvimento inicial de mudas, contribuindo para a eficiência do sistema de propagação.

Nesse contexto, o presente trabalho foi estruturado em formato de artigos científicos. O primeiro artigo é dedicado à avaliação dos efeitos de diferentes doses de *Ascophyllum nodosum* (ASN) e *Trichoderma spp.* (THR) sobre o crescimento e a qualidade de mudas de abacaxizeiro 'Jupi' (*Ananas comosus*). O segundo artigo aprofunda essa abordagem, com o objetivo de analisar os efeitos fisiológicos e fotossintéticos desses bioestimulantes, em diferentes doses, visando subsidiar a produção de mudas tropicais de qualidade.

TRABALHO 1: EXTRATO DE ALGA E FUNGO ENDÓFITO: ALTERNATIVAS PARA O CULTIVO DE MUDAS DE ABACAXIZEIRO 'JUPI'

Reproduzido com a permissão:

Oliveira, G.C.; Vettorazzi, J.C.F.; Ferraz, D.R.; Berilli, S.S.; Silveira, L.F.V.; Freitas, S.P. (2025) Extrato de alga e fungo endófito: alternativas para o cultivo de mudas de abacaxizeiro 'jupi'. Revista Caderno Pedagógico, volume: 22 pg 01-20. DOI: 10.54033/cadpedv22n1-045

RESUMO: Este estudo avaliou o efeito do extrato de *Ascophyllum nodosum* (ASN) e do fungo *Trichoderma spp.* (THR) no crescimento inicial de mudas de abacaxizeiro "Jupi", cultivadas a partir de seccionamento de caule. As secções foram coletadas em Marataízes-ES e o experimento foi conduzido no IFES – campus Alegre – ES, em delineamento de blocos casualizados, com esquema fatorial de dois produtos e sete doses (0,00; 0,50; 1,00; 1,50; 2,00; 2,50 e 3,00 L ha⁻¹), cinco repetições e um total de 1.400 plantas. As aplicações foliares foram realizadas aos 50, 70 e 90 dias após o transplante, utilizando um pulverizador manual de 2 litros. Após 180 dias, foram avaliados o número de folhas, diâmetro e altura do caule, comprimento da folha D, área foliar, massa seca da parte aérea e da raiz, diâmetro e comprimento das raízes, área superficial e projetada, volume das raízes e Índice de Qualidade de Dickson (IQD). A dose de 1,5 L ha⁻¹ de ASN resultou em melhores médias para massa seca da parte aérea e raízes, área projetada, diâmetro e volume da raiz, além do IQD. A aplicação de 0,5 L ha⁻¹ de THR destacou-se nas médias de massa seca da parte aérea e raízes, e nas áreas projetadas e superficiais das raízes. Os resultados mostram que tanto ASN quanto THR beneficiam o crescimento inicial das mudas de abacaxizeiro 'Jupi', indicando uma alternativa promissora para o desenvolvimento sustentável na produção de abacaxi.

Palavras-chave – Qualidade de mudas. Bioestimulantes. Agricultura sustentável. *Ascophyllum nodosum*. *Trichoderma spp.* Tecnologia sustentável.

ABSTRACT: This study evaluated the effect of *Ascophyllum nodosum* extract (ASN) and *Trichoderma spp.* fungus (THR) on the initial growth of 'Jupi' pineapple plantlets, cultivated from stem sectioning. The sections were collected in Marataízes-ES, and the experiment was conducted at IFES – Alegre campus – ES, using a randomized block design with a factorial scheme of two products and seven doses (0.00, 0.50, 1.00, 1.50, 2.00, 2.50, and 3.00 L ha⁻¹), five replications, and a total of 1,400 plants. Foliar applications were performed at 50, 70, and 90 days after transplanting, using a 2-liter manual sprayer. After 180 days, the following parameters were evaluated: number of leaves, stem diameter and height, length of leaf D, leaf area, shoot and root dry mass, root diameter and length, surface and projected area, root volume, and Dickson Quality Index (DQI). The dose of 1.5 L ha⁻¹ of ASN resulted in higher averages for shoot and root dry mass, projected area, root diameter and volume, as well as the DQI. The application of 0.5 L ha⁻¹ of THR stood out for the averages of shoot and root dry mass, and the projected and surface root areas. The results show that both ASN and THR benefit the initial growth of 'Jupi' pineapple plantlets, indicating a promising alternative for sustainable development in pineapple production.

Keywords: Plantlets quality. Biostimulants. Sustainable agriculture. *Ascophyllum nodosum*. *Trichoderma spp.* Sustainable technology.

1 INTRODUÇÃO

A produção mundial de abacaxi apresentou um crescimento expressivo desde 1994, atingindo 29,361 milhões de toneladas em 2022. Nesse período, a área cultivada e a produção de abacaxi aumentaram 67,08% e 126,69%, respectivamente, acompanhadas por um incremento de 35,68% na produtividade (FAO, 2024).

Este estudo propõe uma alternativa sustentável para a produção de mudas de abacaxi, com ênfase no uso de biotecnologias. Considerando que o aumento da produção não pode depender exclusivamente da expansão das áreas plantadas, torna-se essencial desenvolver tecnologias e práticas agrícolas que promovam a sustentabilidade e sejam acessíveis aos produtores (Desclee et al. 2021).

De acordo com Villalobos et al. (2023), as pesquisas científicas sobre o abacaxi concentram-se, principalmente, na química e na tecnologia de alimentos do fruto e seus subprodutos, enquanto estudos sobre práticas sustentáveis de produção, como a redução de pesticidas e o uso de biotecnologias, permanecem menos explorados.

Para responder a esses desafios, a utilização de bioestimulantes naturais e sustentáveis, como o extrato ASN e o fungo THR surge como uma alternativa promissora. O extrato de algas ASN, por exemplo, é um bioestimulante eficiente que atua na absorção de nutrientes e no aumento da resistência a estresses abióticos e bióticos. Ele contém moléculas como oligossacarídeos que interagem com fitormônios, como citocininas e auxinas, promovendo o crescimento e o vigor das plantas (Bulgari et al., 2015; El Boukhari et al., 2020).

Estudos também mostram que o ASN auxilia na defesa das plantas, induzindo a produção de metabólitos secundários que reforçam a resistência contra patógenos e a tolerância a estresses ambientais (Khan et al., 2009; Shekhar Sharma et al., 2014; Shukla et al., 2017; Naboulsi et al., 2018;).

O THR, por sua vez, destaca-se por seu papel no controle de pragas e doenças e na melhoria da absorção de nutrientes. Atua como agente de biocontrole e biofertilizante, induzindo o crescimento das plantas e ajudando a mitigar estresses ambientais, tornando-o um aliado sustentável na agricultura (Bhandari et al., 2021; Coppola et al., 2019; Yao et al., 2023).

Neste contexto, este estudo busca contribuir para o avanço do conhecimento científico e prático ao investigar o uso de bioestimulantes naturais como alternativas

sustentáveis no cultivo do abacaxizeiro. A pesquisa explora o efeito do extrato de *Ascophyllum nodosum* (ASN) e do fungo *Trichoderma spp.* (THR) no crescimento de mudas da cultivar ‘Jupi’, uma abordagem ainda pouco explorada na literatura. Além de preencher lacunas no conhecimento sobre biotecnologias aplicadas à produção de mudas, o trabalho oferece suporte teórico para o manejo integrado e sustentável dessas culturas.

Dessa forma, o objetivo deste estudo é avaliar o efeito de diferentes doses de ASN e THR sobre o crescimento e a qualidade de mudas de abacaxizeiro ‘Jupi’ (*Ananas comosus*), buscando identificar doses adequadas para otimizar o desenvolvimento inicial das plantas e contribuir para a produção agrícola sustentável.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido no viveiro e na estufa do Instituto Federal do Espírito Santo – Campus de Alegre, situado no extremo sul do estado do Espírito Santo, entre as coordenadas geográficas 20°44’05” a 20°45’51” de latitude Sul e 41°25’50” a 41°29’44” de longitude Oeste.

As secções foram preparadas a partir de caules da cultivar “Jupi” obtidas de plantações comerciais logo após a colheita dos frutos, localizadas no município de Marataízes – ES. Na coleta dos caules, foram selecionadas matrizes vigorosas e que não apresentaram sintomas de pragas e doenças. Após a seleção as plantas foram arrancadas e, suas folhas desbastadas com exceção das bainhas (Figura 1).

Em seguida, foi realizado o plantio das mudas nas sacolas e após 30 dias de aclimação, as mudas foram transferidas para a casa de vegetação no delineamento em blocos casualizados, em esquema fatorial 02 (produtos) x 07 (doses) (0,00; 0,50; 1,00; 1,50; 2,00; 2,50 e 3,00 L ha⁻¹) e cinco repetições compostas de 20 mudas, totalizando 1.400 mudas.



FIGURA 1 – Etapas de preparação e instalação do experimento. Pré-seleção e coleta das plantas matrizes (A); preparação das seções (B) seleção das seções; (C); brotação das gemas após o plantio das seções em canteiro de areia lavada (D); plantio das mudas em sacolas e encanteiramento (E); instalação do experimento na casa de vegetação (F); aplicação dos produtos nas parcelas (G); imagem ilustrativa das mudas (H); preparação para realização das medições e análises das mudas (I).

Fonte: Elaboradas pelos próprios autores

Para aplicação e avaliação dos efeitos do bioestimulante à base da alga ASN e do fungo endofítico THR, foram utilizados os produtos comerciais Trichordermil® e Acadian® (Tabela 1). Foram realizadas três aplicações desses produtos, aos 50, 70 e 90 dias após o transplante, sempre após as 16:00 h, utilizando pulverizadores manuais. As parcelas do tratamento T1 (testemunha, 0,00 L ha⁻¹) foram pulverizadas com água destilada.

TABELA 1 – Especificações químicas e físicas do bioestimulante Acadian® e Trichordermil®. KOPPERT (2024) - Óxido de potássio (K₂O); Carbono orgânico total (COT).

Produto	Característica	Concentração
Acadian®	K ₂ O - solúvel em água (%)	5,3 p/p
	COT (%)	6,0 p/p
	pH	8,0
	Densidade a 20° C (g ml ⁻¹)	1,16
	Natureza física	Fluido
	Índice salino (%)	18
	Maior relação soluto solvente	400 ml / 100 L de água
	Agente complexante ácido cítrico (%)	0,5
	<i>Ascopyllum nodosum</i> fresca (%)	100
	<i>Trichoderma spp. Cepa ESALQ-1306</i>	48 g/l (4,8% m/v)
Trichordermil®	<i>Outros ingredientes</i>	952 g/l (95,2% m/v)

Fonte: Elaborado pelos autores

Aos 180 dias da implantação do experimento foram mensurados: Número de folhas, ao destacar e contar todas as folhas da muda; Diâmetro do caule (DC), com paquímetro em mm; Altura da planta (A) e Comprimento da folha D (CompD), com uma régua em cm, agrupando as folhas para cima, aferindo desde a base até a extremidade da folha D; Área da folha D (AFD) e Área foliar (AF), com equipamento LI – 3100 AREA METER, em cm²; Comprimento da raiz (CR) e o Diâmetro médio de raiz (DR) em cm; Massa seca da parte aérea (MSPA) e Massa seca da raiz (MSRA), na balança analítica em gramas, após os materiais da parte aérea e raiz serem acondicionados em sacos de papel e organizados na estufa de ventilação forçada, à temperatura de 70°C por 72 horas, para secagem; Área projetada superficial de raízes (APR) e a Área superficial de raízes (ASR), em cm²; Volume de raízes (VR) em cm³, utilizando o escâner EPSON STD 4800 com o *software* WinRHIZO®. O Índice de qualidade de Dickson (IQD) foi calculado pela seguinte fórmula (Dickson, et al., 1960):

$$IQD = \frac{MST}{\left(\frac{H}{DC} + \frac{MSPA}{MSRA}\right)}$$

Onde: IQD = Índice de qualidade de Dickson; MST = Massa seca total (MSPA + MSRA) (g); MSPA = Massa seca da parte aérea (g); MSR = Massa seca da raiz (g); A = Altura (cm); DC = Diâmetro do caule (mm).

Para a análise dos dados, utilizou-se o programa R Studio e o pacote ExpDes.pt (Ferreira, et al., 2014), aplicando o teste de Shapiro-Wilk para verificar a normalidade dos resíduos, além de análise de variância, testes de Skott-Knott e Dunnet, ao nível de significância de 5%. Foram montados gráficos e estimadas as regressões lineares, para as características onde se observou uma significância na interação entre as diferentes doses dos produtos aplicados.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O ganho de massa da parte aérea e do sistema radicular das mudas de abacaxi com a aplicação do produto ASN apresentou crescimento significativo, de modo que a dose de 1,5 L ha⁻¹ do produto ASN apresentou um aumento de 31,52% e 16,85% da MSPA e MSRA, respectivamente (Tabelas 2 e 3). Shukla e Prithiviraj (2021), por sua vez, ao estudar os efeitos da aplicação da ASN em milho (*Zea Mays*), cultivado em condições de pobreza de fósforo (P), afirmam que a biomassa da MSPA e da MSRA foi aumentada em 433% e 129%, respectivamente, em comparação às plantas cultivadas apenas em condições limitadas de fósforo.

Ahmed et al. (2022) realizaram dois experimentos para avaliar as doses e o método de aplicação no crescimento do tomate (*Solanum lycopersicum L.*) sob condições de estresse hídrico. Neste estudo, a dose de 5 mL L⁻¹ aplicada ao solo resultou em um aumento de 33% na MSPA e de 71% na MSRA, em comparação com o tratamento testemunha, independentemente dos níveis de umidade no solo. Por outro lado, a aplicação foliar da dose de 5 mL L⁻¹ de ASN resultou em um aumento da MSPA de 64%, 42% e 31% a 50%, 75% e 100% da capacidade de campo (CC), respectivamente.

TABELA 2 - Resumo do teste de Scott-Knott e Dunnett para as características relacionadas ao desenvolvimento da raiz e índice de qualidade de mudas Dickson de abacaxi com aplicação da *Ascophyllum nodosum* e do *Trichoderma spp.* MSRA = Massa seca da raiz em gramas; IQD = Índice de qualidade de Dickson; APR = Área projetada superficial de raízes em cm²; ASR = Área superficial de raízes em cm²; VR = Volume de raízes em cm³. Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de agrupamento de Scott-Knott ao nível de $p < 0,05$; * Médias diferentes do tratamento testemunha (0,00 L ha⁻¹) no nível de $p < 0,05$ pelo teste de Dunnett; ***, ** e ns - Significativo a $p < 0,01$ e $p < 0,05$ e não significativo, respectivamente, pelo teste F.

DOSES	CR ^{ns}		DR ^{**}		ASR ^{***}		APR ^{***}		VR ^{***}		MSRA ^{***}		IQD ^{***}	
	ASN	THR	ASN	THR	ASN	THR	ASN	THR	ASN	THR	ASN	THR	ASN	THR
0,0	747,0	853,588	0,568	0,619	156,629	156,018	48,444	49,661	2,23	-	0,92	-	0,90	-
	593	0	1b	8a	4a	7b	9d	4b	37a		00b		74a	
0,5	885,7	887,813	0,613	0,595	169,738	175,452	55,795	54,188	2,37	-	0,94	-	0,94	-
	413*	2	6a	2a	9a	5a	6b	4a	37a		24b		57a	
1,0	751,3	719,948	0,533	0,522	140,031	119,880	38,438	36,962	1,67	-	0,86	-	0,76	-
	601	8	8b	5b	8b	6c	9e	6c	67b		56c		57b	
1,5	771,1	779,272	0,648	0,578	139,468	169,441	66,393	55,295	2,23	-	1,07	-	0,94	-
	894	9	1a	3a	8b	9a	1a	4a	37a		51 ^a		28a	
2,0	719,8	656,920	0,579	0,542	163,351	115,131	51,998	36,647	1,64	-	0,78	-	0,70	-
	351	1*	3b	1a	0a	0c	6c	9c	16b		14c		85c	
2,5	673,1	631,056	0,569	0,458	138,379	90,2074	38,521	29,881	1,69	-	1,01	-	0,94	-
	141	8*	3b	7b	9b	d	8e	5d	40b		78 ^a		72a	

3,0	617,4 362*	658,217 5*	0,522 5b	0,478 8b	102,491 5c	102,660 5d	32,623 3f	32,200 9d	1,43 15c	-	0,79 68c	-	0,74 93b	-
CV (%)	10,5600		8,7200		7,0200		6,0800		8,6500		10,3000		4,2800	

Fonte: Elaborado pelos autores

TABELA 3 - Resumo dos testes de Scott-Knott e Dunnett para as características relacionadas ao crescimento de mudas de abacaxi com aplicação da *Ascophyllum nodosum* e do *Trichoderma* spp. NF = Número de folhas; DC = Diâmetro do caule em cm; A = Altura em cm; CompD = Comprimento da folha D em cm; AF = Área foliar em cm²; AFD = Área da folha D em cm²; MSPA = Massa seca da parte aérea em g. Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de agrupamento de Scott-Knott ao nível de $p < 0,05$; * Médias diferentes do tratamento testemunha (0,00 L ha⁻¹) no nível de $p < 0,05$ pelo teste de Dunnett; **, * e ns - Significativo a $p < 0,01$ e $p < 0,05$ e não significativo, respectivamente, pelo teste F.

