Paubrasilia

VIII Simpósio Brasileiro de Restinga / II Workshop do PPBio Restinga Rede Beira-Mar
5–8 nov 2025; Porto Seguro, BA: UFSB

doi: 10.33447/paubrasilia.2025s.e0205s

2025;8(Supl):e0205s

Efeitos da temperatura e condição de luz na germinação e da colonização de isolados de *Trichoderma* sp. na promoção do crescimento de mudas de *Inga maritima* Benth.

Effects of temperature and light conditions on germination and effect of colonization of Trichoderma sp. isolates in promoting the growth of Inga maritima Benth. seedlings

Anna Beatriz Rodrigues[1,2,3] ✉, André Assis Bhering[1,3], Julia Moreira Otero[1,3], Leonardo Leal Venetás[1,3], Phellippe Arthur Santos Marbach[3,4] & Luiz Roberto Zamith[1,2,3]

1. Universidade Federal Fluminense, Instituto de Biologia, Laboratório de Ecologia Animal e Vegetal - Núcleo de Restauração de Ecossistemas Tropicais Terrestres, Niterói, Rio de Janeiro, Brasil

2. Programa de Pós-Graduação em Biologia Marinha e Ambientes Costeiros, Universidade Federal Fluminense

3. PPBio Restinga Rede Beira-Mar: Biodiversidade, Conservação e Uso das Restingas da Bahia e Espírito Santo

4. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, Bahia, Brasil

Palavras-chave:
Microrganismos. Restauração ecológica. Restinga.

Keywords:
Ecological restoration. Microorganisms. Restinga.

Recebido em: 21/09/2025
Aceito em: 22/10/2025

Editor responsável: Gleidson V. Marques (UFSB)

eISSN: 2595-6752

CC BY

Resumo

Inga maritima Benth. é espécie endêmica das restingas do Rio de Janeiro e do Espírito Santo, está enquadrada na categoria EN (Em perigo) e tem grande potencial para uso na restauração ecológica. *Trichoderma* é um gênero de fungo filamentoso que ocorre naturalmente nas restingas em associações com a flora. Apesar de bastante utilizado na agricultura, estudos relatando o uso de *Trichoderma* na produção de mudas nativas ainda são escassos. O presente estudo teve o objetivo de avaliar a germinação da espécie em diferentes condições de luz e temperatura e o efeito de seis isolados de *Trichoderma* sp. na sobrevivência e promoção do crescimento de *I. maritima*. Os resultados obtidos mostraram alta germinação nas condições estudadas e que ao menos um isolado de *Trichoderma* sp. promoveu maior crescimento inicial de *I. maritima*.

Abstract

Inga maritima Benth is an endemic species of the restingas of Rio de Janeiro and Espírito Santo, classified as Endangered (EN), and considered a priority species for ecological restoration. Trichoderma sp. is a genus of filamentous fungi that naturally occurs in restingas in association with native flora. Although widely applied in agriculture, studies addressing the use of Trichoderma sp. in the production of native seedlings remain scarce. This study aimed to evaluate the germination of I. maritima under different light and temperature conditions, as well as the effect of six Trichoderma sp. isolates on seedling survival and growth promotion. The results demonstrated high germination rates under the tested conditions and revealed that at least one Trichoderma isolate enhanced the early growth of I. maritima.

Introdução

Inga maritima Benth. (Fabaceae) é endêmica das restingas do estado do Rio de Janeiro, tem hábito arbustivo ou arbóreo e foi enquadrada como em perigo de extinção (EN) (Fernandez; Moraes, 2019), de acordo com os critérios da União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN, na sigla em inglês). As restingas podem ser entendidas como um conjunto de comunidades vegetais distribuídas em mosaico, associadas à depósitos arenosos costeiros quaternários que podem formar dunas e cordões arenosos paralelos separados por depressões e lagunas (Rizzini, 1979; Araujo, 1989; Lacerda et al., 1993; Conama, 2009). As restingas são classificadas como Áreas de Preservação Permanente (Brasil, 2012) devido à alta biodiversidade e aos serviços ecossistêmicos prestados, mas estão submetidas a diferentes níveis de degradação devido a diversos impactos antrópicos.

A espécie tinha sido enquadrada anteriormente como vulnerável (VU) por Martinelli e Moraes (2013) e esta revisão para uma categoria com maior grau de ameaça se deu principalmente devido à enorme perda de hábitat das restingas, principalmente devido a especulação imobiliária, extração de areia, turismo predatório, invasão por espécies exóticas e coleta seletiva de espécies para uso paisagístico e ornamental (Zamith; Scarano, 2006; Rocha et al., 2007). Os remanescentes de restinga onde a espécie ocorre encontram-se em constante ameaça e as unidades de conservação existentes não estão sendo suficientes para evitar o forte impacto antrópico (Carvalho, 2018), sendo fortemente recomendados esforços de pesquisa e conservação para evitar o risco de extinção da espécie (Fernandez; Moraes, 2019).