DOSE S	NF ^{ns}		DC ^{ns}		A ^{ns}		CompD ^{ns}		AF ^{ns}		AFD ^{ns}		MSPA ^{***}	
	ASN	THR	ASN	THR	ASN	THR	ASN	THR	ASN	THR	ASN	THR	ASN	THR
0,0	14,2	13,00	18,264	18,124	26,36	25,18	25,86	25,41	237,902	202,86	38,097	33,65	4,65	-
	666	00	6	6	66	66	66	33	0	95	1	85	65d	
0,5	13,2	13,26	18,044	18,154	25,91	25,68	25,94	25,02	213,110	205,15	36,081	30,83	5,12	-
	666	66	0	0	33	00	66	00	3	53	9	94	85c	
1,0	13,1	13,33	17,809	16,840	26,72	24,59	26,94	23,70	208,868	173,14	36,750	30,29	5,45	-
	333	33	3	0	66	33	00	66	4	93	9	68	61b	
1,5	14,0	13,20	18,198	16,698	26,27	25,08	28,50	25,19	257,724	195,77	42,534	33,58	6,12	-
	666	00	6	6	33	66	66	33	3	57	8	94	46a	
2,0	12,8	13,00	16,814	16,426	24,48	24,60	24,53	24,16	197,617	172,60	33,839	29,23	3,55	-
	000	00	6	0*	66	66	33	00	1	80	5	13	93e	

2,5	13,2 666	12,66 66	17,408 6	16,614 0	26,24 00	25,07 33	26,02 66	25,03 13	227,113 5	183,05 33	37,433 9	34,39 16	4,44 08d	-
3,0	12,8 000	13,40 00	16,081 3*	16,564 0	23,96 00	24,40 66	24,31 33	24,22 66	171,469 5*	190,50 23	28,953 5*	31,60 66	4,45 19d	-
CV	6,6000		5,5500		6,9500		7,4600		13,9900		14,3600		4,9600	

Fonte: Elaborado pelos autores

Villa e Vila et al. (2023) relatam que as aplicações no solo de ASN estimulou a absorção de nutrientes pelas plantas ao promover alterações nas características químicas do solo, como por exemplo, aumento da disponibilidade de nutrientes como o cálcio e o fósforo em 5,6 e 37,44%, respectivamente, em comparação com o tratamento testemunha. Mas, indicam que houve uma diminuição de magnésio (Mg^{2+}) no solo, provavelmente causado pelo aumento na absorção deste nutriente para atender ao aumento da taxa fotossintética das plantas e por conseguinte o aumento da biomassa vegetal.

Segundo Ali et al. (2019) o aumento da massa seca, em virtude das aplicações da ASN, pode ter relação com a atuação do extrato de algas, nas vias metabólicas das plantas, na regulação e transcrição gênica de alguns fitormônios (giberilina, auxinas e citocinas) que induzem o crescimento e, conseqüentemente, o aumento da biomassa vegetal. Bantis e Koukounaras (2022), ao aplicar ASN em mudas de melancia (*Citrullus lanatus*), 20 dias após o transplante, descreveram que a aplicação foliar reduziu a atividade fotossintética, o que estimulou as plantas a direcionarem seus recursos para a formação de um sistema radicular mais robusto, além de promover a acumulação de biomassa e a formação de folhas.

Assim, a aplicação de ASN influencia o equilíbrio endógeno dos fitormônios, alternando a absorção e assimilação de nutrientes, estimulando e mantendo a fotossíntese e diminuindo os impactos causados pelos estresses, pela modulação da homeostase hormonal e da regulação da transcrição de alguns transportadores relevantes (De Saeger et al., 2020).

Por outro lado, a dose $0,5 \text{ L ha}^{-1}$ do produto THR apresentou os maiores valores para as características MSPA, MSRA, APR e ASR em relação ao tratamento testemunha, respectivamente, de 7,89%, 4,70%, 9,11% e 12,45%. Estes resultados colaboram com os encontrados por Zhang et al. (2014), ao estudar a aplicação do THR na cultura do pepino. Isto ocorreu pela capacidade do THR de converter formas inacessíveis de nutrientes presentes no substrato em compostos solúveis, permitindo a maior absorção e utilização destes pelas plantas. Além de atuar na síntese de fitormônios, (auxinas - ácido indol-3-acético - AIA) e fitoreguladores sintéticos e outras substâncias que promovem o crescimento e o desenvolvimento das plantas conforme Kubiak et al. (2023), Bhandari et al. (2021) e Joo e Husein (2022).

Zhang et al. (2014) concluíram que a produção de AIA, com a colonização das raízes, induziu o crescimento radicular, o peso da matéria seca e o vigor das

raízes de plantas de pepino. Esses resultados indicam que a produção de auxinas pela cepa THR, contribuiu para o maior vigor e peso da matéria seca das raízes, em comparação à testemunha.

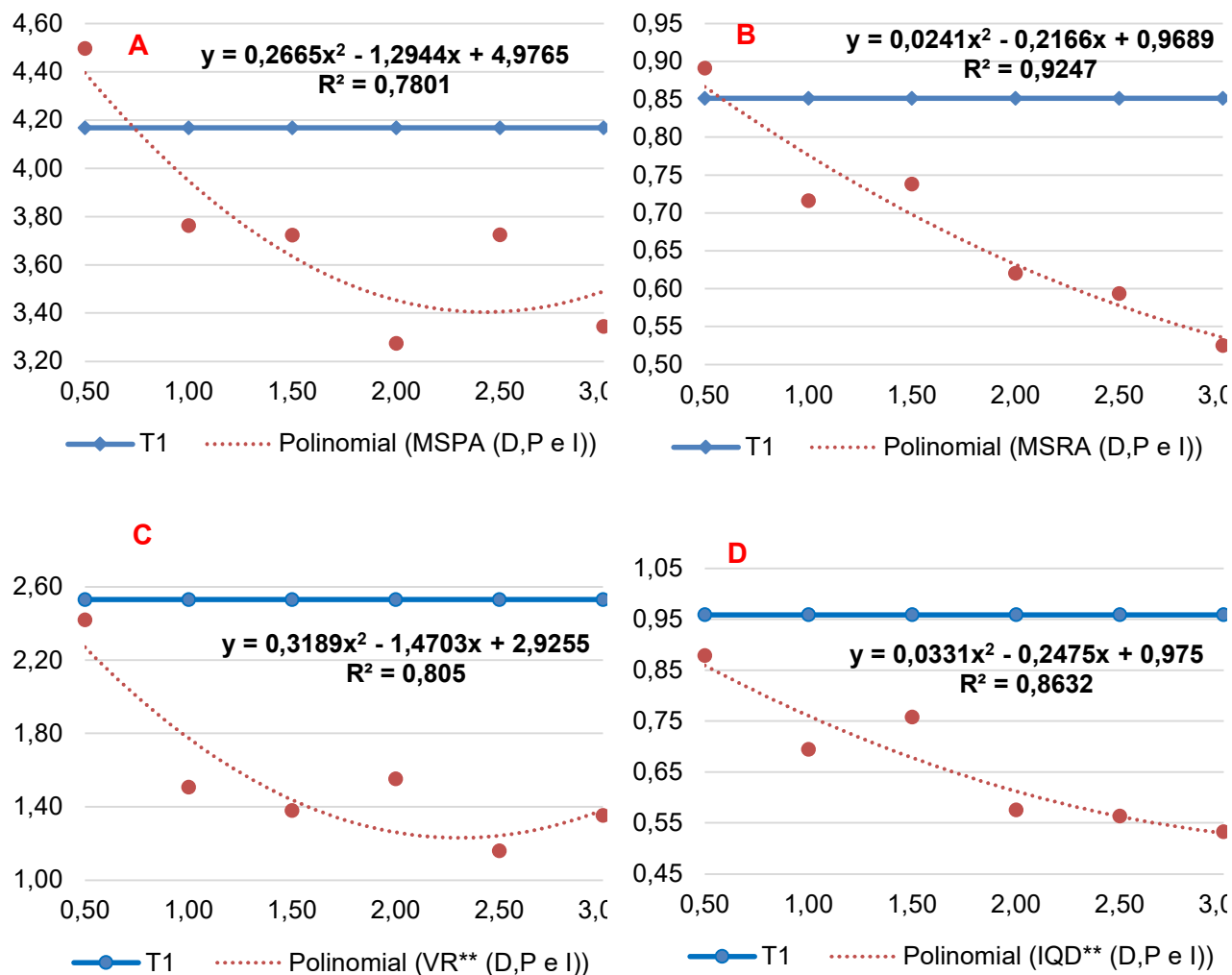


FIGURA 2 – Regressões lineares de segunda ordem para as características avaliadas em mudas de *Ananas comusus* após três aplicações de diferentes doses (L ha⁻¹) de *Trichoderma* spp e tratamento testemunha (T1 – aplicação apenas de água destilada). MSPA (massa seca da parte aérea) (A) e MSRA (massa seca da raiz) (B) em gramas, VR (Volume de raiz) (C) em cm³ e IQD (índice de qualidade de Dickson) (D).

Fonte: Elaborado pelos autores

Os resultados do teste de Dunnett para a comparação das médias com o tratamento testemunha para cada uma das características que resultaram não significativas na ANOVA, indicam que não houve diferença estatística entre as

diferentes doses de ASN e o tratamento testemunha (T1) para as características NF, H e CompD. A dose de 0,5 L ha⁻¹ de ASN para a variável CR apresentou um acréscimo superior a 18,56 % em relação a T1.

No entanto, para as características DC, AF AFD a dose 3,0 L ha⁻¹ de ASN apresentou menor resultado em relação ao T1, respectivamente, de 11,95%, 27,92% e 24,00%. As aplicações de THR, por sua vez, apresentaram resultados menores em comparação com T1, para a variável DC e para a dose 2,0 L ha⁻¹ de 9,37% (Tabela 2).

Observa-se uma redução na massa seca da parte aérea a partir da dose de 0,5 L ha⁻¹ de THR, alcançando o valor máximo de 4,4980 gramas neste ponto (Figura 2 A). Os valores estimados pela regressão apontam o mínimo para THR na dose de 2,4285 L ha⁻¹. Quanto à massa seca da raiz, também há uma diminuição a partir da dose de 0,5 L ha⁻¹, registrando 0,8916 gramas (Figura 2B). O ponto mínimo foi estimado na dose de 4,4937 L ha⁻¹, com valor estimado de 0,4822 gramas.

Em relação ao volume da raiz, também há uma redução à medida que aumentam as doses do produto a partir de 0,5 L ha⁻¹, alcançando o máximo de 2,4189 cm³ (Figura 2 C). O ponto mínimo estimado foi de 1,2307 cm³ na dose de 2,3052 L ha⁻¹.

O Índice de Qualidade de Dickson também apresentou uma redução à medida que as doses foram aumentadas a partir de 0,5 L ha⁻¹ (Figura 2D). O ponto mínimo foi estimado em 0,5123 na dose de 3,7386 ha⁻¹ (Tabela 4).

TABELA 4 – Concentrações ótimas estimadas para as doses de THR em L ha⁻¹ (Xv) e valores máximos e mínimos de (Yv) para características gravimétricas e de qualidade de mudas. Massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSRA), volume da raiz (VR) e índice de qualidade de Dickson (IQD)

	MSPA	MSRA	VR	IQD
	g planta ⁻¹		cm ³ planta ⁻¹	-
X_{vTHR}	2,4285	4,4937	2,3052	3,7386
Y_{vTHR}	3,4047	0,4822	1,2307	0,5123

Fonte: Elaborado pelos autores

Assim, o incremento nas concentrações de THR aplicadas nas mudas de abacaxi da cultivar "Jupi", propagadas no IFES – Campus de Alegre a partir do seccionamento do caule das plantas coletadas em Marataízes – ES, resultou na

redução das características MSPA, MSRA, DR, VR e IQD. Este efeito foi observado por Bortolin et al. (2019) ao avaliarem a capacidade do THR em promover o desenvolvimento vegetativo da gramínea nativa do Brasil que apresenta potencial forrageiro (*Paspalum regnellii*).

Cano-Reinoso et al. (2022), ao estudar os efeitos do THR no cultivo do abacaxizeiro como biopesticida, observaram significativa eficiência na diminuição do colapso dos frutos, especialmente quando usado em combinação com *Pseudomonas fluorescens* (tratamento Bio T10 + Bio P32), reduzindo a incidência da doença para até 1,7% no método de pulverização. Além da ação de controle, THR contribuiu positivamente para a qualidade do fruto, promovendo aumento nos sólidos solúveis totais (SST), fator crucial para a aceitação comercial devido ao seu impacto no sabor e na doçura. A aplicação também resultou em frutos com maior capacidade antioxidante e níveis elevados de nutrientes essenciais, como cálcio e magnésio, que desempenham papel fundamental na integridade da parede celular e na resistência do fruto aos estresses oxidativos e fisiológicos.

Trichoderma spp. se destaca no manejo agrícola por promover o crescimento radicular e controlar nematoides. Kiriga et al. (2018) mostraram que o isolado do *Trichoderma spp.* aumentou o peso fresco das raízes em 91,5% e reduziu em 88,4% a produção de ovos de *Meloidogyne javanica*. Colonizando as raízes de plantas de abacaxi, esse fungo estimulou o desenvolvimento radicular e a absorção de nutrientes, contribuindo para um cultivo mais sustentável e reduzindo o uso de nematicidas.

Abdelmoaty et al. (2022) investigaram os efeitos da aplicação dos microrganismos THR e *Bacillus thuringiensis* (BTR) em mudas de limão (*Citrus aurantifolia*) cultivadas com níveis reduzidos de fertilizantes inorgânicos (NPK). O estudo demonstrou que o biofertilizante à base de THR promoveu um crescimento significativo das plantas indicando que pequenas doses de THR favorecem a solubilização de nutrientes minerais, a síntese de reguladores de crescimento vegetal, a produção de metabólitos secundários e a liberação de enzimas, contribuindo para o desenvolvimento fisiológico e o crescimento saudável das plantas.

Segundo Hjeljord e Tronsmo (2003), uma das razões possíveis para a redução da eficácia do THR como promotor de crescimento em tratamentos com concentrações mais altas é o fenômeno de auto inibição, causado pelo grande número de propágulos, resultando em competição intensa por espaço e nutrientes, o que inibe

a germinação dos próprios conídios. Por outro lado, de acordo com Ramada, Lopes e Uhoa (2019), certos metabólitos em baixas concentrações podem agir como análogos de auxina. No entanto, em doses elevadas, podem apresentar efeito inibitório.

A dose 1,5 L ha⁻¹ de ASN proporcionou as melhores médias para características de MSPA, MSRA, APR, DR, VR e IQD, quando comparadas ao tratamento testemunha. Por outro lado, quando comparadas com a testemunha, a dose 0,5 L ha⁻¹ de THR apresentou as melhores médias para as características MSPA, MSRA, APR e ASR. Entretanto, o aumento nas concentrações dos produtos influenciou negativamente nas características avaliadas. Desta forma, mesmo se tratando de produtos biológicos, o seu uso em excesso pode prejudicar o crescimento das mudas e representar um gasto desnecessário de recursos físicos e financeiros, que elevam os custos de produção. Portanto, o experimento demonstrou que as aplicações de diferentes doses da ASN e do THR na produção de mudas de *Ananas comusus* é uma alternativa sustentável na promoção do crescimento e na melhoria da qualidade das mudas de abacaxizeiro “Jupi” produzidas a partir do seccionamento do caule.

Para estudos futuros, recomenda-se a aplicação das doses em diferentes quantidades e proporções dos produtos testados, incluindo outros como arbolina e ácidos húmicos, com o intuito de verificar a ação conjunta desses produtos na produção das mudas de abacaxizeiro. Sugere-se o uso de areia como substrato tanto na fase de brotação das gemas quanto no desenvolvimento das mudas.

4 CONCLUSÃO

Este estudo teve como objetivo avaliar o efeito de diferentes doses de *Ascophyllum nodosum* (ASN) e *Trichoderma spp.* (THR) no crescimento e na qualidade de mudas de abacaxizeiro ‘Jupi’ (*Ananas comusus*). A questão central era determinar se esses bioestimulantes poderiam ser utilizados como alternativas sustentáveis para otimizar o desenvolvimento inicial das mudas e identificar as doses mais eficazes para tal.

Os resultados indicaram que ambos os produtos beneficiaram o crescimento inicial das mudas. A dose de 1,5 L ha⁻¹ de ASN proporcionou os melhores resultados para características como massa seca da parte aérea, massa seca da raiz, área projetada, diâmetro e volume de raiz, além do Índice de Qualidade de Dickson (IQD).

Da mesma forma, a dose de 0,5 L ha⁻¹ de THR destacou-se em parâmetros similares, especialmente na massa seca e na área superficial das raízes. Assim, conclui-se que o uso de ASN e THR, em doses específicas, é uma alternativa viável e promissora para a produção sustentável de mudas de abacaxizeiro.

Os achados desta pesquisa geram impactos significativos tanto para a sociedade quanto para a academia. Para a sociedade, especialmente os produtores rurais, o uso de bioestimulantes como ASN e THR representa uma alternativa prática e acessível para aumentar a produtividade e a qualidade das mudas de abacaxi, reduzindo a dependência de insumos químicos e contribuindo para práticas agrícolas mais sustentáveis. Para a academia, o estudo expande o corpo de conhecimento sobre a aplicação de biotecnologias em culturas agrícolas tropicais, oferecendo dados inéditos sobre as interações entre doses específicas de ASN e THR no desenvolvimento de mudas de abacaxizeiro.

No entanto, a pesquisa apresenta algumas limitações que devem ser consideradas. Primeiramente, os experimentos foram conduzidos em condições controladas de viveiro e estufa, o que pode não refletir totalmente os desafios encontrados em condições de campo aberto. Além disso, o estudo avaliou apenas dois bioestimulantes em doses predefinidas, limitando a possibilidade de explorar combinações de produtos ou outras concentrações.

Para trabalhos futuros, recomenda-se a realização de experimentos em condições de campo, avaliando a eficácia dos bioestimulantes em cenários mais representativos das condições reais de cultivo. Além disso, seria interessante investigar o efeito de combinações entre ASN, THR e outros insumos biológicos, como ácidos húmicos e microrganismos promotores de crescimento, para explorar potenciais sinergias. Também seria relevante avaliar os impactos econômicos dessas práticas para os produtores, bem como os efeitos de longo prazo no solo e no ecossistema agrícola.

Dessa forma, esta pesquisa fornece uma base sólida para o desenvolvimento de estratégias mais eficientes e sustentáveis na produção de mudas de abacaxi, ao mesmo tempo em que abre caminho para avanços futuros no campo da agricultura sustentável.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Estadual do Norte Fluminense – UENF Darcy Ribeiro; Ao IFES – Campus de Alegre; À Koppert (São Paulo, São Paulo, Brasil); À Prefeitura Municipal de Marataízes - PMM; Ao Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural Incaper – ES; À Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo - FAPES.

REFERÊNCIAS

ABDELMOATY, S; KHANDAKER, MM; MAHMUD, K; MAJRASHI, A; ALENAZI, MM; BADALUDDIN, NA. Influence of *Trichoderma harzianum* and *Bacillus thuringiensis* with reducing rates of NPK on growth, physiology, and fruit quality of *Citrus aurantifolia*. *Brazilian Journal of Biology*. 82: e261032. 2022

AHMED, M; ULLAH, H; PIROMSRI, K; TISARUM, R; CHA-UM, S; DATTA, A. Effects of an *Ascophyllum nodosum* seaweed extract application dose and method on growth, fruit yield, quality, and water productivity of tomato under water-deficit stress. *South African Journal of Botany*. 151: 95-107. 2022

ALI, O; RAMSUBHAG, A; JAYARAMAN, J. Biostimulatory activities of *Ascophyllum nodosum* extract in tomato and sweet pepper crops in a tropical environment. *PLoS One*. 14: e0216710. 2019

BANTIS, F; KOUKOUNARAS, A. *Ascophyllum nodosum* and Silicon-Based Biostimulants Differentially Affect the Physiology and Growth of Watermelon Transplants under Abiotic Stress Factors: The Case of Drought. *Horticulturae*. 8: 1177. 2022

BHANDARI, S; PANDEY, KR; JOSHI, YR; LAMICHHANE, SK. An overview of multifaceted role of *Trichoderma* spp. for sustainable agriculture. *Archives of Agriculture and Environmental Science*. 6: 72-79. 2021

BORTOLIN, GS. WIETHAN, MMS; VEY, RT; OLIVEIRA, JCP; KÖPP, MM; SILVA, ACF. *Trichoderma* na promoção do desenvolvimento de plantas de *Paspalum regnellii* Mez. *Revista de Ciências Agrárias*. 42:135-145. 2019

BULGARI, R; COCETTA, G; TRIVELLINI, A; VERNIERI, P; FERRANTE, A. Biostimulants and crop responses: a review. *Biological Agriculture & Horticulture*. 31: 1-17. 2015

CANO-REINOSO, DM; SOESANTO, L; KHARISUN, K; WIBOWO, C. Fruit collapse incidence and quality of pineapple as affected by biopesticides based on *Pseudomonas fluorescens* and *Trichoderma harzianum*. *Acta Agriculturae Slovenica* 1183: 1–13. 2022

COPPOLA, M; DIRETTO, G; DIGILIO, MC; WOO, SL; GIULIANO, G; MOLISSO, D; PENNACCHIO, F; LORITO, M; RAO, R. Transcriptome and metabolome reprogramming in tomato plants by *Trichoderma harzianum* strain T22 primes and enhances defense responses against aphids. *Frontiers in Physiology* 10:745. 2019

DE SAEGER, J; VAN PRAET, S; VEREECKE, D; PARK, J; JACQUES, S; HAN, T; DEPUYDT, S. Toward the molecular understanding of the action mechanism of *Ascomyces nodosum* extracts on plants. *Journal of Applied Phycology* 32: 573–597. 2020

DESCLEE, D; SOHINTO, D; PADONOU, F. Sustainability assessment and agricultural supply chains evidence-based multidimensional analyses as tools for strategic decision-making-the case of the pineapple supply chain in Benin. *Sustainability* 13: 2060. .2021

DICKSON, A; LEAF, AL; HOSNER, JF. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. *Forestry Chronicle* 36: 10-13. 1960

EL BOUKHARI, M; BARAKATE, M; BOUHIA, Y; LYAMLOULI, K. Trends in Seaweed Extract Based Biostimulants: Manufacturing Process and Beneficial Effect on Soil-Plant Systems. *Plants*. 9: 359. 2020

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. Data. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL/visualize>. 2024. Acesso em: 13 de junho 2024

FERREIRA, E.; CAVALCANTI, P.; NOGUEIRA, D. ExpDes: An R Package for ANOVA and Experimental Designs. *Applied Mathematics*, 5, 2952-2958. 2014. doi: 10.4236/am.2014.519280

HJELJORD, LG; TRONSMO, A. Effect of germination initiation on competitive capacity of *Trichoderma atroviride* P1 conidia. *Phytopathology* 93: 1593-1598. 2003

JOO, JH; HUSSEIN, KA. Biological Control and Plant Growth Promotion Properties of Volatile Organic Compound-Producing Antagonistic *Trichoderma* spp. *Frontiers in Plant Science* 13: 897668. 2022

KHAN, W; RAYITH, UP; SUBRAMANIAN, S; JITHESH, NM; RAYORATH, P; HODGES, D M; CRITCHLEY, AT; CRAIGIE, JS; NORRIE, J; PRITHIVIRAJ, B. Seaweed extracts as biostimulants of plant growth and development. *Journal of Plant Growth Regulation* 28: 386–399. 2009

KIRIGA, AW; HAUKELAND, S; KARIUKI, GM; COYNE, DL; BEEK, NV. Effect of *Trichoderma* spp. and *Purpureocillium lilacinum* on *Meloidogyne javanica* in commercial pineapple production in Kenya. *Biological Control* 119: 27-32. 2018

Koppert - Koppert do Brasil Holding Ltda. Bula. Disponível em: <https://www.koppert.com.br/acadian/>. 2024. Acesso em: 13 de junho de 2024

KUBIAK, A; WOLNA-MARUWKA, A; PILARSKA, AA; NIEWIADOMSKA, A; PIOTROWSKA-CYPLIK, A. Fungi of the *Trichoderma* Genus: Future Perspectives of Benefits in Sustainable Agriculture. *Applied Sciences*. 13: 6434. 2023

NABOULSI, I; ABOULMOUHAJIR, A; KOUISNI, L; BEKKAOUI, F; YASRI, A. Plants extracts and secondary metabolites, their extraction methods and use in agriculture for controlling crop stresses and improving productivity: A review. *Academia Journal of Medicinal Plants* 6: 223-240. 2018

RAMADA, MHS; LOPES, FAC; UHOA, CJ. *Trichoderma*: metabólicos secundários. 201-2019 Em: MEYER, MC; MAZARO, SM; SILVA, JC. da (org.). *Trichoderma*: uso na agricultura. Embrapa.Brasília, DF, BR. 2019

SHEKHAR SHARMA, HS; FLEMING, C; SELBY, C; RAO, JR; MATIN, T. Plant biostimulants: A review on the processing of macroalgae and use of extracts for crop management to reduce abiotic and biotic stresses. *Journal of Applied Phycology* 26: 465–490. 2014

SHUKLA, PS; PRITHIVIRAJ B. *Ascophyllum nodosum* Biostimulant Improves the Growth of *Zea mays* Grown Under Phosphorus Impoverished Conditions. *Frontiers in Plant Science* 11: 601843. 2021

SHUKLA, PS; SHOTTON, K; NORMAN, E; NEILY, W; CRITCHLEY, AT; PRITHIVIRAJ, B. Seaweed extract improve drought tolerance of soybean by regulating stress-response genes. *AoB Plants* 10: plx051. 2017

VILALOBOS, DP; FIGUEROA-RODRÍGUES, KA; ESCOLBAR-GUTIÉRREZ, AJ. Why do we need more research on pineapple (*Ananas comosus* L. Merr.)? A discussion based on a bibliometric review. *Revista Brasileira de Fruticultura* 45: e-090. 2023

VILLA E VILA, V; PIEDADE, SMDS; BOUIX, CP; REZENDE, R; WENNECK, GS; TERASSI, DDS; MATUMOTO-PINTRO, PT; MARQUES, PAA. Use of a biostimulant based on seaweed extract as a sustainable input to enhance the quality of solanaceous seedlings. *Horticulturae* 10: 642. 2024

VILLA E VILA, V; REZENDE, R; MARQUES, PAA; WERNNECK, GS; NOCCHI, RCF; TERASSI, DS; ANDREAN, AFBA; MATUMOTO-PINTRO, PT. Seaweed extract of *Ascophyllum nodosum* applied in tomato crop as a biostimulant for improving growth, yield and soil fertility in subtropical condition. *Journal of Applied Phycology* 35: 2531–2541. 2023

YAO, X; GUO, H; ZHANG, K; ZHAO, M; RUAN, J; CHEN, J. *Trichoderma* and its role in biological control of plant fungal and nematode disease. *Frontiers in Microbiology* 14: 1160551. 2023

ZHANG, F; MENG, X; YANG, X; RAN, W; SHEN, Q. Quantification and role of organic acids in cucumber root exudates in *Trichoderma harzianum* T-E5 colonization. *Plant Physiology and Biochemistry* 83: 250–257. 2014

**TRABALHO 2: POTENCIAL FOTOSSINTÉTICO DE MUDAS DE ABACAXIZEIRO
PROMOVIDA POR *Ascophyllum nodosum* E *Trichoderma spp.***

Reproduzido com a permissão:

Oliveira, G.C.; Vettorazzi, J.C.F.; Berilli, S.S.; Ferraz, D.R.; Silveira, L.F.V.; Freitas, S.P. (2025) **POTENCIAL FOTOSSINTÉTICO DE MUDAS DE ABACAXIZEIRO PROMOVIDA POR *Ascophyllum nodosum* E *Trichoderma spp.***. Ciência Rural, artigo submetido para avaliação.

Resumo

A fase inicial de desenvolvimento do abacaxizeiro (*Ananas comosus*) é sensível a fatores fisiológicos e ambientais, exigindo estratégias que favoreçam a formação de mudas vigorosas e eficientes do ponto de vista fisiológico e fotossintético. Nesse contexto, bioestimulantes naturais como o extrato da alga *Ascophyllum nodosum* e fungos do gênero *Trichoderma spp.* vêm sendo empregados por sua capacidade de ativar rotas hormonais e antioxidantes nas plantas. Objetivou-se avaliar os efeitos de diferentes doses desses bioestimulantes nos fatores fisiológicos e fotossintéticos de mudas de abacaxizeiro. O experimento foi conduzido em viveiro, em delineamento em blocos casualizados, com esquema fatorial 2×7 (dois produtos $\times$ sete doses) e cinco repetições. As aplicações foram realizadas por pulverização foliar aos 50, 70 e 90 dias após o transplante, com avaliações entre 140 e 180 dias. Os dados foram submetidos à análise estatística e testes de significância. Os resultados demonstraram que a aplicação de $1,50 \text{ L ha}^{-1}$ de *Ascophyllum nodosum* e $1,00 \text{ L ha}^{-1}$ de *Trichoderma spp.* resultou nos melhores desempenhos em clorofila total e na razão clorofila total/carotenoides, indicando maior potencial fotossintético. Em contrapartida, doses elevadas desses bioestimulantes reduziram os teores de clorofila b e favoreceram o acúmulo de carotenoides, sugerindo desequilíbrio metabólico e possível estresse fisiológico. Conclui-se que o uso de doses intermediárias promove efeitos positivos sobre os fatores fisiológicos e fotossintéticos das mudas de abacaxizeiro 'Jupi', enquanto concentrações excessivas podem comprometer a funcionalidade fotossintética das plantas.

Palavras-chave: *Ananas comosus*, bioinsumos, pigmentos fotossintéticos, estresse fisiológico, desenvolvimento radicular.

Abstract

The initial development stage of pineapple (*Ananas comosus*) is highly sensitive to physiological and environmental factors, requiring strategies that promote the formation of vigorous and physiologically efficient seedlings, particularly in terms of photosynthetic performance. In this context, natural biostimulants such as the seaweed extract *Ascophyllum nodosum* and fungi of the genus *Trichoderma spp.* have been employed for their ability to activate hormonal and antioxidant pathways in plants. This study aimed to evaluate the effects of different doses of these biostimulants on the

physiological and photosynthetic traits of pineapple seedlings. The experiment was conducted in a nursery using a randomized block design in a 2×7 factorial scheme (two products $\times$ seven doses) with five replicates. Foliar applications were carried out at 50, 70, and 90 days after transplanting, and evaluations were performed between 140 and 180 days. Data were subjected to statistical analysis and significance testing. The results showed that the application of 1.50 L ha^{-1} of *Ascophyllum nodosum* and 1.00 L ha^{-1} of *Trichoderma spp.* yielded the best outcomes in terms of total chlorophyll content and the total chlorophyll to carotenoid ratio, indicating enhanced photosynthetic potential. In contrast, higher doses of these biostimulants reduced chlorophyll b levels and increased carotenoid accumulation, suggesting metabolic imbalance and potential physiological stress. It is concluded that intermediate doses positively influence the physiological and photosynthetic performance of 'Jupi' pineapple seedlings, whereas excessive concentrations may impair photosynthetic functionality.

Key words: *Ananas comosus*, Bioinputs, photosynthetic pigments, physiological stress, root development.