Porém, devido à enorme pressão que esses remanescentes vêm sofrendo, apenas a conservação não será suficiente, sendo necessárias ações de restauração ecológica para mitigar estas pressões. Por ser uma espécie com associações com bactérias fixadoras de nitrogênio, *I. maritima* tem grande potencial de uso em ações de restauração. Zamith (2007) obteve resultados promissores com o desempenho da espécie em plantio de restauração de restinga arbustiva fechada na Restinga da Marambaia, Rio de Janeiro. Suas altas taxas de sobrevivência e crescimento inicial relativamente rápido sugerem alta capacidade de sombreamento e remediação do solo degradado, benefícios ecológicos característicos de espécies de Fabaceae, que promovem o enriquecimento do solo (Canosa et al., 2012).

Apesar de diversas estratégias de restauração estarem sendo estudadas e experimentadas nas últimas décadas, o plantio de mudas é uma das estratégias mais bem consolidadas (Holl et al., 2000) e possivelmente seja a mais apropriada para a restauração de restingas, devido aos múltiplos estresses que as diferentes formações vegetais estão submetidas. Porém, a produção de mudas de muitas espécies nativas de restinga apresenta várias dificuldades, como o alto índice de predação de frutos e sementes, desaparecimento de certas formações de restinga com suas espécies características, baixa produção de frutos (Zamith; Scarano, 2004), além de lacunas de conhecimentos acerca da ecologia e melhores condições para germinação, estabelecimento e crescimento das diferentes espécies. Buscando contribuir para esta área de conhecimento, o projeto "Alternativas metodológicas de produção de mudas de espécies prioritárias para a restauração ecológica de restingas" associado ao Programa de Pesquisa em Biodiversidade (PPBIO): Rede Beira-Mar, busca desenvolver protocolos de produção de mudas para espécies prioritárias para a restauração de restingas, sendo a *Inga maritima* uma dessas espécies e, portanto, objeto do presente estudo.

Apesar do grande potencial de uso de *I. maritima* em ações de restauração ecológica, algumas dificuldades vêm sendo observadas para a produção de mudas. Além da destruição do habitat, que vem provocando consequentemente extinções locais e sua ocorrência restrita a poucas áreas, existe uma alta predação sobre suas sementes, fazendo com que boa parte das sementes coletadas estejam atacadas por larvas de insetos (Zamith; Scarano, 2004). Dados disponíveis sobre a germinação de sementes de *I. maritima* indicam germinação rápida, numa média de 14 dias e média de 33% de germinação, com geminação máxima de 70% (Zamith; Scarano, 2004) e germinação rápida, em menos de 30 dias e taxa de germinação maior que 50% (Bravin et al., 2020). Possivelmente essa grande variação no percentual de germinação possa ser explicado pelas diferentes condições disponibilizadas para as sementes, sendo importante conhecer melhor as exigências da espécie para sua germinação. A germinação é controlada por fatores físicos do ambiente como água, luz e temperatura e fatores bióticos como predação e patógenos, sendo que a combinação desses fatores influencia diretamente no estabelecimento das plântulas (Baskin; Baskin, 1988; Ghersa et al., 1992).

Considerando seu endemismo, grau de ameaça e importância na restauração, é importante fomentar diferentes estratégias para a produção de mudas, incluindo a inoculação com microrganismos promotores de crescimento (Ribeiro et al., 2023). Os fungos filamentosos do gênero *Trichoderma* Pers., da ordem Hypocreales, são um dos grupos mais comuns encontrados na rizosfera (Pacheco-Trejo et al., 2022; Vitali et al., 2024), sendo descritos em associações com a flora de restingas (Fraga et al., 2010; Freire et al., 2016). Estes microrganismos promovem o crescimento das mudas, combatem patógenos e pragas e diminuem os custos da produção, sendo uma alternativa de tecnologia sustentável para o melhoramento da produção de mudas (Ribeiro et al., 2023). A utilização destes fungos para fins de produção agrícola é bem descrita na literatura, entretanto, trabalhos explorando seu uso na produção de mudas de espécies nativas para uso na restauração ecológica ainda são escassos (Araújo et al., 2021; Panerai et al., 2022; Vitali et al., 2024).

Os mecanismos de interação de *Trichoderma* são diversos e complexos, variando de acordo com a espécie e com a planta envolvida na interação (Pacheco-Trejo et al., 2022). O presente trabalho teve como objetivo comparar a germinação de *Inga maritima* em diferentes condições de temperatura e luz e o crescimento inicial de mudas inoculadas com seis isolados de *Trichoderma* sp.

Material e Métodos

Frutos de *Inga maritima* foram coletados em 29 de novembro de 2024, no Parque Natural Municipal Nelson Mandela, localizado às margens da Lagoa de Marapendi, no bairro do Recreio dos Bandeirantes, na cidade do Rio de Janeiro (23° 01' 08,7" S, 43° 25' 56,2" W). O clima é quente e úmido, tipo Aw de Köppen-Geiger, com temperatura média anual de 23,6 ºC e precipitação anual de 1.363 mm (Climate Data 2022). Este parque está inserido em um dos bairros com maior expansão urbana nas últimas décadas e sofre impactos constantes como incêndios antrópicos, desmatamento e invasão por espécies exóticas. As sementes foram extraídas dos frutos, lavadas e colocadas para secar a sombra.