INTRODUÇÃO

A cultura do abacaxi (*Ananas comosus*) tem se destacado globalmente não apenas por sua relevância econômica, mas também por seu papel social e ambiental, sobretudo em regiões tropicais. Trata-se da fruta tropical mais exportada em volume, com ampla aceitação nos mercados internacionais e notável adaptabilidade aos diferentes contextos agronômicos (VILLALOBOS et al., 2023). Em 2022, a produção global alcançou cerca de 29,4 milhões de toneladas, com países como Brasil, Costa Rica, Filipinas e Indonésia liderando o setor, impulsionados pela crescente demanda internacional e pela versatilidade industrial da fruta (TRIPATHY, 2024).

Dentro desse contexto, a produção de mudas assume papel estratégico, já que influencia diretamente o vigor inicial, a uniformidade e o potencial produtivo das plantas. No entanto, a oferta de mudas de qualidade ainda representa um desafio, sobretudo em sistemas que demandam expansão ou renovação contínua das áreas cultivadas. Para enfrentar essa limitação, técnicas como o seccionamento de caule e a micropropagação têm sido adotadas com o objetivo de fornecer mudas vigorosas, livres de patógenos e com bom desempenho agronômico no campo (REINHARDT et al., 2018).

Nessas circunstâncias, bioinsumos como os bioestimulantes têm despertado interesse por sua capacidade de melhorar o desempenho vegetal sem os efeitos colaterais associados aos insumos convencionais, uma vez que, quando aplicados em plantas ou no solo, promovem o crescimento vegetal e aumentam a tolerância ao estresse abiótico, sem atuarem diretamente como nutrientes ou defensivos (DU JARDIN, 2015).

Entre os bioestimulantes naturais, destaca-se *Ascophyllum nodosum*, uma alga marrom rica em compostos hormonais, antioxidantes, aminoácidos e minerais essenciais, capazes de ativar vias de sinalização associadas ao ácido salicílico, auxinas e citocininas, promovendo crescimento e resistência sistêmica (CHATZISSAVVIDIS & THERIOS, 2014; OLAETXEA et al., 2024).

Outro bioinsumo promissor são os fungos do gênero *Trichoderma spp.*, amplamente reconhecidos por sua atuação na promoção de crescimento radicular, aumento da fotossíntese e indução de resistência a patógenos, além de contribuir para a melhoria da absorção de nutrientes (RAMADA et al., 2019; KULBAT-WARYCHA et al., 2024). A integração desses bioestimulantes ao manejo de mudas tropicais pode

representar uma inovação significativa para a produção mais eficiente e ambientalmente responsável.

A inovação deste estudo reside em avaliar experimentalmente os efeitos de diferentes doses de *Ascophyllum nodosum* e *Trichoderma spp.* sobre o desempenho fisiológico e fotossintético de mudas da variedade 'Jupi', com foco em atributos morfológicos, pigmentares e radiculares, reconhecidos como determinantes para o sucesso da fase de estabelecimento (SANTOS et al., 2022).

Diante disso, o presente estudo teve como objetivo avaliar os efeitos de diferentes doses dos bioestimulantes *Ascophyllum nodosum* e *Trichoderma spp.* sobre o desempenho fisiológico de mudas de abacaxizeiro da variedade 'Jupi' (*Ananas comosus*), com vistas a subsidiar o desenvolvimento de tecnologias sustentáveis para a produção de mudas tropicais vigorosas e de alta qualidade.

MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido entre os meses de fevereiro de 2023 e dezembro de 2023 nas dependências de duas estruturas experimentais: um viveiro de mudas, composto por sombrite com 50% de sombreamento, canteiros de areia e telados antiofídeos; e uma casa de vegetação, com cobertura em filme de polietileno, bancadas elevadas e telados antiofídeos. Ambas as estruturas contam com sistema de irrigação por microaspersão e drenagem adequada. Localizadas no Instituto Federal do Espírito Santo – Campus de Alegre, localizado no sul do estado do Espírito Santo, Brasil, sob as coordenadas geográficas 20°44'05" a 20°45'51" de latitude sul e 41°25'50" a 41°29'44" de longitude oeste.

O clima da região é do tipo "Cwa" classificado de acordo com o sistema Internacional de KÖPPEN (1948), atualizado por Alvares et al. (2014), isto é, tropical quente úmido, com inverno frio e seco, temperatura anual média de 23,1 °C e precipitação total anual média de 1.341 mm. Tradicionalmente, esse clima é também descrito como tropical de altitude, com estações bem definidas.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, em esquema fatorial 2 × 7, sendo dois bioestimulantes (extrato de *Ascophyllum nodosum* e *Trichoderma spp.*) e sete doses (0,00; 0,50; 1,00; 1,50; 2,00; 2,50 e 3,00 L ha⁻¹), com cinco repetições e 20 mudas por parcela, totalizando 1.400 unidades experimentais. Os produtos comerciais utilizados foram Acadian® (ASN) e Trichodermil® (THR)

(Tabela 2). As aplicações foram realizadas via pulverização foliar aos 50, 70 e 90 dias após o transplântio (DAT), sempre após as 16h:00, com pulverizadores manuais de pressão constante. As parcelas controle (0,00 L ha⁻¹) foram tratadas com água destilada.

Tabela 1 – Composição físico-química do substrato preparado.

Categoria	Parâmetro	Unidade	Resultado
Macronutrientes primários	Nitrogênio total (N)	% m/m	0,36
	Fósforo total (P ₂ O ₅)	% m/m	0,24
	Potássio total (K ₂ O)	% m/m	4,82
Macronutrientes secundários	Cálcio total (Ca)	% m/m	0,18
	Magnésio total (Mg)	% m/m	0,16
	Enxofre total (S)	% m/m	0,06
Micronutrientes	Ferro total (Fe)	% m/m	3,98
	Zinco total (Zn)	% m/m	0,01
	Manganês total (Mn)	% m/m	0,02
	Boro total (B)	% m/m	0,01
	Cobre total (Cu)	% m/m	<0,01
	Cloro solúvel (Cl)	% m/m	0,10
Elementos potencialmente tóxicos	Sódio total (Na)	% m/m	0,05
	Alumínio total (Al)	% m/m	6,87
	Cromo total (Cr)	% m/m	0,01
Características físico-químicas	pH em CaCl ₂	-	6,39
	Relação C/N	-	11,58
	Condutividade elétrica (CE)	µS·cm ⁻¹	688,80
	Capacidade de troca catiônica (CTC)	mmolc·kg ⁻¹	50,00
Composição orgânica	Carbono orgânico (C-org)	% m/m	4,17
	Matéria orgânica (MO)	% m/m	7,19

Nota: As análises, conforme a Instrução Normativa nº 37/2017 do MAPA – Manual de métodos analíticos oficiais para fertilizantes e corretivos.

Utilizaram-se mudas da variedade ‘Jupi’ de abacaxizeiro (*Ananas comosus*), obtidas a partir de seções de caule coletadas em lavouras comerciais no município de Marataízes – ES. Após a seleção de matrizes vigorosas e livres de pragas e doenças, as seções foram preparadas, enraizadas em canteiros de areia lavada e, posteriormente, foram colocadas em sacolas plásticas com substrato padrão - composto por textura leve (arenoso ou areno-argiloso), solo, areia e esterco bovino, na proporção 2:1:1. Antes do enchimento das sacolas, adicionou-se ao substrato superfosfato simples e realizou-se a correção do pH, revolvendo o solo para incorporar os insumos - e aclimatadas por 30 dias em casa de vegetação (Tabela 1).

Tabela 2 – Características físico-químicas dos bioestimulantes ASN e THR.

Produto	Característica	Concentração
ASN	K ₂ O - solúvel em água (%)	5,3 p/p
	Carbono Orgânico Total (COT, %)	6,0 p/p
	pH	8,0
	Densidade a 20° C (g mL ⁻¹)	1,16
	Natureza física	Fluido
	Índice salino (%)	18
	Maior relação soluto solvente	400 ml / 100 L de água
	Agente complexante ácido cítrico (%)	0,5
THR	<i>Ascopyllum nodosum</i> fresca (%)	100
	<i>Trichoderma spp.</i> Cepa ESALQ-1306	48 g/l (4,8% m/v)
	Outros ingredientes	952 g/l (95,2% m/v)

Fonte: Dados da pesquisa.

As soluções foram preparadas no próprio dia de cada aplicação. As quantidades líquidas dos produtos foram medidas utilizando micropipetas compatíveis com as diferentes dosagens requeridas. Posteriormente, os volumes foram transferidos para frascos de 500 mL e diluídos em água destilada, a fim de atingir a concentração final desejada. Em cada aplicação, foram administrados 100 mL da solução por parcela, empregando-se um pulverizador manual com capacidade de 2 litros. Para evitar qualquer risco de contaminação cruzada entre os tratamentos, as parcelas foram isoladas das demais da bancada principal utilizando placas de isopor.

Ao longo do experimento, nos períodos de 140, 160 e 180 dias após o transplântio (DAT), foram realizadas avaliações das plantas quanto aos índices de clorofila (ChlM), flavonoides (FlvM) e antocianinas (AnthM), utilizando o Medidor Multipigmento MPM-100® (Opti-Sciences). Também foram analisados os índices de nitrogênio (NFI), clorofila (CHL) e SPAD com Clorofilômetro AtLeaf CHL Plus®. As medições foram realizadas nas folhas D de seis plantas por parcela, totalizando 420 observações em cada período experimental. O dispositivo MPM-100, aplica algoritmos calibrados com base nas equações descritas por CEROVIC et al. (2008).

A utilização de equipamentos portáteis para a mensuração não destrutiva de pigmentos foliares, como o clorofilômetro AtLeaf® e o medidor multipigmento MPM-100® (Opti-Sciences), tem se mostrado eficiente em diferentes culturas. No presente estudo, o MPM-100 foi empregado para aferição simultânea de flavonoides, antocianinas, clorofila total e teor estimado de nitrogênio foliar, utilizando sensores ópticos e fluorescência calibrada, conforme descrito por LACCHINE et al. (2023). Esses métodos não destrutivos permitem medições rápidas, precisas e em tempo real, sendo amplamente validados por estudos recentes em frutíferas e hortaliças (DONG et al., 2019).

Quando as mudas atingiram a altura média de 25 cm, aos 180 DAT foram mensurados: Diâmetro do caule (DC), com paquímetro em mm; e Altura da planta (A), com uma régua graduada em cm. Após os materiais da parte aérea e raiz foram acondicionados em sacos de papel Craft e organizados na estufa de ventilação forçada, à temperatura de 70°C por 72 horas, para secagem, após esse período, foram pesados em balança analítica em gramas; Comprimento da raiz (CR) e o Diâmetro médio de raiz (DR) em cm; Área projetada superficial de raízes (APR) e a Área superficial de raízes (ASR), em cm²; Volume de raízes (VR) em cm³, foram obtidos utilizando o escâner EPSON STD 4800 com o *software WinRHIZO*®. O Índice de qualidade de Dickson (IQD) foi calculado conforme DICKSON et al. (1960).

A extração e posterior análise do teor de clorofila foram realizadas utilizando métodos espectrofotométricos. Um total de três réplicas foram empregadas e três discos foram retirados das folhas D. Os discos foram extraídos com um cilindro de diâmetro 3,88 mm. As amostras foram devidamente rotuladas, transferidas para tubos de ensaio e 2,5 ml de DMSO (dimetilsulfóxido, 99% de pureza) foram adicionados volumetricamente. Os tubos de ensaio foram então selados e envoltos em papel

alumínio antes de serem imersos em banho-maria contendo água pré-aquecida a 65° C por um período de 30 minutos para facilitar a solubilização da clorofila.

Considerou-se que a extração dos pigmentos estava finalizada quando as amostras foliares apresentaram transparência, observada visualmente. Posteriormente, alíquotas das soluções extraídas foram transferidas para cubetas de vidro com volume de 3 cm³, nas quais foram realizadas leituras colorimétricas da absorbância (%) nos comprimentos de onda de 480 nm, 649 nm, 665 nm, utilizando como branco o solvente DMSO a 99%. As medições foram realizadas em um espectrofotômetro da marca Kasuaki, modelo UV–IL-226-NM. As concentrações dos pigmentos foram calculadas conforme a metodologia proposta por WELLBURN (1994).

As análises estatísticas foram conduzidas no *software* R Studio, utilizando o pacote ExpDes.pt (FERREIRA et al., 2014). A normalidade dos resíduos foi testada pelo método de Shapiro-Wilk. Inicialmente, foi realizada análise de regressão, porém, não foram observadas diferenças significativas. Assim, optou-se por seguir com a análise de variância (ANOVA) e, quando significativa ($p < 0,05$), os dados foram submetidos ao teste de agrupamento de Scott-Knott para comparação entre os tratamentos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As avaliações fisiológicas realizadas aos 140, 160 e 180 dias após o transplantio (DAT) evidenciaram respostas distintas das mudas de abacaxizeiro ‘Jupi’ aos bioestimulantes naturais. Doses intermediárias de *Ascophyllum nodosum* e *Trichoderma spp.* proporcionaram os maiores índices de clorofila total, acompanhados de elevação nos índices SPAD e de nitrogênio foliar, sobretudo em 160 DAT, indicando melhorias no estado nutricional e potencial fotossintético das mudas (Tabelas 3 e 4).

A aplicação de *Ascophyllum nodosum* (ASN) e *Trichoderma harzianum* (THR) influenciou significativamente a clorofila total nas mudas de abacaxizeiro, sobretudo aos 160 e 180 dias após o transplantio (DAT). O ASN promoveu incrementos mais consistentes nas doses de 1,5 e 2,5 L ha⁻¹, enquanto o THR apresentou desempenho superior em doses entre 1,0 e 2,5 L ha⁻¹, mantendo níveis elevados até o final do período avaliado. Esses resultados indicam maior potencial do THR para sustentar a

biossíntese de pigmentos fotossintéticos em estágios mais avançados do ciclo vegetativo.

O índice SPAD variou conforme a dose e o tipo de bioestimulante. O ASN induziu elevação, principalmente nas fases intermediárias (140 e 160 DAT), com resposta dose-dependente entre 2,0 a 3,0 L ha⁻¹ (Tabela 3). Já o THR foi mais eficiente nas fases finais, atingindo os maiores valores com 2,5 L ha⁻¹ entre 160 e 180 DAT (Tabela 4).

Quanto ao nitrogênio foliar, o THR se destacou nas fases iniciais, atingindo pico de 1,02 na dose de 2,5 L ha⁻¹ aos 140 DAT. Essa resposta precoce pode estar relacionada à sua capacidade de estimular a solubilização de nutrientes e a microbiota benéfica do solo. Por outro lado, o ASN mostrou melhor desempenho nas fases intermediárias (140 - 160 DAT), com teores próximos de 0,94. Em ambas as condições, observou-se declínio nos teores aos 180 DAT, o que pode sinalizar a necessidade de reaplicações ou ajustes no manejo ao longo do ciclo.

Segundo DU JARDIN (2015), bioestimulantes não atuam como nutrientes, mas como moduladores do metabolismo vegetal, o que pode explicar respostas desproporcionais a doses elevadas. Esse padrão de resposta não linear é frequentemente observado na aplicação de bioinsumos que interferem em rotas hormonais e metabólicas sensíveis, nas quais doses excessivas podem inibir vias fisiológicas, comprometendo o desempenho da planta e dificultando o ajuste aos modelos paramétricos de regressão.

Tabela 3 – Médias dos pigmentos fotossintéticos, índice SPAD e de nitrogênio foliar para as diferentes doses de *Ascophyllum nodosum*.