Ensaios de Germinação

No dia 04/12/2024, as sementes foram colocadas para germinar em caixas plásticas (11 x 11 x 3,5 cm) sobre 100 gramas de areia de restinga previamente esterilizada em autoclave a 120 ºC por 60 minutos. Quatro tratamentos foram testados para investigar o efeito da temperatura e da qualidade da luz na germinação: temperatura constante de 30 ºC em luz branca e luz vermelha e temperatura

alternada de 20-35 ºC em luz branca e luz vermelha. A condição de luz vermelha foi obtida envolvendo as caixas plásticas com duas folhas de papel celofane vermelho. Todos os tratamentos foram conduzidos em câmaras de germinação tipo BOD (Eletrolab, modelo EL 202/4G), com fotoperíodo de 12 h. Foram feitas quatro réplicas por tratamento usando 20 sementes por réplica. A germinação foi monitorada por 17 dias. Conforme iam germinando, os indivíduos eram retirados das câmaras de germinação e transplantados em bandejas plásticas com areia de restinga como substrato e permaneceram em condições de laboratório até o início do experimento em casa de vegetação.

Ensaio com a inoculação de isolados de *Trichoderma* sp.

Os isolados de *Trichoderma* spp. testados são macroscopicamente distintos e oriundos de diferentes amostras de serapilheira coletadas na Formação Florestal Não Inundável (FFNI) da APA de Guaibim, BA (INEMA, nº 00106153152) (Tabela 1). Frascos Erlenmeyer de 250 mL contendo 25 g de arroz e 20 mL de água destilada foram previamente autoclavados por 40 minutos. Após o resfriamento do arroz, três discos com 0,5 cm de diâmetro do micélio de cada isolado de *Trichoderma* sp., crescido em ágar extrato de Malte, foi adicionado ao frasco contendo arroz e incubado em Câmaras BOD (SOLAB, modelo SL-200) a 28 ºC, com fotoperíodo de 12 horas, pelo período de quatro a cinco dias. Os frascos foram agitados diariamente para obter uma colonização mais rápida e uniforme dos grãos de arroz. Todo procedimento foi realizado em condições assépticas. Os grãos de arroz colonizados foram enviados para o Laboratório de Ecologia Animal e Vegetal da Universidade Federal Fluminense acondicionados em placas de petri lacrados com filmes de PVC.

O experimento para testar o efeito dos isolados na sobrevivência e crescimento inicial de *Inga maritima* foi conduzido em casa de vegetação localizada no Campus Gragoatá da Universidade Federal Fluminense, situado no município de Niterói, Rio de Janeiro (22° 53' 54,6" S, 43° 07' 54,0" W). O clima é do tipo Aw de Köppen-Geiger, com temperatura média anual de 23,3 ºC e precipitação anual de 1.103 mm (Climate Data, 2022). A casa de vegetação estava coberta por sombrite 50%, filme de proteção UV e protegida da chuva. No dia seis de janeiro de 2025, 70 sacos plásticos para produção de mudas com volume de 300 mL foram preenchidos com substrato composto por duas partes de terra vegetal e uma parte de areia de restinga. Após umedecer o substrato, foram abertos dois orifícios de aproximadamente 1 cm de diâmetro em 10 sacos e em cada orifício foram adicionados três grãos de arroz colonizado de um determinado isolado de *Trichoderma* sp. e transplantado um indivíduo de *I. maritima*, posicionado cuidadosamente com o auxílio de uma pinça, evitando o enovelamento do sistema radicular. Portanto, cada tratamento com um determinado isolado de *Trichoderma* sp. foi testado em 10 réplicas, contendo dois indivíduos de *I. maritima* em cada réplica. O mesmo procedimento foi feito com os outros cinco isolados, sendo que todos os instrumentos utilizados para manipulação dos microrganismos e das plantas foram esterilizados com álcool e hipoclorito de sódio entre a manipulação dos diferentes isolados. Para o tratamento controle, os dois orifícios de cada um dos 10 sacos plásticos receberam apenas os dois indivíduos de *Inga maritima*. As 10 réplicas de cada tratamento foram dispostas de forma sistemática na casa de vegetação para evitar qualquer efeito de posicionamento nos resultados, isto é, todos os tratamentos tiveram o mesmo número de réplicas nas bordas e no interior do canteiro experimental (Figuras 1 e 2).

A irrigação foi realizada manualmente durante os 90 dias de experimento em casa de vegetação. Após o final do experimento, as mudas foram cuidadosamente retiradas do substrato em laboratório (Figura 3) e foi medido o diâmetro do colo com paquímetro digital e contados os números de folhas e de nós de cada indivíduo. Em seguida, foram separadas as partes aéreas e radiculares das plantas de cada réplica e colocadas em sacos de papel Kraft para secagem em estufa a 60 ± 5 ºC até atingir peso constante. Após a secagem, cada parte radicular e aérea de cada réplica, contendo as duas plantas, foi pesada em balança analítica digital com precisão de 0,0001 g.

Tabela 1. Identificação dos isolados de *Trichoderma* sp. coletados na APA de Guaibim, BA.

	Isolado de *Trichoderma* sp
Isolado 1	MON24M1
Isolado 2	MSR1(2)
Isolado 3	MTS32M4
Isolado 4	MON24M3
Isolado 5	MON24M2
Isolado 6	MSR1(1)

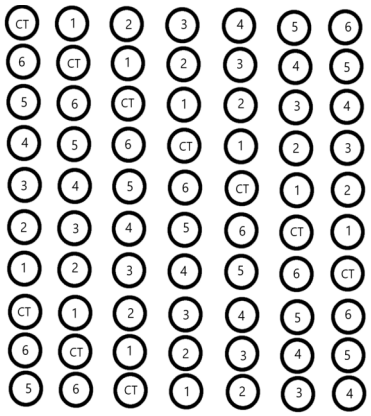


Figura 1. Distribuição das réplicas dos seis tratamentos com isolados de *Trichoderma* sp. e do tratamento controle na casa de vegetação.

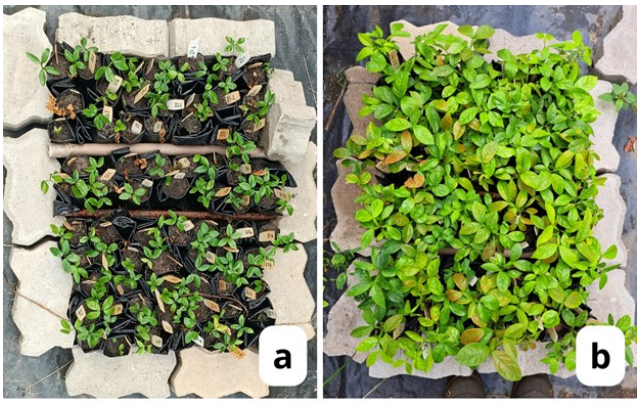


Figura 2. a. Indivíduos de *Inga maritima* recém transplantadas e inoculadas e b. 90 dias depois, ao final do experimento.

Análise dos dados

Os percentuais de germinação nos tratamentos com as duas condições de luz e de temperatura foram transformados pelo arcoseno da raiz quadrada e comparados através de Anova com duas fontes de variação e os índices de velocidade de germinação foram estimados segundo Maguire (1962) e também comparados através de Anova com duas fontes de variação.

A sobrevivência em cada tratamento com diferentes isolados de *Trichoderma* sp. foi calculada levando em conta o número inicial de 20 indivíduos por tratamento. Porém, devido à mortalidade de alguns indivíduos que fizeram com que algumas réplicas ficassem com apenas um indivíduo, selecionamos apenas seis réplicas para as comparações de crescimento entre os tratamentos, todas contendo dois indivíduos ao final do experimento. Para os tratamentos que possuíam mais de seis réplicas com dois indivíduos vivos ao final do experimento, o critério de seleção excluiu de forma sequencial o indivíduo com a menor biomassa, o indivíduo com a maior biomassa, o indivíduo com a segunda menor biomassa e o indivíduo com a segunda maior biomassa. Dessa forma, todos os tratamentos foram comparados com seis réplicas, todas contendo dois indivíduos.

Como as medições de biomassa das partes aéreas e radiculares foram feitas conjuntamente para os dois indivíduos de cada réplica, os resultados foram divididos por dois para estimar a biomassa de cada planta. Apenas para a comparação de biomassa total foi necessária a transformação logarítmica dos dados para obter normalidade. As comparações estatísticas das médias entre os tratamentos foram realizadas por Análise de Variância (ANOVA) seguidas pelo teste *a posteriori* de Tukey ($p < 0,05$). Os testes e figuras foram feitos através do programa estatístico GraphPad Prism 5 (GraphPad Software, Inc.,San Diego, CA, USA, Version 5.01, 2007).

Resultados

Germinação

A germinação das sementes de *I. maritima* teve início dois dias após o início do experimento e terminou no décimo terceiro dia. Não foram encontradas diferenças significativas entre os percentuais de germinação de todos os tratamentos testados, sendo todos superiores a 90% e entre os índices de velocidade de germinação (Tabela 2).

Tabela 2. Médias e desvio padrão dos percentuais de germinação e dos índices de velocidade de germinação de *Inga maritima* nas diferentes condições de temperatura e luz testadas.

	Percentual de Germinação	Índice de Velocidade de Germinação
Luz vermelha 20-35 ºC	95,0 ± 2,0	3,863 ± 0,145
Luz vermelha 30 ºC	95,0 ± 2,0	3,869 ± 0,212
Luz branca 20-35 ºC	91,3 ± 2,4	3,751 ± 0,232
Luz branca 30 ºC	93,8 ± 1,3	3,730 ± 0,285

Ensaio com a inoculação de isolados de *Trichoderma* sp.

Considerando as 10 réplicas com todos os 20 indivíduos para cada tratamento, todos os isolados apresentaram taxas de sobrevivência mais altas que o controle, sendo que o isolado 4 obteve taxa de sobrevivência de 100% (Tabela 3).

Tabela 3. Percentual de sobrevivência de *Inga maritima* no tratamento controle e nos tratamentos com os seis isolados de *Trichoderma* sp.