DAT	Dose	Clorofilômetro			Multipigmento M100			
	L ha ⁻¹	Clorofil a**	SPAD**	Clorofila total**	ChIM* *	FlvM**	AnthM**	NFI**
140	0,00	61,72a	51,01a	54,50a	0,79b	0,94a	0,03b	0,79c
	0,50	60,96a	50,25a	53,34a	0,66d	0,97a	0,02b	0,69e
	1,00	55,72b	45,70b	46,12b	0,76b	0,98a	0,07a	0,84b
	1,50	59,64a	48,93a	49,85b	0,71c	0,99a	0,05a	0,74d
	2,00	55,28b	45,93b	51,23a	0,85a	0,91a	0,07a	0,93 ^a
	2,50	59,67a	48,99a	52,90a	0,78b	0,95a	0,02b	0,79c
	3,00	61,81a	49,85a	52,82a	0,77b	1,03a	0,07a	0,79c
160	0,00	60,56c	49,85c	52,97d	0,76b	1,04a	0,02a	0,79b
	0,50	74,73a	63,88a	74,67a	0,62d	1,08a	0,02a	0,60d
	1,00	69,06b	59,65b	64,82c	0,65c	1,02a	0,02a	0,65c
	1,50	70,82b	63,01a	74,25a	0,82a	0,95a	0,07a	0,79b
	2,00	73,96a	63,13a	76,11a	0,74b	1,03a	0,03a	0,70c
	2,50	75,55a	64,68a	70,84a	0,79a	1,01a	0,03a	0,84 ^a
	3,00	71,13b	60,32b	66,96c	0,60d	1,03a	0,03a	0,57d
180	0,00	60,30e	49,60c	52,97d	0,62a	0,92b	0,03c	0,69b
	0,50	70,10b	59,29a	53,46d	0,57b	0,81c	0,06c	0,63c
	1,00	63,50d	52,77c	57,23c	0,57b	1,00a	0,12a	0,63c
	1,50	67,13c	56,37b	65,12b	0,59b	0,92b	0,08b	0,80 ^a
	2,00	62,57d	51,85c	56,04c	0,60b	0,99a	0,02c	0,63c
	2,50	69,98b	61,59a	68,87a	0,63a	1,05a	0,02c	0,61c
	3,00	74,75a	61,90a	77,05a	0,65a	0,99a	0,04c	0,67b
CV (%)		3,34	4,62	5,40	4,57	7,37	47,86	5,59

Médias seguidas pela mesma letra (na vertical) não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott a 5%. Em que: Teores relativos de clorofila (ChIM), flavonoides (FlvM), antocianinas (AnthM) e o índice nitrogenado (NFI).

Tabela 4 – Médias dos pigmentos fotossintéticos, índice SPAD e de nitrogênio foliar para as diferentes doses de *Trichoderma spp.*

DAT	Dose L ha ⁻¹	Clorofilômetro			Multipigmento M100			
		Clorofila**	SPAD**	Clorofila total**	ChIM	FlvM	AnthM ^{ns}	NFI
140	0,00	60,84	50,13	53,15	0,74b	1,06a		0,69d
	0,50	60,27	49,57	53,64	0,75b	1,02b		0,71d
	1,00	59,46	48,77	49,35	0,80a	0,99b		0,84b
	1,50	60,55	50,35	53,70	0,61c	0,98b		0,64e
	2,00	60,88	46,52	53,27	0,70b	0,98b		0,76c
	2,50	61,35	49,34	51,90	0,72b	0,91c		1,02 ^a
	3,00	61,28	50,56	52,62	0,78a	1,00b		0,74c
160	0,00	81,44a	70,53a	83,03a	0,79b	1,04a		0,74c
	0,50	73,09c	62,26b	65,60c	0,62d	1,00b		0,61e
	1,00	79,48a	68,60a	85,90a	0,61d	1,07a		0,74c
	1,50	66,90d	64,43b	78,79b	0,69c	0,93c		0,82b
	2,00	75,87b	70,02a	79,65b	0,66c	1,00b		0,67d
	2,50	78,70a	67,80a	84,64a	0,88a	1,02b		0,90 ^a
	3,00	73,10c	62,26b	77,58b	0,75b	1,00b		0,76c
180	0,00	73,44b	62,61b	69,82b	0,63c	0,97a		0,61 ^a
	0,50	71,57b	51,41d	71,46b	0,61c	1,00a		0,59 ^a
	1,00	71,26b	55,57c	62,50c	0,59c	0,99a		0,60 ^a
	1,50	72,41b	56,37c	63,64c	0,64c	0,99a		0,61 ^a
	2,00	67,06c	56,28c	66,17c	0,68b	1,00a		0,60 ^a
	2,50	78,40a	67,52a	83,85a	0,59c	0,98a		0,62 ^a
	3,00	71,54b	60,74b	71,16b	0,92a	0,99a		0,65 ^a
CV (%)		3,65	4,07	6,27	4,99	2,25	72,49	5,85

Médias seguidas pela mesma letra (na vertical) não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott a 5%. Em que: clorofila (ChIM), flavonoides (FlvM), antocianinas (AnthM) e o índice nitrogenado (NFI).

Os coeficientes de variação (CV) obtidos para as variáveis fisiológicas e morfológicas situaram-se, em sua maioria, abaixo de 10%, refletindo elevada precisão experimental e controle adequado das condições ambientais. Valores inferiores a 5% foram registrados para variáveis como clorofila total e índice SPAD, conferindo alta confiabilidade estatística às inferências realizadas. Somente as antocianinas, um dos compostos secundários estudados, apresentou CVs acima de 40%.

Tabela 5 – Médias da composição de pigmentos fotossintéticos e suas razões para as diferentes doses *Ascophyllum nodosum*.

Dose (L ha ⁻¹)	Ca	Cb	Ct	Carotenoides	Ca/Cb	Ct/Carotenóide
	µg mL ⁻¹	µg mL ⁻¹	µg mL ⁻¹	µg mL ⁻¹	-	-
0,00	243,45b	-	-	-	-	12,62c
0,50	233,10b	-	-	-	-	11,73c
1,00	281,03 a	-	-	-	-	12,52c
1,50	237,19b	-	-	-	-	103,53 ^a
2,00	287,09a	-	-	-	-	47,08b
2,50	243,17b	-	-	-	-	8,30d
3,00	298,11a	-	-	-	-	5,19d
CV (%)	7,03	10,14	4,54	11,45	34,91	20,24

Médias seguidas pela mesma letra (na vertical) não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott a 5%. Em que: Clorofila a (Ca), Clorofila b (Cb), Clorofila total (Ct), Clorofila a sobre a Clorofila b (Ca/Cb), Clorofila sobre a Carotenóides (Ct/Carotenoides).

Resultados relatados por VIANA et al. (2019) demonstraram que a aplicação crescente de bokashi promoveu efeitos significativos na qualidade fisiológica e sensorial dos frutos de abacaxi, sem obedecer a uma resposta linear. Esse comportamento reforça a importância da calibragem técnica das doses aplicadas, a fim de evitar efeitos inibitórios e maximizar os benefícios agrônômicos do bioinsumo.

Os resultados obtidos estão alinhados com os de WIDJAJA PUTRA & SONI (2018), que demonstraram correlações positivas entre os teores de pigmentos

(clorofila a, b e carotenoides) e o teor de nitrogênio foliar, validando o uso de SPAD e clorofila total como indicadores indiretos do estado fisiológico em plantas tropicais.

Estudos recentes demonstram que o teor de clorofila nas folhas D do abacaxizeiro está diretamente associado à produtividade. Utilizando sensores proximais e imagens aéreas obtidas por veículos não tripulados (UAV), KHARIM et al. (2024) constataram que maiores níveis de clorofila entre 12 e 13 meses após o transplântio resultaram em maior número de flores e frutos, reforçando o papel da clorofila como indicador nutricional e ferramenta estratégica no manejo da fertilização.

Tabela 6 – Médias da composição de pigmentos fotossintéticos e suas razões para as diferentes doses *Trichoderma spp.*

Dose (L ha ⁻¹)	Ca	Cb	Ct	Carotenoides	Ca/Cb	Ct/Carotenoide
	µg mL ⁻¹	µg mL ⁻¹	µg mL ⁻¹	µg mL ⁻¹	-	-
0,00	257,71d	78,56d	336,28d	43,06b	3,34b	7,82b
0,50	278,01c	106,62c	384,64c	52,71a	2,72b	7,36b
1,00	273,95c	525,89a	799,84a	30,87c	0,52c	26,89 ^a
1,50	337,65a	48,57e	386,22c	56,73a	7,49a	6,83b
2,00	203,17e	97,85c	301,02e	52,39a	2,14b	5,76b
2,50	308,73b	142,93b	451,66b	52,95 a	2,16b	8,54b
3,00	224,00e	124,22b	348,23d	48,06a	1,80b	7,25b
CV (%)	7,03	10,14	4,54	11,45	34,91	20,24

Médias seguidas pela mesma letra (na vertical) não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott a 5%. Em que: Clorofila a (Ca), Clorofila b (Cb), Clorofila total (Ct), Clorofila a sobre a Clorofila b (Ca/Cb), Clorofila sobre a Carotenoides (Ct/Carotenoides).

Apesar dos avanços, ainda são escassas as investigações que avaliam o efeito de diferentes doses de bioestimulantes sobre características fisiológicas e fotossintéticas em mudas de abacaxi. A maior parte das pesquisas concentra-se em culturas anuais submetidas aos estresses hídricos ou salinos (HASHEM et al., 2019; MAHMUD et al., 2020), sendo raras as abordagens direcionadas às fruteiras com elevada demanda fisiológica no início do ciclo.

VIEIRA et al. (2010) observaram aumento nos teores de clorofila a, clorofila total e na razão clorofila a/b em plantas de abacaxizeiro 'Pérola' submetidas às doses crescentes de nitrogênio. Os autores destacaram a importância do nitrogênio na formação dos pigmentos fotossintéticos e na resposta fisiológica da cultura.

REIS et al. (2024), por sua vez, verificaram redução na fotossíntese e na eficiência fotoquímica em plantas de abacaxizeiro cultivadas sob condições edafoclimáticas adversas, mesmo com diferentes formas de adubação. O estudo destaca o impacto do ambiente sobre os processos fisiológicos, reforçando a necessidade de manejos mais eficientes.

LEONARDO et al. (2013) também relataram forte correlação entre o índice SPAD, o teor de clorofila total e o teor de nitrogênio foliar em plantas da cultivar 'Vitória' submetidas à adubação mineral e orgânica. Segundo os autores, o SPAD é um indicador sensível do estado nutricional da planta, refletindo diretamente a assimilação de nitrogênio e a eficiência fotossintética. Esses resultados sustentam a hipótese de que bioestimulantes naturais podem desempenhar papel semelhante ao da adubação convencional no acúmulo de pigmentos e na melhoria do desempenho fisiológico das plantas.

Os dados reforçam que doses fisiologicamente eficazes de ASN e THR promoveram ganhos em clorofila total e na razão Ct/Car, indicando aumento do potencial fotossintético. Resultados semelhantes foram relatados por Souza Marchi et al. (2022) em mudas propagadas *in vitro*, e os valores de SPAD registrados neste estudo confirmam sua confiabilidade como indicador funcional, conforme demonstrado por NURFAIZ et al. (2024).

Doses intermediárias de *Ascophyllum nodosum* e *Trichoderma spp.* resultaram em aumentos na clorofila a e na razão clorofila total/carotenoides (Ct/Car), sugerindo maior eficiência fotossintética e menor estresse oxidativo. Em particular, a razão Ct/Car ultrapassou 100 nas mudas tratadas com ASN a 1,5 L ha⁻¹, refletindo um balanço pigmentário favorável à captura de luz e à proteção antioxidante (SHUKLA et al., 2019; MEDDICH, 2023), (Tabela 5 e 6).

Por outro lado, a clorofila b apresentou comportamento irregular, com reduções acentuadas nas doses mais elevadas (2,50 e 3,00 L ha⁻¹). Esse padrão sugere possível efeito inibitório em concentrações elevadas e pode estar relacionado a uma redistribuição metabólica em favor da clorofila a e dos carotenoides. Estes

aumentaram, principalmente, nas doses extremas, indicando um mecanismo de proteção fotoprotetora ativado por estresse induzido (Figura 1).

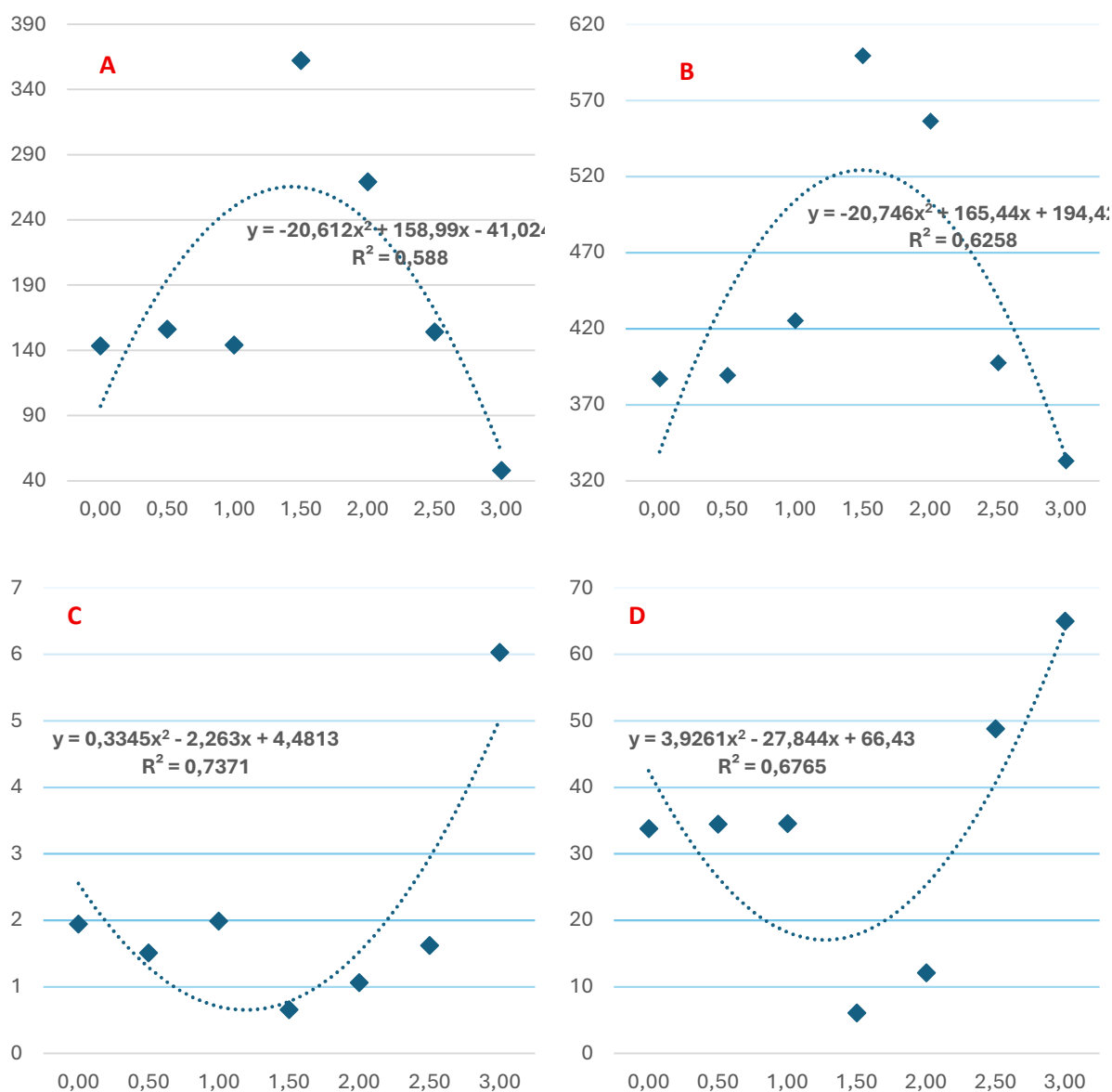


Figura 1 – Regressões lineares de segunda ordem para as características avaliadas em mudas de *Ananas comusus* após três aplicações de diferentes doses ($L\ ha^{-1}$) de *Ascophyllum nodosum* e tratamento testemunha (T1 – aplicação de água destilada). Clorofila b (A), Clorofila total (B), Relação entre Clorofila a e Clorofila b (C) e Carotenoides (D).

A combinação da queda de clorofila b e do aumento de carotenoides em doses elevadas aponta para um ajuste metabólico adaptativo. Esse redirecionamento pode representar uma priorização funcional de pigmentos mais diretamente envolvidos na

fotossíntese e defesa celular, ou ainda um sinal precoce de senescência foliar induzida por sobrecarga hormonal (VAN OOSTEN et al., 2017; BAHMANI & PRITHIVIRAJ, 2024; KUBIAK et al., 2023). Esses resultados reforçam o potencial de *Ascophyllum nodosum* como bioestimulante eficiente para promover a aclimação de mudas de abacaxi em viveiros tropicais, sobretudo, em fases críticas de transição fisiológica (Figura 1).

A aplicação dos bioestimulantes naturais *Ascophyllum nodosum* (ASN) e *Trichoderma spp.* (THR) influenciou significativamente os parâmetros fisiológicos e morfológicos das mudas de abacaxizeiro ‘Jupi’, revelando efeitos dose-dependentes com padrão não linear. Doses intermediárias se destacaram por promover ganhos consistentes na clorofila total, SPAD, razão Ct/Car, teor de nitrogênio foliar e desenvolvimento radicular, ao passo que doses elevadas resultaram em respostas fisiológicas inibidas ou indicativas de estresse.

Tabela 7 – Médias dos atributos radiculares, biomassa e índice de qualidade de mudas para as diferentes doses *Ascophyllum nodosum*.

DOSES	VR*	DR**	ASR*	APR*	MSRA*	MSPA*	IQD*
	cm ³	cm	cm ²	cm ²	g	g	-
0,0	2,23a	0,56b	156,62a	48,44d	0,92b	4,65d	0,90 ^a
0,5	2,37a	0,61a	169,73a	55,79b	0,94b	5,12c	0,94 ^a
1,0	1,67b	0,53b	140,03b	38,43e	0,86c	5,45b	0,76b
1,5	2,23a	0,64a	139,46b	66,39a	1,07a	6,12a	0,94 ^a
2,0	1,64b	0,57b	163,35a	51,99c	0,78c	3,55e	0,70c
2,5	1,69b	0,56b	138,37b	38,52e	1,01a	4,44d	0,94 ^a
3,0	1,43c	0,52b	102,49c	32,62f	0,79 c	4,45d	0,74b
CV (%)	8,65	8,72	7,02	6,08	10,30	4,96	4,28

Médias seguidas pela mesma letra (na vertical) não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott a 5%. Em que: Volume de raízes (VR), Diâmetro médio de raiz (DR), Área Superficial de raízes (ASR), Área projetada superficial de raízes (APR), Massa seca da raiz (MSRA), Massa seca da parte aérea (MSPA), Índice de qualidade de Dickson (IQD).

O comportamento dose-resposta observado segue padrão comumente relatado para bioestimulantes hormonais, em que a atuação é eficaz em faixas fisiologicamente sensíveis, mas saturada ou contraproducente em concentrações elevadas. A redução do volume de raiz (VR) e da clorofila b nas doses mais altas reflete esse fenômeno, possivelmente associado à sobrecarga hormonal, à ativação de vias de senescência ou à autoinibição microbiana, como descrito por Hjeljord & Tronsmo (2003) e Olaetxea et al. (2024). Em culturas tropicais de alto valor agrônomo, como o abacaxi, esses efeitos reforçam a necessidade de calibração técnica precisa das doses para cada fase fenológica (Tabelas 7 e 8).

Tabela 8 - Médias dos atributos radiculares, biomassa e índice de qualidade de mudas para as diferentes doses *Trichoderma spp.*

DOSES	VR*	DR**	ASR*	APR*	MSRA*	MSPA*	IQD*
	cm ³	cm	cm ²	cm ²	g	g	-
0,0	2,52a	0,61a	156,01b	49,66b	0,85a	4,16b	0,95 ^a
0,5	2,41a	0,59a	175,45a	54,18a	0,89a	4,49a	0,87b
1,0	1,50b	0,52b	119,88c	36,96c	0,71b	3,76c	0,69d
1,5	1,37b	0,57a	169,44a	55,29a	0,73b	3,72c	0,75c
2,0	1,55b	0,54a	115,13c	36,64c	0,62c	3,27d	0,57e
2,5	1,15c	0,45b	90,20d	29,88d	0,59c	3,72c	0,56e
3,0	1,35b	0,47b	102,66d	32,20d	0,52c	3,34d	0,53e
CV (%)	8,65	8,72	7,02	6,08	10,30	4,96	4,28

Médias seguidas pela mesma letra (na vertical) não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott a 5%. Em que: Volume de raízes (VR), Diâmetro médio de raiz (DR), Área Superficial de raízes (ASR), Área projetada superficial de raízes (APR), Massa seca da raiz (MSRA), Massa seca da parte aérea (MSPA), Índice de qualidade de Dickson (IQD).

Do ponto de vista morfofisiológico, ASN e THR apresentaram mecanismos complementares. Enquanto ASN estimulou a formação de raízes finas e maior área superficial radicular, provavelmente por efeito de auxinas e citocininas presentes em sua composição (KUMARI et al., 2023), o THR favoreceu o espessamento de raízes

secundárias e o acúmulo de biomassa, além de aumentar a disponibilidade de nutrientes na rizosfera (KUBIAK et al., 2023).

As respostas positivas observadas em pigmentos e atributos radiculares estão interligadas. A maior eficiência na absorção de água e nutrientes, promovida pela atuação radicular dos bioinsumos, favorece a formação de clorofilas e carotenoides, com reflexos diretos na eficiência fotossintética (SILVA et al., 2019; MOREIRA et al., 2024). Os dados obtidos indicam que essa sinergia entre estímulo radicular e aprimoramento fisiológico é essencial para a aclimação de mudas tropicais.

Comparando com a literatura, resultados semelhantes foram observados em morangueiros e maracujazeiros, nos quais ASN e THR promoveram aumento da produtividade, da área foliar e da estabilidade fisiológica sob estresse (SHAKYA et al., 2023; ŞESAN et al., 2020). No entanto, no caso do abacaxi - em especial da variedade 'Jupi' -, ainda há escassez de estudos que combinem diferentes doses, bioinsumos e dados fisiológicos sob condições controladas. Isso reforça o ineditismo e a contribuição do presente trabalho.

Chapola et al. (2014) observaram que a aplicação de fungicidas diretamente sobre os rebolos de cana-de-açúcar no momento do plantio, visando ao controle da podridão-abacaxi, resultou em aumento da brotação, da massa fresca da parte aérea e do sistema radicular, em condições de casa de vegetação, quando comparado à testemunha sem tratamento. Esses incrementos indicam não apenas a eficácia no controle da doença, mas também um efeito positivo no desenvolvimento inicial das plantas, com potencial impacto na produtividade final da cultura.

Nascimento et al. (2022) relatam que, além de atuar como agente de controle de patógenos como *Fusarium spp.* e *Sclerotinia sclerotiorum*, o fungo THR apresenta ação bioestimulante, promovendo o crescimento radicular, a absorção de nutrientes e o desenvolvimento de estruturas vegetativas por meio da produção de fitormônios e compostos bioativos.

A integração dos bioinsumos aqui estudados com microrganismos benéficos como *Pseudomonas protegens* ou *Bacillus subtilis* pode representar um avanço relevante em tecnologias bioativas para viveiros tropicais (PATEL et al., 2023). Tais combinações, associadas às substâncias húmicas e manejo microbiológico do solo, têm potencial para ampliar a tolerância ao estresse e aumentar a resiliência do sistema radicular ao longo do ciclo (NUNES et al., 2019).

Assim, os resultados obtidos demonstram que o uso de ASN e THR, em doses tecnicamente calibradas, é capaz de promover mudas de abacaxizeiro com maior vigor morfológico, estabilidade fisiológica e potencial para maior desempenho produtivo em campo. Essa melhoria na fase de muda é especialmente relevante em cultivares como a 'Jupi', cuja qualidade dos frutos pode ser diretamente afetada por desequilíbrios nutricionais no início do ciclo (RAMOS & DA ROCHA PINHO, 2014).

CONCLUSÃO

Os resultados deste estudo indicam que doses intermediárias de *Ascophyllum nodosum* (1,50 L ha⁻¹) e *Trichoderma spp.* (1,00 L ha⁻¹) promovem ganhos na fisiologia de mudas de abacaxizeiro 'Jupi', com destaque para o aumento da clorofila total, do índice SPAD e da razão clorofila total/carotenoides (Ct/Car), parâmetros diretamente associados ao potencial fotossintético. Além disso, o acúmulo de nitrogênio foliar e a melhoria na arquitetura radicular observados com essas doses sugerem um estado nutricional mais equilibrado e funcional.

Em contrapartida, as doses mais elevadas resultaram em acúmulo excessivo de carotenoides e queda nos níveis de clorofila b, refletindo possível estresse fisiológico e desbalanço metabólico. O Índice de Qualidade de Dickson (IQD) apresentou diferença significativa ($p < 0,01$), corroborando os efeitos positivos das doses intermediárias de ASN na qualidade das mudas. A integração dos dados fisiológicos e morfológicos reforça que o uso racional desses bioinsumos contribui para a formação de mudas.

Dessa forma, o uso técnico de *Ascophyllum nodosum* e *Trichoderma spp.* representa uma estratégia promissora para o manejo sustentável de viveiros tropicais. Estudos futuros devem investigar a sinergia desses bioestimulantes com outros microrganismos benéficos, avaliar sua persistência em condições de campo e ampliar a compreensão de seus efeitos em fases posteriores do ciclo produtivo, como a floração e a frutificação.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Estadual do Norte Fluminense – UENF Darcy Ribeiro; Ao Instituto Federal do Espírito Santo – Campus de Alegre; À Koppert (São Paulo, São Paulo,

Brasil); À Prefeitura Municipal de Marataízes - PMM; Ao Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural Incaper – ES; À Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo - FAPES.

DECLARAÇÃO DE CONFLITO DE INTERESSE

Os autores afirmam que não existem conflitos de interesses. Os financiadores não exerceram influência sobre o planejamento da pesquisa, a coleta e análise dos dados, a interpretação dos resultados, a elaboração do manuscrito ou a decisão de publicá-lo.

CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

Todos os autores contribuíram para a concepção e redação do manuscrito, leram e concordaram com a versão publicada.

REFERÊNCIAS

- ALVARES C. A., STAPE, J. L., SENTELHAS, P. C., GONÇALVES, J. L. M. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**. 22:711-728, 2014. Disponível em: <<https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>>. Acessado em: jan. 10, 2024. doi: 10.1127/0941-2948/2013/0507
- BAHMANI, M., PRITHIVIRAJ, B. A plant biostimulant prepared from *Ascophyllum nodosum* regulates flowering by modulating the MIR156 pathway in *Arabidopsis*. **Physiologia Plantarum**, 176(1):e14020. 2024. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/ppl.14020>>. Acessado em: abr. 16, 2025.
- CEROVIC, Z. G., MOISE, N., Agati, G., LATOUCHE, G., Ben GHOZLEN, N., MEYER, S. New portable optical sensors for the assessment of winegrape phenolic maturity based on berry fluorescence. **Journal of Food Composition and Analysis**. 21(8):650–654. 2008. Disponível em:<<https://doi.org/10.1016/j.jfca.2008.03.012>>. Acessado em: jan. 12, 2024.
- CHAPOLA, R. G., OGASAWARA, G. A., JANS, B., MASSOLA JUNIOR, N. S. Controle da podridão abacaxi da cana-de-açúcar por meio da pulverização de fungicidas em rebolos no sulco de plantio. **Ciência Rural**. 44(2):197-202. fev. 2014. Disponível em:<<https://doi.org/10.1590/S0103-84782014000200001>>. Acessado em: jan. 12, 2024.
- CHATZISSAVVIDIS, C., THERIOS, I. Role of algae in agriculture. In: Seaweeds: Agricultural uses, biological and antioxidant agentes. Konstantinou, I. (Ed.). **Environmental Management**. [S.l.]: InTech, 2014. Disponível em:<https://www.researchgate.net/publication/261834795_Role_of_algae_in_agriculture>. Acessado em: jan. 10, 2024.
- DICKSON, A., LEAF, A. L., HOSNER, J. F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **Forestry Chronicle**. 36:10-13. 1960. Disponível em:<<https://doi.org/10.5558/tfc36010-1>>. Acessado em: jan. 12, 2024.

DONG Y., PANG Y., SUN Z., DONG C., ZHANG Z. Assessment of portable chlorophyll meters for measuring crop leaf chlorophyll concentration. **Remote Sensing**. 11:2706. 2019. Disponível em:<<https://doi.org/10.3390/rs11222706>>. Acessado em: abr. 15, 2025.

DU JARDIN, P. Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. **Scientia Horticulturae**. 196:3–14. 2015. Disponível em:<<https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.021>>. Acessado em: abr. 15, 2025.

FERREIRA, E. B., CAVALCANTI, P. P., NOGUEIRA, D. A. ExpDes: an R package for ANOVA and experimental designs. **Appl. Math**. 5:2952–2958. 2014. Disponível em:<<https://doi.org/10.4236/AM.2014.519280>>. Acessado em: abr. 14, 2025.

HASHEM, H. A., MANSOUR, H. A., EL-KHAWAS, S. A., HASSANEIN, R. A. The potentiality of marine macro-algae as bio-fertilizers to improve the productivity and salt stress tolerance of canola (*Brassica napus* L.) plants. **Agronomy**. 9(3):146. 2019. Disponível em:<<https://doi.org/10.3390/agronomy9030146>>. Acessado em: mar. 20, 2025.

HJELJORD, L. G., TRONSMO, A. Effect of germination initiation on competitive capacity of *Trichoderma atroviride* P1 conidia. **Phytopathology**. 93:1593-1598. 2003. Disponível em:<<https://doi.org/10.1094/PHYTO.2003.93.12.1593>>. Acessado em: dez. 20, 2023.

KHARIM, M. N. A., KAYAT, F., RIDWAN, R. M., IDRIS, A. A. Predictive assessment of pineapple chlorophyll content using proximal sensing and visible bands through ground & UAV inspection. **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**. 1426:012001. 2024. Disponível em:<DOI: 10.1088/1755-1315/1426/1/012001>. Acessado em: dez. 23, 2024.

KUBIAK, A., WOLNA-MARUWKA, A., PILARSKA, A.A., NIEWIADOMSKA, A., PIOTROWSKA-CYPLIK, A. Fungi of the *Trichoderma* genus: Future perspectives of benefits in sustainable agriculture. **Applied Sciences**. 13(11):6434, 2023. Disponível em: <<https://doi.org/10.3390/app13116434>>. Acessado em: jan. 02, 2025.

KULBAT-WARYCHA, K., NAWROCKA, J., KOZŁOWSKA, L., ŻYŻELEWICZ, D. Effect of light conditions, *Trichoderma* fungi and food polymers on growth and profile of biologically active compounds in *Thymus vulgaris* and *Thymus serpyllum*. **International Journal of Molecular Sciences**. 25(9):4846. 2024. Disponível em: <<https://doi.org/10.3390/ijms25094846>>. Acessado em: jan. 25, 2025.

KUMARI, S., SEHRAWAT, K. D., PHOGAT, D., SEHRAWAT, A. R., CHAUDHARY, R., SUSHKOVA, S. N., VOLOSHINA, M. S., RAJPUT, V. D., SHMARAEVA, A. N., MARC, R. A., SHENDE, A. S. *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jolis, a Pivotal Biostimulant toward Sustainable Agriculture: A Comprehensive Review. **Agriculture**. 13:1179. 2023 Disponível em: <<https://doi.org/10.3390/agriculture13061179>>. Acessado em: jan. 25, 2025.

LACCHINE, D., CAMARGO, M. S., MURAISHI, C. M. T., TAVARES, T. O., MORAES, M. F., FERREIRA, J. P. MPM-100 Medidor Multi Pigmentos: instruções de uso e aplicações. **Comunicado Técnico 166**. Instituto Agronômico, Campinas. 2023. Disponível em: <<https://www.iac.sp.gov.br/publicacoes/>>. Acessado em: out. 10, 2024.

LEONARDO, F. D. A. P., PEREIRA, W. E., SILVA, S. M., COSTA, J. P. Content of chlorophyll and SPAD index in pineapple cv. vitória in function of organic-mineral fertilization. **Revista Brasileira de Fruticultura**. 35(2):377- 383. 2013. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbf/a/ZTbnvHqtYztRJBf4Xgpv7Rp/abstract/?lang=en>>. Acessado em: mai. 05, 2025.

MAHMUD, M., ABDULLAH, R., YAACOB, J. S. Effect of vermicompost on growth, plant nutrient uptake and bioactivity of ex vitro pineapple (*Ananas comosus* var. MD2). **Agronomy**. 10(9):1333. 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.3390/agronomy10091333>>. Acessado em: jan. 15, 2025.

MEDDICH, A. Biostimulants for Resilient Agriculture—Improving Plant Tolerance to Abiotic Stress: A Concise Review. **Gesunde Pflanzen**. 75:709–727. 2023. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s10343-022-00784-2>>. Acessado em: abr. 05, 2025.