	Percentual de sobrevivência (%)
Controle	75
Isolado 1	80
Isolado 2	95
Isolado 3	95
Isolado 4	100
Isolado 5	80
Isolado 6	90

Todos os tratamentos com plantas inoculadas com os isolados de *Trichoderma* sp. apresentaram médias de biomassa seca total e biomassa seca de parte aérea maiores que o tratamento controle (Tabela 4), porém só foram encontradas diferenças significativas entre a biomassa seca total do isolado 3 que foi maior que a do isolado 5 e que a do tratamento controle ($F = 4,84$; $p < 0,01$) (Figura 4 a) e entre a biomassa seca da parte aérea dos isolados 3, 4 e 6 que foram maiores que a do tratamento controle ($F = 4,50$; $p < 0,001$) (Figura 4 b). A biomassa seca da parte radicular do isolado 3 diferiu significativamente das biomassas dos isolados 5 e 6 ($F = 3,50$; $p < 0,01$) (Figura 4 c). Não foram encontradas diferenças significativas entre os diâmetros, entre o número de folhas e entre o número de nós.

Tabela 4 – Médias ± desvio padrão da biomassa seca total (PT) biomassa seca de parte aérea (PA), biomassa seca de parte radicular (PR), razão de biomassa seca de parte aérea pela biomassa seca de parte radicular, número de folhas e número de nós.

	PT (g)	PA (g)	PR (g)	PA/PR	nº folhas	nº nós
Controle	0,5542	0,3303	0,2239	1,48	10,08	5,5
Isolado 1	0,6894	0,4313	0,2581	1,75	12,17	5,7
Isolado 2	0,6814	0,4166	0,2649	1,61	12,83	6,3
Isolado 3	0,7994	0,5097	0,2897	1,80	14,33	5,67
Isolado 4	0,7036	0,4542	0,2494	1,83	12,0	4,75
Isolado 5	0,6098	0,4148	0,1950	2,30	11,0	5,25
Isolado 6	0,6703	0,4709	0,1995	2,39	13	5,25

Foram encontradas diferenças significativas entre a razão da biomassa seca da parte aérea e da parte radicular. Para os isolados 5 e 6 a razão foi significativamente maior que a do controle e para o isolado 6 a razão foi também maior que a do isolado 2 ($F = 4,04$, $p < 0,01$) (Figura 5). Os isolados 5 e 6 apresentaram uma razão > 2, o que indica uma priorização de alocação para a parte aérea e um pior desenvolvimento de raízes nesses tratamentos (Tabela 2).

Discussão

Germinação

O Parque Natural Municipal Nelson Mandela, onde as sementes foram colhidas para este estudo, é uma Unidade de Conservação municipal localizada numa área de forte crescimento urbano com intenso uso da praia vizinha por grande quantidade de banhistas, principalmente nos finais de semana, feriados e períodos de férias, o que provoca diversos impactos como desmatamento, incêndios de origem antrópica e invasão por espécies exóticas, que vem afetando drasticamente sua biodiversidade, colocando em risco várias espécies, incluindo *I. maritima*. De fato foi observada uma baixa densidade da espécie na área e, como em várias outras restingas do Brasil, percebe-se que a simples criação de uma unidade de conservação não está assegurando a conservação da