MOREIRA, M., SILLMANN, T. A., SILVA, A. L. Uso do extrato de algas como potencializador da eficiência do cultivo de grãos. **Revista Foco**. 17(10):e6108.1–23. 2024. Disponível em: <<https://doi.org/10.54751/revistafoco.v17n10-007>>. Acessado em: mar. 28, 2025.

NASCIMENTO, V. C., RODRIGUES-SANTOS, K. C., CARVALHO-ALENCAR, K. L., CASTRO, M. B., KRUGER, R. H., LOPES, A. C. Trichoderma: biological control efficiency and perspectives for the Brazilian Midwest states and Tocantins. **Brazilian Journal of Biology**, 82:e260161. 2022. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/1519-6984.260161>>. Acessado em: jan. 15, 2025.

NUNES, R. O., DOMICIANO, G. A., ALVES, W. S., MELO, A. C. A., NOGUEIRA, F. C. S., CANELLAS, L. P., SOARES, M. R. Evaluation of the effects of humic acids on maize root architecture by label-free proteomics analysis. **Scientific Reports**. 9 (1):1-11. 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1038/s41598-019-48509-2>>. Acessado em: mai. 20, 2025.

NURFAIZ, M., PRATOMO, Y., ANJANI, G., PUTRI, E. R., RASYID, R. Predictive assessment of pineapple chlorophyll content using proximal sensing and visible bands through ground and UAV inspection. **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**. 1212:012014. 2024. Disponível em: <<https://doi.org/10.1088/1755-1315/1212/1/012014>>. Acessado em: jan. 30, 2025.

OLAETXEA, M., MORA, V., BACAICOA, E., GARNICA, M., FUENTES, M.; ZAMARREÑO, A. M. The plant growth-promoting effect of an *Ascomyces nodosum* (L.) extract derives from the interaction of its components and involves salicylic-, auxin- and cytokinin-signaling pathways. **Chemical and Biological Technologies in Agriculture**. 11:190. 2024. Disponível em:<<https://doi.org/10.1186/s40538-024-00707-5>>. Acessado em: mar. 28, 2025.

OLIVEIRA, G. C., VETTORAZZI, J. C. F., FERRAZ, D. R., BERILLI, S. S., SILVEIRA, L. F. V., FREITAS, S. P. Seaweed extract and endophytic fungi: alternatives for growing ‘Jupi’ pineapple plantlets. **Revista Caderno Pedagógico**. 22(1):1–20. 2025.

Disponível em:<<https://doi.org/10.54033/cadpedv22n1-045>>. Acessado em: jan. 30, 2025.

PATEL, J. S., SELVARAJ, V., MORE, P., BAHMANI, R., BORZA, T., PRITHIVIRAJ, B. A Plant Biostimulant from *Ascophyllum nodosum* Potentiates Plant Growth Promotion and Stress Protection Activity of *Pseudomonas protegens* CHA0. **Plants**. 12:1208. 2023. Disponível em:<<https://doi.org/10.3390/plants12061208>>. Acessado em: abr. 23, 2025.

RAMADA, M. H. S., LOPES, F. A. C., UHOA, C. J. *Trichoderma*: metabólicos secundários. 201-2019 Em: Meyer, M. C.; Mazaro, S. M.; Silva, J.C. da (org.). *Trichoderma*: uso na agricultura. Embrapa. Brasília, DF, BR. 2019. Disponível em:<<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1117296/trichoderma-uso-na-agricultura>>. Acessado em: jan. 30, 2025.

RAMOS, M. J. M., DA ROCHA PINHO, L. G. Physical and Quality Characteristics of Jupi Pineapple Fruits on Macronutrient and Boron Deficiency. **Natural Resources**. 5:359-366. 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.4236/nr.2014.58034>>. Acessado em: jan. 28, 2025.

REINHARDT, D. H. R. C., BARTHOLOMEW, D. P., SOUZA, F. V. D., CARVALHO, A. C. P., PÁDUA, T. R. P., JUNGHANS, D. T., MATOS, A. P. Advances in pineapple plant propagation. **Revista Brasileira de Fruticultura**. 40(6):1-22. 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/0100-29452018302>>. Acessado em: out. 16, 2024.

REIS, F. O., RAMOS, L. M., ARAÚJO, J. R. G., FIGUEIREDO, F. A. M. M. A., FERRAZ, T. M., ASSUNÇÃO, A. K. S., NEVES JUNIOR, A. C. V. Ecophysiological responses of 'Turiçu' pineapple plants at vegetative and reproductive stages to soil fertilization and crop location. **Ciência Rural**. 54(04):e20220592. 2024. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20220592>>. Acessado em: jan. 25, 2025.

SANTOS; I. L. N., COELHO, E. F., BARBOSA, D. H. S. G., LIMA, L. W. F., PÁDUA, T. R. P., JUNGHANS, D. T. Application of fertilizers and root enhancers by two irrigation systems on 'BRS imperial' pineapple. **Revista Brasileira de Fruticultura**.

44(3):e-882. 2022. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/0100-29452022882>>. Acessado em: mar. 23, 2025.

ȘESAN, T. E., OANCEA, A. O., ȘTEFAN, L. M., MĂNOIU, V. S., GHIUREA, M., RĂUT I., CONSTANTINESCU-ARUXANDEI, D., TOMA, A., SAVIN, S., BIRA, A. F., POMOHACI, C. M., OANCEA, F. Effects of Foliar Treatment with a *Trichoderma* Plant Biostimulant Consortium on *Passiflora caerulea* L. Yield and Quality. **Microorganisms**.168(1):123. 2020. Disponível em: <[doi:10.3390/microorganisms8010123](https://doi.org/10.3390/microorganisms8010123)>. Acessado em: mai. 18, 2025.

SHAKYA, R., CAPILLA, E., TORRES-PAGÁN, N., MUÑOZ, M., BOSCAIU, M., LUPUȚ, I., VICENTE, O., VERDEGUER, M. Effect of Two Biostimulants, Based on *Ascophyllum nodosum* Extracts, on Strawberry Performance under Mild Drought Stress. **Agriculture**. 13:2108. 2023. Disponível em: <<https://doi.org/10.3390/agriculture13112108>>. Acessado em: jan. 07, 2025.

SHUKLA, P. S., MANTIN, E. G., ADIL, M., BAJPAÍ, 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**. 10:655. 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00655>>. Acessado em: jan. 11, 2025.

SILVA, G. B. DA, RÊGO, M. C. F., FRANÇA, S. K. S. DE, SOUSA, T. P. DE, NASCENTE, A. S., LANNA, A. C., FILIPPI, M. C. C. DE, SOUZA, A. C. A. DE, ANDRADE, G. B. Uso do *Trichoderma* na cultura do arroz. In: Meyer, M. C.; Mazaro, S. M.; Silva, J. C. da (orgs.). *Trichoderma: uso na agricultura*. Brasília, DF: Embrapa. 14:349–359. 2019. Embrapa. Brasília, DF, BR. 2019. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1117296/trichoderma-uso-na-agricultura>>. Acessado em: jan. 30, 2025.

SOUZA MARCHI, E. C., SILVA, M. L., FREIRE, J. L. O., LOPES, G., SILVA, T. J. A. Desempenho fotossintético de abacaxis propagados in vitro sob diferentes intensidades luminosas e substratos. **Revista de la Facultad de Agronomía de La**

Plata. 121(1):040. 2022. Disponível em: <<https://revistas.unlp.edu.ar/revagro/article/view/14056>>. Acessado em: jan. 24, 2025.

TRIPATHY, S. N. Pineapple cultivation enhances global demand, economic potential, and livelihoods for the Dongria Kondh. **Horticulture International Journal**. 8(4):116–121. 2024. Disponível em: <<https://doi.org/10.15406/hij.2024.08.00313>>. Acessado em: mar. 29, 2025.

VAN OOSTEN, M. J., PEPE, O., DE PASCALE, S., SILLETTI, S., MAGGIO, A. The role of biostimulants and bioeffectors as alleviators of abiotic stress in crop plants. **Chemical and Biological Technologies in Agriculture**. 4(5). 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1186/s40538-017-0089-5>>. Acessado em: jan. 03, 2025.

VIANA, E. S., REIS, R. C., ROSA, R. C. C., PÁDUA, T. T. P., MATOS, A. P. Quality and sensory acceptance of ‘Pérola’ pineapple grown in soil with application of organic fertilizer. **Ciência Rural**. 49(07):e20170631. 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20170631>>. Acessado em: out. 19, 2024.

VIEIRA, D. A. P., PORTES, T. A., STACCIARINISERAPHIN, E., TEIXEIRA, J. B. Fluorescência e teores de clorofilas em abacaxizeiro cv. Pérola submetido a diferentes concentrações de sulfato de amônio. **Revista Brasileira de Fruticultura**. 32(2):360-368. 2010. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0100-29452010005000061>> Acessado em: jan. 30, 2025.

VILLALOBOS, D. P., FIGUEROA-RODRÍGUEZ, K. A., ESCOBAR-GUTIÉRREZ, A. J. Why do we need more research on pineapple (*Ananas comosus* L. Merr.)? A discussion based on a bibliometric review. **Revista Brasileira de Fruticultura**. 45:e-090. 2023. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/0100-29452023090>>. Acessado em: jan. 19, 2025.

WELLBURN, A. R. The Spectral Determination of Chlorophylls a and b, as well as Total Carotenoids, Using Various Solvents with Spectrophotometers of Different Resolution. **Journal Plant Physiology**. 144:307-313. 1994. Disponível em: <[https://doi.org/10.1016/S0176-1617\(11\)81192-2](https://doi.org/10.1016/S0176-1617(11)81192-2)>. Acessado em: jan. 03, 2025.

WIDJAJA PUTRA P., SONI P. Enhanced broadband greenness in assessing chlorophyll a and b, carotenoid, and nitrogen in Robusta coffee plantations using a digital camera. **Precision Agriculture**. 19:962–984. 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s11119-017-9552-7>>. Acessado em: jan. 25, 2025.

4. CONCLUSÕES

A aplicação de bioestimulantes naturais à base de *Ascophyllum nodosum* e *Trichoderma spp.* representa uma alternativa tecnicamente eficiente e ambientalmente viável para a produção sustentável de mudas de abacaxizeiro ‘Jupi’. A partir da avaliação de diferentes doses, verificou-se que concentrações intermediárias desses insumos proporcionaram ganhos significativos no desenvolvimento inicial das mudas, refletidos em melhorias nos atributos morfológicos, fisiológicos e fotossintéticos.

Destacaram-se, entre os resultados positivos, o acúmulo de biomassa na parte aérea e no sistema radicular, o incremento na área foliar e na arquitetura das raízes, bem como o aumento da eficiência fotossintética, evidenciado pelos teores de clorofila total, pela razão clorofila total/carotenoides e pelos valores do Índice de Qualidade de Dickson (IQD). Em contrapartida, o uso de doses elevadas desencadeou respostas adversas, como a redução dos teores de clorofila b e o acúmulo excessivo de carotenoides, sugerindo desequilíbrios metabólicos e indícios de estresse fisiológico.

Os resultados obtidos fornecem subsídios inéditos sobre o comportamento de mudas de abacaxizeiro frente à aplicação de *Ascophyllum nodosum* e *Trichoderma spp.*, ampliando o conhecimento sobre o uso de tecnologias biológicas no cultivo de frutíferas tropicais.

Por fim, esta tese estabelece uma base científica sólida para o desenvolvimento de novos estudos sob condições de campo, bem como para a formulação de estratégias de manejo integradas, envolvendo outros bioinsumos e microrganismos promotores de crescimento. Dessa forma, contribui-se para a construção de sistemas produtivos mais eficientes, que conciliem qualidade das mudas, sustentabilidade ambiental e maior autonomia tecnológica na cadeia produtiva do abacaxi.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS

- Akrami, M., Golzary, H., Ahmadzadeh, M. (2011) Evaluation of different combinations of *Trichoderma* species for controlling *Fusarium* rot of lentil. African Journal of Biotechnology. 10(14):2653-2658. <https://doi.org/10.5897/AJB10.1274>
- Aldon, E. T. (1998) Seaweeds: utilization and product applications. SEAFDEC Asian Aquaculture. 20:22-23. <http://hdl.handle.net/10862/1799>
- Bartholomew, D. P., Paul, R. E., Rohrbach, K. G. (2002) The Pineapple: Botany, Production and Uses. CABI Publishing. New York. p. 312.
- Basak, A. (2008) Effect of preharvest treatment with seaweed products, Kelpak® and Goëmar BM 86®, on fruit quality in apple. International Journal of Fruit Science, 8:1-14. <https://doi.org/10.1080/15538360802365251>
- Battacharyya, D., Babgohari, M. Z., Rathor, P.; Prithiviraj, B. (2015) Seaweed extracts as biostimulants in horticulture. Scientia Horticulturae. 196:39–48. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.012>
- Bulgari, R., Cocetta, G., Trivellini, A., Vernieri, P., Ferrante, A. (2015) Biostimulants and crop responses: a review. Biological Agriculture & Horticulture. 31:1-17. <https://doi.org/10.1080/01448765.2014.964649>
- Caetano, L. C. S., Ventura, J. A. (2018) Viveiro de mudas micropropagadas de abacaxizeiro. Documento nº 177. Incaper-ES. Vitória-ES. p. 6. Disponível em: <https://biblioteca.incaper.es.gov.br>.
- Chrysargyris, A., Xylia, P.; Anastasiou, M., Pantelides, I., Tzortzakis, N. (2018) Effects of *Ascophyllum nodosum* seaweed extracts on lettuce growth, physiology and fresh-cut salad storage under potassium deficiency. Journal of the Science of Food and Agriculture, 98:5861–5872. <https://doi.org/10.1002/jsfa.9139>

Cotxarrera, L., Trillas-Gay, M. I., Steinberg, C., Alabouvette, C. (2002) Use of sewage sludge compost and *Trichoderma asperellum* isolates to suppress *Fusarium* wilt of tomato. Soil Biology & Biochemistry. 34:467-476. <https://hal.inrae.fr/hal-02679301v1>

Di Stasio, E., Van Oosten, M. J., Silletti, S., Raimondi, G., Dell'Aversana, E., Carillo, P., Maggio, A. (2018) *Ascophyllum nodosum*-based algal extracts act as enhancers of growth, fruit quality, and adaptation to stress in salinized tomato plants. Journal of Applied Phycology, 30:2675–2686. <https://doi.org/10.1007/s10811-018-1439-9>

El Boukhari, M., Barakate, M., Bouhia, Y., Lyamlouli, K. (2020) Trends in Seaweed Extract Based Biostimulants: Manufacturing Process and Beneficial Effect on Soil-Plant Systems. Plants. 9:1-23. <https://doi.org/10.3390/plants9030359>

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2022) Data. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>. Acesso em: 6 de jun. 2022.

Fornes, F., Sanchez-Perales, M., Guardiola, J. L. (2002) Effect of a seaweed extract on the productivity of 'de Nules' Clementine mandarin and Navelina orange. Botanica Marina. 45:486–489. <https://doi.org/10.1515/BOT.2002.051>

Francelino, H. O. (2025) Biocontrole e promoção de crescimento com *Trichoderma* em abacaxizeiro. Doutorado em Produção Vegetal – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, RJ. 60 p.

Galeano, E. A. V., Ventura, J. A. (2018) Análise comparativa de custos de produção e avaliação econômica dos abacaxis “Vitória”, “Pérola” e “Smooth Cayenne”. Revista de Ciências Agrárias. 61:1–7. <http://dx.doi.org/10.22491/rca.2018.2765>

Gouda, S., Kerry, R.G., Das, G., Paramithiotis, S., Shin, H. S., Patra, J. K. (2018) Revitalization of plant growth promoting rhizobacteria for sustainable development in agriculture. Microbiological Research. 206:131–140. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2017.08.016>

Gupta, G., Parihar, S. S., Ahirwar, N. K., Snehi, S. K., Singh, V. (2015) Plant growth promoting Rhizobacteria (PGPR): Current and future prospects for development of sustainable agriculture. Journal of Microbial and Biochemical Technology. 7:96-102. <http://dx.doi.org/10.4172/1948-5948.1000188>

Harman, G. E., Howell, C. R., Viterbo, A., Chet, I., Lorito, M. (2004) Trichoderma species — opportunistic, avirulent plant symbionts. Nature Reviews Microbiology. 2:43–56. <https://doi.org/10.1038/nrmicro797>

Horrigan, L., Lawrence, R. S., Walker, P. (2002) How sustainable agriculture can Address the environmental and human. Environmental Health Perspectives. 110:445-456. <https://doi.org/10.1289/ehp.02110445>

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção Agrícola Municipal - PAM. Disponível em <<https://sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: 24 mai. 2024.

INCAPER – Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural. (2024). Programa de Assistência Técnica e Extensão Rural (PROATER 2020-2023) Marataízes. p.41.

Jannin, L., Arkoun, M., Etienne, P., Laîné, P., Goux, D., Garnica, M., Fuentes, M., Francisco, S. S., Baigorri, R., Cruz, F., Houdusse, F., Garcia-Mina, J.M., Yvin, J. C., Ourry, A. (2013) *Brassica napus* Growth is Promoted by *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jol. Seaweed Extract: Microarray Analysis and Physiological Characterization of N, C, and S Metabolisms Journal of Plant Growth Regulation. 32:31–52. <https://doi.org/10.1007/s00344-012-9273-9>

Jeffers, D. H., Chong J. (2021) Biological Control Strategies in Integrated Pest Management (IPM) Programs. Clemson (SC): Clemson Cooperative Extension, Land-Grant Press by Clemson Extension. LGP 1111. <https://lgpress.clemson.edu/publication/biological-control-strategies-in-integrated-pest-management-ipm-programs/>.

Khan, W., Rayith, U. P., Subramanian, S., Jithesh, N. M., Rayorath, P., Hodges, D. M., Critchley, A. T., Craigie, J. S., Norrie, J., Prithiviraj, B. (2009) Seaweed extracts as biostimulants of plant growth and development. *Journal of Plant Growth Regulation*. 28:386–399. <https://doi.org/10.1007/s00344-009-9103-x>

Korres, A. M. N., Buss, D.S., Ventura, J.A., Fernandes, P.M.B. (2011) *Candida krusei* and *Kloeckera apis* inhibit the causal agent of pineapple Fusariosis, *Fusarium guttiforme*. *Fungal Biology*. 115:1251–1258. <https://doi.org/10.1016/j.funbio.2011.09.001>

Lima, F. S. O., Nogueira, S. R., Holdefer, K. K. B., Araujo, J. D., Murashi, C. T. (2012) Promoção de crescimento e desenvolvimento inicial de mudas de abacaxi por *Trichoderma spp.* *Revista Integralização Universitária – RIU*. 5:57–63. [https://to.catolica.edu.br/revistas/index.php?journal=riu&page=article&op=view&path\[\]=313](https://to.catolica.edu.br/revistas/index.php?journal=riu&page=article&op=view&path[]=313)

Lima, L. D., Freitas, D. C. L., Cruz Júnior, N. R. F., Santos, É. de S., Wiggers, G. R., Soardi, K., Miranda, F. R. (2017) Resistência de cultivares de abacaxi à fusariose sob diferentes tratamentos. *Revista da Jornada da Pós-graduação e Pesquisa-Congrega Urcamp*, 2527-2538. <http://revista.urcamp.tche.br/index.php/rcjpgp/article/view/794>

Machado, L. C. (2024) Boro e alumínio no crescimento, teor nutricional e indicadores bioquímicos de estresse do abacaxizeiro. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, RJ, 128 p.

Madruga, Y. P., Padrón, I. L., Reyes-Guerreiro, Y. (2020) Algae as a natural alternative for the production of different crops. *Cultivos Tropicales*. 41:20. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362020000200009&lng=es&nrm=iso

Martin, T. J. G., Turner, S. J., Fleming, C. C. (2007) Management of the potato cyst nematode (*Globodera pallida*) with bio-fumigants/stimulants. *Communications in Agricultural Applied Biological Sciences*. 72:671–675.

Materese, F., Sarrocco, S., Gruber, S., Seidl-Seiboth, V., Vannacci, G. (2012) Biocontrol of *Fusarium* head blight: interactions between *Trichoderma* and *mycotoxigenic Fusarium*. *Microbiology*. 158:98-106. <https://doi.org/10.1099/mic.0.052639-0>

Matos, A. P. de; Reinhardt, D. H. (2009) Pineapple in Brazil: Characteristics, Research and Perspectives. *Acta Horticulturae*, 822:25-36. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2009.822.1>

Matos, A. P. de, Reinhardt, D. H., Sanches, N. F., Souza, L. F. da S., Teixeira, F. A., Júnior, J. E., Gomes, D. C. (2009) Produção de mudas sadias de abacaxi. Cruz das Almas, BA: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 12 p. (Circular Técnica, 89).

Matos, A. P., Cordeiro, Z. J. M. C., Haddad, F. (2012) Fusariose em fruteiras. XXII Congresso Brasileiro de Fruticultura. Bento Gonçalves-RS. p.19. <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/943722/1/FUSARIOSEEMFRUTIFERASCON01.pdf>

Matos, A. P., Junghans, D. T., Spironello, A. (2011) Variedades de abacaxi resistentes à fusariose. In: SEMANA INTERNACIONAL DA FRUTICULTURA E AGROINDÚSTRIA, 18.; AGROFLORES, 13. Fortaleza. Frutal: anais. p. 6. <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/902513/1/VARIEDADESABACAXIARISTOTELES.pdf>

Matos, A. P., Reinhardt, D. H., Sanches, N. F., Souza, L. F. S. S., Teixeira, F. A., Elias Júnior, J. (2009b) Produção de Mudanças Sadias de Abacaxi. Circular Técnica 89. Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical. Cruz das Almas - BA. p.12. <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/656133/1/circular-89-online.pdf>

Matos, A. P., Sanches, N. F., Teixeira, F. A., Elias Júnior, J. (2009c). Integrated management of fusariosis in pineapple fields under integrated production system. *Acta Horticulturae*. 822:199-204. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2009.822.24>

Mattner, S. W., Milinkovic, M., Ariolo, T. (2018) Increased growth response of strawberry roots to a commercial extract from *Durvillaea potatorum* and *Ascophyllum nodosum*. *J Appl Phycol*. 30:2943–2951. <https://doi.org/10.1007/s10811-017-1387-9>

Melo, T. A., Serra, I. M. R. S., Sousa, A. A., Sousa, T. Y. O., Pascholatti, S. F. (2018) Effect of *Ascophyllum nodosum* seaweed extract on post-harvest 'Tommy Atkins' mangoes. 40:1-12. <https://doi.org/10.1590/0100-29452018621>

Morandi, M. A. B., Bettiol, W. (2009) Controle biológico de doenças de plantas no Brasil. In: Bettiol, W.; Morandi, M. A. B. (Eds.). Biocontrole de Doenças de Plantas: Uso e Perspectivas. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente. p.07-14. <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/579954/biocontrole-de-doencas-de-plantas-uso-e-perspectivas>

Naboulsi, I., Aboulmouhajir, A., Kouisni, L., Bekkaoui, F., Yasri, A. (2018) Plants extracts and secondary metabolites, their extraction methods and use in agriculture for controlling crop stresses and improving productivity: A review. *Academia Journal of Medicinal Plants*. 6:223-240. <http://dx.doi.org/10.15413/ajmp.2018.0139>

Narladkar, B. W., Shivpuje, P. R., Harke, P. C. (2015) Fungal biological control agents for integrated management of *Culicoides spp.* (*Diptera: Ceratopogonidae*) of livestock. *Veterinary World*. 8:156-163. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2015.156-163>

Neumann, E. R., Resende, J. T. V., Camargo, Chagas, R. R., Lima Filho, R. B. (2017) Produção de mudas de batata doce em ambiente protegido com aplicação de extrato de *Ascophyllum nodosum*. Horticultura Brasileira. 35:490-498. <https://doi.org/10.1590/S0102-053620170404>

Nogueira, S. R., Lima, F. S. O., Rocha, E. M., Araújo, D. H.M. (2014) Fungicidas no controle de fusariose do abacaxi no estado de Tocantins, Brasil. Revista de Ciências Agrárias. 37:447-455. <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1007590/1/25428.pdf>

Nogueira, S. R., Rufino, C. P. B., Costa, K. K., Macedo, P. E. F., Rufino, P. B., Rufino, P. B. (2019) Produção de mudas de abacaxizeiro em substrato vegetal colonizado com *Trichoderma spp.* In: SEMINÁRIO DA EMBRAPA ACRE DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E PÓS-GRADUAÇÃO, 1., 2018, Rio Branco, AC. Pesquisa e inovação para a Agropecuária no Acre: anais. Rio Branco, AC: Embrapa Acre. p.77-82. <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1110988/1/26834.pdf>

Norrie, J., Branson, T., Keathley, P. E. (2002) Marine plant extracts impact on grape yield and quality. Acta Horticulturae. 594:315–319. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2002.594.38>

Oliveira, J. M. (2023) Produção orgânica de abacaxizeiro: influência do uso de composto orgânico e bioestimulantes. Doutorado em Produção Vegetal – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, RJ. 110 p.

Omidbakhshfard, M. A., Sujeeth, N., Gupta, S., Omranian, N., Guinan, K. J., Brotman, Y., Nikoloski, Z., Fernie, A. R., Mueller-Roeber, B., Gechev, T. S. (2020) A biostimulant obtained from the seaweed *Ascophyllum nodosum* protects *Arabidopsis thaliana* from severe oxidative stress. International Journal of Molecular Sciences. 21(2):1–26. <https://doi.org/10.3390/ijms21020474>

Orr, D. (2009) Biological Control and Integrated Pest Management. In: Peshin, R., Dhawan, A.K. (eds) Integrated Pest Management: Innovation-Development Process. Springer, Dordrecht. p.207-237. http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4020-8992-3_22

Pimentel, M. F., Arnão, E., Warner, A. J., Subedi, A., Rocha, L. F., Srour, A., Bond, J. P., Fakhoury, A. M. (2020) *Trichoderma* isolates inhibit *Fusarium viguliforme* growth, reduce root rot, and induce defense-related genes on soybean seedlings. Plant Disease. 104:1949-1959. <https://doi.org/10.1094/pdis-08-19-1676-re>

Reinhardt, D. H. R. C., Bartholomew, D. P., Souza, F. V. D., Carvalho, A. C. P. P., Pádua, T. R. P., Junghans, D. T., Matos, A. P. (2018) Advances in pineapple plant propagation. Revista Brasileira de Fruticultura. 40:22. <https://doi.org/10.1590/0100-29452018302>

Reinhardt, D. H., Cunha, G. A. P. (2006) A propagação do abacaxizeiro. 2. ed. rev. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 40p. (Coleção Plantar, 52).

Saccomori, N. L. (2021) Biestimulantes à base de extrato de algas marinhas na agricultura: Estado da arte e potencial de uso. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Biotecnologia) – Universidade Federal da Integração Latino-Americana, Foz do Iguaçu. 49p. <https://dspace.unila.edu.br/handle/123456789/6162>

Sales, M. D. C. S., Costa, H. B., Fernandes, P. M. B., Ventura, J. A., Meira, D. D. (2016) Antifungal activity of plant extracts with potential to control plant pathogens in pineapple. Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine. 6:26-31. <https://doi.org/10.1016/j.apjtb.2015.09.026>

Santos, B. A., Zambolim, L., Ventura, J. A., Vale, F. X. R. (2002) Severidade de isolados de *Fusarium subglutinans* f. sp. *ananas* sensíveis e resistentes ao benomyl em abacaxizeiro. Fitopatologia Brasileira. 27:101-103. <https://doi.org/10.1590/S0100-41582002000100018>

Santos, C., Ventura, J. A., Costa, H., Fernandes, P. M. B., Lima, N. (2015) MALDI-TOF MS to identify the pineapple pathogen *Fusarium guttiforme* and its antagonist

Trichoderma asperellum on decayed pineapple. Tropical Plant Pathology. 40:227-232.
<https://doi.org/10.1007/s40858-015-0027-7>

Santos, P. C. (2016) Ácidos húmicos, brassinosteroides, potássio e silício na otimização da produção de mudas de abacaxizeiro. Doutorado em Produção Vegetal – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, RJ, 97p.

Shekhar Sharma, H. S., Fleming, C., Selby, C., Rao, J. R., Matin, T. (2014) Plant biostimulants: A review on the processing of macroalgae and use of extracts for crop management to reduce abiotic and biotic stresses. Journal of Applied Phycology. 26:465–490. <https://doi.org/10.1007/s10811-013-0101-9>

Shukla, P. S., Shotton, K., Norman, E., Neily, W, Critchley, A. T., Prithiviraj, B. (2017) Seaweed extract improve drought tolerance of soybean by regulating stress-response genes. AoB Plants. 10:1-8. <https://doi.org/10.1093/aobpla/plx051>

Silva, S. E. L., Bermi, R. F., Souza, A. G. C., Souza, M. G., Tavares, A. M. (2004) Recomendações para plantio do abacaxi Jupí. Comunicado Técnico nº 24. Manaus - AM. Embrapa Amazônia Ocidental. 4p.
<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/675657>

Sonkar, P., Pritam, M. (2020) Dynamics of *Trichoderma spp.* against *Fusarium* wilt based on in vitro and in silico. Journal of Biopesticides. 13:97-102.
<http://dx.doi.org/10.57182/jbiopestic.13.1.97-102>

Sood, M., Kapoor, D., Kumar, V., Sheteiwy, M.S., Ramakrishnan, M., Landi, M., Araniti, F., Sharma, A. (2020) *Trichoderma*: The “Secrets” of a Multitalented Biocontrol Agent. Plants. 9:762. <https://doi.org/10.3390/plants9060762>

Spann, T. M., Little, H. A. (2011) Applications of a commercial extract of the brown seaweed *Ascophyllum nodosum* increases drought tolerance in container-grown “hamlin” sweet orange nursery trees. HortScience, 46:577–582. <http://dx.doi.org/10.21273/HORTSCI.46.4.577>

Spinelli, F., Fiori, G., Noferini, M., Sprocatti, M., Costa, G. A. (2010) A Novel type of seaweed extract as a natural alternative to the use of iron chelates in strawberry production. Scientia Horticulturae. 3:263–269. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2010.03.011>

Sun, G. M., Zhang, X. M., Soler, A., Marie-Alphonsine, P.A. (2016) Nutritional composition of pineapple (*Ananas comosus* (L.) Merr.). In: Nutritional composition of fruit cultivars. Londres Academic Press. 609-637. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-408117-8.00025-8>

Teixeira, C. A. D. (2020) Sistema de produção para a cultura do abacaxi no Estado de Rondônia. Embrapa Rondônia. Porto Velho - RO. 78p. <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1123953/1/cpafro-18430-SP38.pdf>

Trocoli, R. O. (2013) *Trichoderma*, biodiversidade e aplicação no controle da fusariose do abacaxizeiro: caracterização molecular de agentes de biocontrole (*Trichoderma spp.*) de *Fusarium guttiforme*. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Recôncovo da Bahia, Centro de Ciência Agrárias, Ambientais e Biológicas. 104p. <http://ri.ufrb.edu.br/jspui/handle/123456789/879>

Trocoli, R. O., Monteiro, F. P., Santos, P. O., Souza, J. T. (2017) Field applications of *Trichoderma* reduce pineapple fusariosis severity and increase fruit weight. Journal of Plant Pathology. 99:225-228. <http://dx.doi.org/10.4454/jpp.v99i1.3795>

Ventura, J. A., Zambolim, L. and Chaves, G. M. (1993) Integrated management system for pineapple *fusarium* disease control. Acta Horticulturae. 334:439-454. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1993.334.48>

Vilaplana, R., Pérez-Revelo; K., Valencia-Chamorro, S. (2018) Essential oils as an alternative postharvest treatment to control fusariosis, caused by *Fusarium verticillioides*, in fresh pineapples (*Ananas comosus*). Scientia Horticulturae, 238:255–263. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2018.04.052>

Wall, D., Nielsen, U., Six, J. (2015) Soil biodiversity and human health. Nature. 528:69–76. <https://doi.org/10.1038/nature15744>

Zerrifi; S. E. A., El Khalloufi, F., Oudra, B., Vasconcelos, V. (2018) Seaweed bioactive compounds against pathogens and microalgae: Potential uses on pharmacology and harmful algae bloom control. Marine Drugs, 16:1-22. <https://doi.org/10.3390/md16020055>

Zin, N. A., Badaluddin, N. A. (2020) Biological Functions of Trichoderma spp. for Agriculture Applications. Annals of Agricultural Sciences, 65:168-178. <https://doi.org/10.1016/j.aoas.2020.09.003>