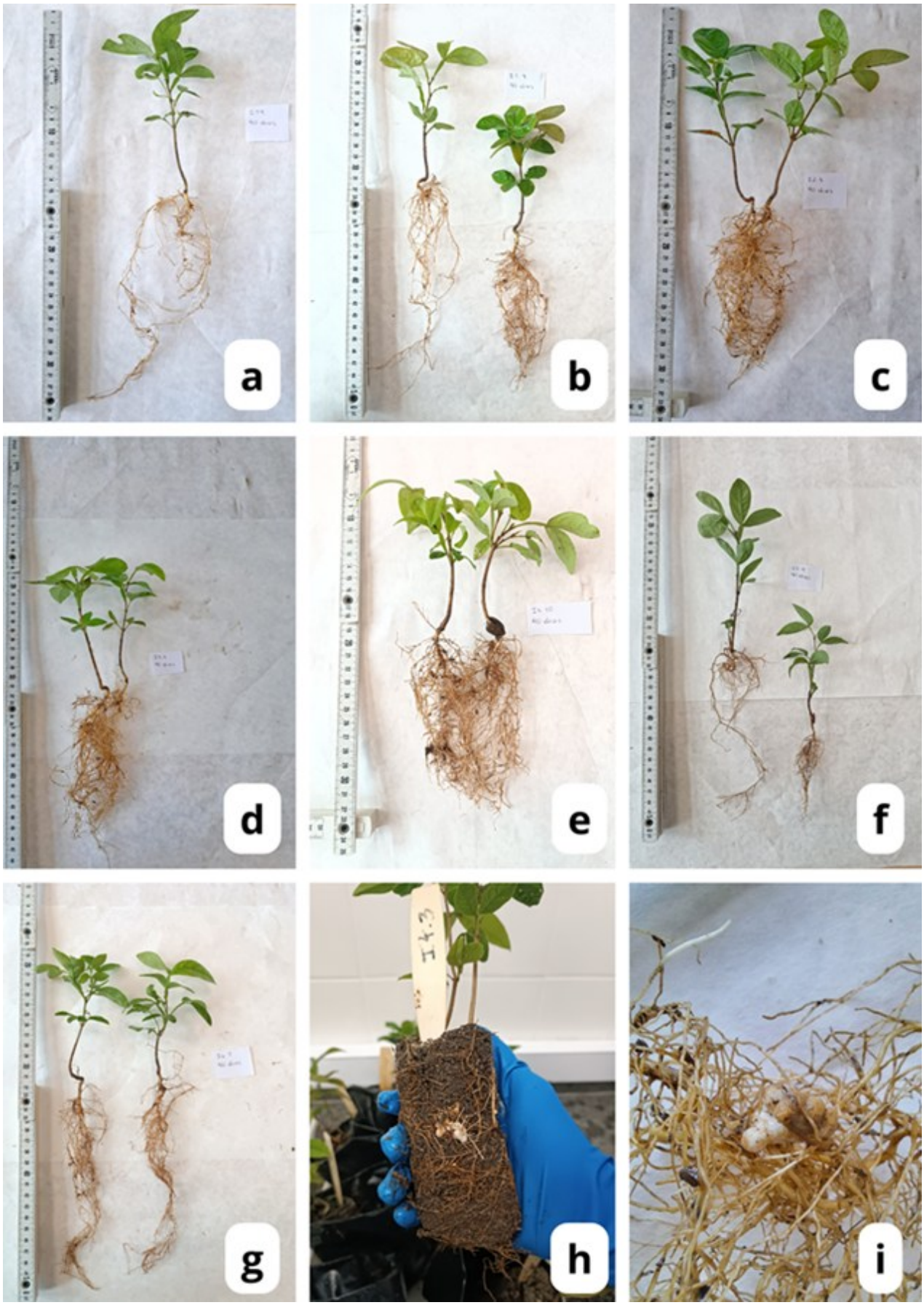


Figura 3. Indivíduos de *Inga maritima* retirados do substrato após 90 dias de experimento. a. Réplica do tratamento controle, apenas um indivíduo sobrevivente na réplica, raiz pouco desenvolvida. b. Réplicas do isolado 1. c. Réplicas do isolado 2, raízes bem desenvolvidas e unidas. d. Réplicas do isolado 3, raízes unidas. e. Réplicas do isolado 4, raízes unidas. f. Réplicas do isolado 5, raízes pouco desenvolvidas. g. Réplicas do isolado 6. h e i. Raízes bem desenvolvidas e nódulos nas mudas inoculadas.

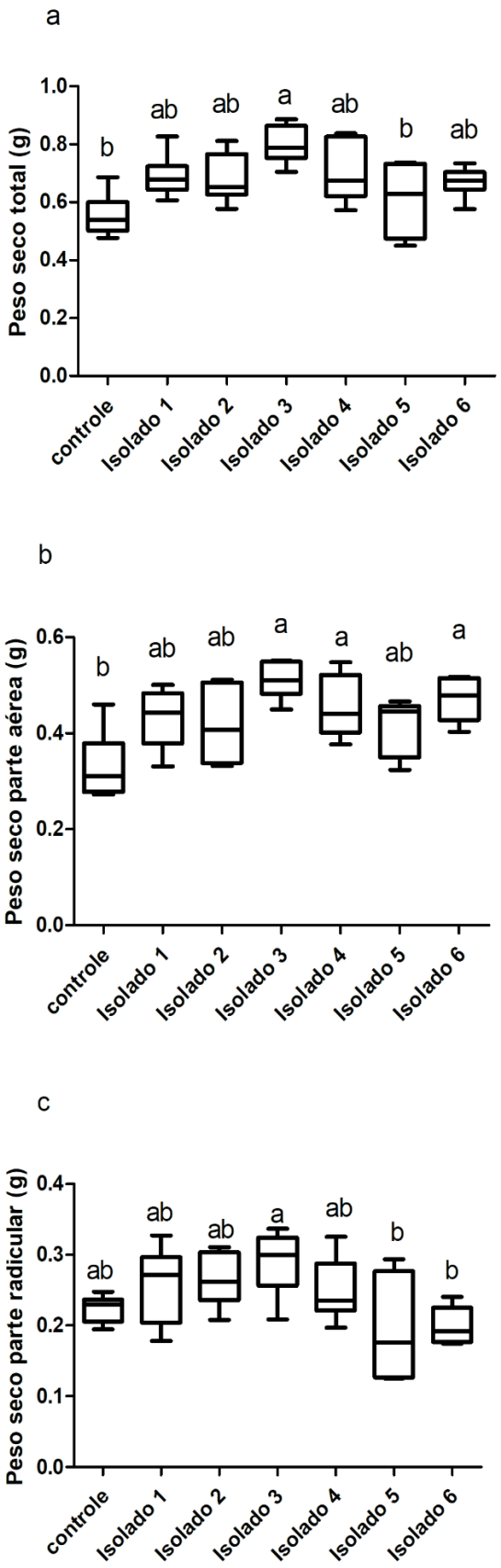


Figura 4. Biomassa seca dos tratamentos com os seis isolados de *Trichoderma* sp. e do tratamento controle. a. Biomassa total. b. Biomassa da parte aérea. c. Biomassa da parte radicular. Letras diferentes significam diferenças estatísticas entre as médias de acordo com o Teste de Tukey ($p < 0,05$).

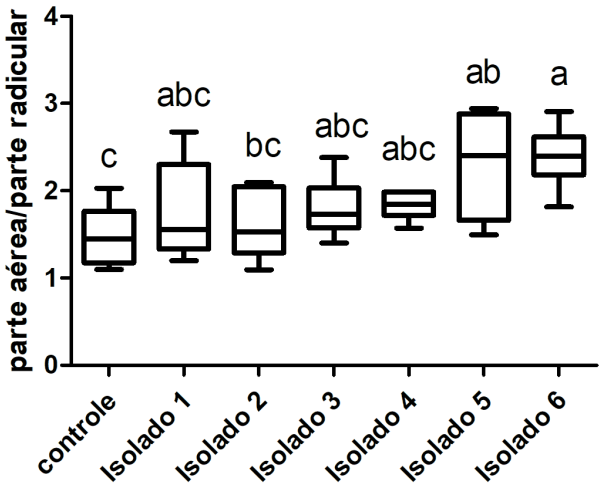


Figura 5. Razão da biomassa seca da parte aérea pela biomassa seca da parte radicular dos tratamentos com os seis isolados de *Trichoderma* sp. e do tratamento controle. Letras diferentes significam diferenças estatísticas entre as médias de acordo com o Teste de Tukey ($p < 0,05$).

biodiversidade existente, já que outras medidas importantes não estão sendo efetivadas.

Comparando a viabilidade para a produção de mudas de espécies de restinga do município do Rio de Janeiro, Zamith e Scarano (2004) encontraram restrições para *I. maritima,* devido a sua ocorrência em apenas algumas das áreas estudadas e a alta predação sobre frutos e sementes. Não encontramos muitos frutos predados nas coletas realizadas para este estudo, o que pode sugerir diminuição da fauna no Parque por conta das inúmeras pressões que vem sofrendo. Os fatores limitantes pontuados por Zamith e Scarano (2004) são preocupantes, especialmente para uma espécie em perigo de extinção (Fernandez; Moraes, 2019), onde a estratégia de produção de mudas em viveiros e posterior plantio em áreas protegidas é promissora para sua conservação. Baixa densidade de indivíduos reprodutivos e muitos frutos e sementes predados resultarão numa menor quantidade de sementes viáveis coletadas e para mitigar estas restrições será fundamental proporcionar as condições mais favoráveis para a germinação das poucas sementes viáveis obtidas.

Os percentuais de germinação acima de 91% obtidos neste estudo, em temperatura alternada de 20-35 ºC e em temperatura constante de 30 ºC e sob luz vermelha e sob luz branca, sugerem que estas condições são especialmente favoráveis para *I. maritima*. Estes resultados foram superiores aos de Zamith e Scarano (2004), que obtiveram um máximo de 70% de germinação e uma grande amplitude de variação nessa porcentagem (2-70%) e de Bravin et al. (2020) que relatam germinação maior que 50%, ambos em condições de viveiro.

Além dos maiores percentuais de germinação, as condições de luz e temperatura testadas proporcionaram uma germinação mais rápida, com início após o segundo dia e com a maior parte das sementes já germinadas após o quinto dia. Zamith e Scarano (2004), observaram a emergência da parte aérea variando de 8 a 23 dias, em condições de viveiro. Essa germinação rápida caracteriza a semente de *I. maritima* como heterodoxa ou recalcitrante, sendo indicado que as sementes sejam colocadas para germinar logo após a colheita.

Os resultados obtidos neste estudo sugerem que a utilização do ambiente controlado dos germinadores, com as condições ideais de temperatura e luz, pode aumentar a percentagem e velocidade de germinação de *I. maritima,* possibilitando um maior aproveitamento das sementes viáveis obtidas.

Ensaio com a inoculação de isolados de *Trichoderma* sp.

Todos os tratamentos com os isolados proporcionaram uma maior sobrevivência das plantas que o tratamento controle, embora o delineamento não tenha possibilitado avaliar a significância estatística deste resultado. As maiores sobrevivências foram obtidas nos tratamentos com os isolados 3 e 4.

Porém, para o crescimento em biomassa seca, os resultados deste experimento mostraram que o isolado 3 apresentou valores maiores que o tratamento controle, com significância estatística, para dois dos três parâmetros testados sugerindo que este isolado tenha alguma eficiência na promoção de crescimento. Os isolados 4 e 6 mostraram diferenças estatisticamente significativas em relação ao tratamento controle apenas para a biomassa seca de parte aérea. Os demais isolados não diferiram do tratamento controle em nenhum parâmetro avaliado para a biomassa seca. Não foram encontradas diferenças estatísticas entre os isolados e o tratamento controle para os parâmetros de diâmetro do colo, número de folhas e número de nós.

O presente estudo é o primeiro a investigar o efeito de isolados de *Trichoderma* sp. em associação com *Inga maritima.* Vitali et al. (2024) realizaram experimentos de inoculação de *Trichoderma sp.* em outra espécie do gênero, *Inga laurina* (Sw.) Willd., observando que a média da massa seca total dos indivíduos inoculados (0,22 ± 0,03 g) foi maior que a dos não inoculados (0,19 ± 0,02 g), porém sem grande diferença estatística. A duração do experimento foi de apenas 21 dias, bem mais curto que os 90 dias de nosso estudo, e pode ter sido insuficiente para observação de efeitos significativos. O tempo experimental tem grande significância, como demonstra o estudo de Ribeiro et al. (2023) que estudando a inoculação em *Apuleia leiocarpa* (Vogel) J. F. Macbr. (Fabaceae), não obtiveram diferença estatística significativa entre a massa seca da parte aérea e a massa seca da parte da raíz entre os tratamentos inoculados e controle após 30 dias de experimento, mas essas diferenças ocorreram após 60 dias. Os mesmos autores, testando outras duas espécies pertencentes à família Fabaceae (*Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby e *Enterolobium maximum* Ducke), observaram diferenças estatisticamente significantes ao utilizar duas espécies de *Trichoderma* sp. na promoção do crescimento, com 60 dias de experimentação. Para todas as três espécies o desempenho na presença dos isolados foi superior e para *A. leiocarpa* houve diferença de desempenho entre os dois isolados utilizados. Os 90 dias de observação utilizados neste estudo possivelmente foram adequados para analisar os efeitos dos isolados de *Trichoderma* sp. no crescimento de mudas de *I. maritima.*

Ambos os estudos citados, utilizaram cepas comerciais específicas de *Trichoderma* sp. já conhecidas e muito utilizadas pelas indústrias da agricultura e de biocombustíveis: *Trichoderma harzianum* (Vitali et al., 2024), *Trichoderma virens* e *Trichoderma asperelloides* (Ribeiro et al., 2023). O presente estudo é pioneiro ao utilizar cepas de isolados coletados em diferentes formações vegetais da restinga da APA de Guaibim, Bahia, realizando um processo de *screening* preliminar para selecionar aquelas com desempenhos indicativos de seu potencial para uso em larga escala na produção de mudas.

A razão PA/PR (parte aérea/parte radicular) expressa o equilíbrio entre a parte que perde água (folhas) e a que absorve (raízes), portanto, é um parâmetro de grande importância, especialmente para plantios em áreas com condição de déficit hídrico (Birchler et al., 1998; Melo et al., 2018), como é o caso das restingas. Um acúmulo maior de biomassa aérea em comparação com a biomassa das raízes em plantas inoculadas com *Trichoderma* spp, como ocorreu no presente estudo, já foi observado em outras espécies. Ribeiro et al. (2023) encontraram este resultado para *S. amazonicum* e *A. leiocarpa* e apenas *E. maximum* apresentou valores maiores para a parte radicular nos isolados após 60 dias.

A amplitude da diferença nesta razão encontrada para os isolados 5 e 6 no presente estudo pode indicar um possível estresse. Em um ambiente como as restingas, que estão submetidas a intensos déficits hídricos, é vantajoso um maior desenvolvimento das raízes. Estes resultados obtidos para os isolados 5 e 6 apontam para uma priorização de alocação de biomassa na parte aérea, o que poderia ser vantajoso se o objetivo fosse a produção de folhas para fins alimentícios, por exemplo. Entretanto, para a finalidade de produção de mudas para a restauração de restingas, estes resultados não parecem ser desejáveis, pois aumentam o risco de estresse hídrico e limitam a sustentação da planta e a absorção de nutrientes (Birchler et al., 1998; Melo et al., 2018). Em um contexto de limitação de água e nutrientes, raízes pequenas significam menor resistência à seca. Por outro lado, uma parte aérea mais desenvolvida é considerado um fator decisivo para o desempenho das mudas em relação ao crescimento e sobrevivência em campo (Melo et al., 2018), uma vez que mudas mais robustas terão mais resistência frente a fatores abióticos como o vento, fator especialmente importante em restingas. Portanto, o resultado obtido com o isolado 3 seria o mais adequado. A maior biomassa total no isolado 3 sugere um benefício geral proporcionado por este isolado do *Trichoderma* sp., provavelmente associado ao melhor uso dos nutrientes (Ribeiro et al., 2023). O alto valor de PA para este isolado também indica uma eficiência no manejo de luz e nutrientes.

Conclusão

Os altos percentuais e a rápida velocidade de germinação em temperatura alternada (20-35 ºC) e em temperatura constante (30 ºC) e sob luz vermelha ou luz branca, indicam que estas condições favorecem a germinação de *Inga maritima* possibilitando um melhor aproveitamento das sementes obtidas, fator relevante considerando se tratar de espécie ameaçada de extinção, com baixa densidade nas áreas de ocorrência e com sementes e frutos muito predados.

A inoculação de ao menos um dos isolados de *Trichoderma* sp. testado (MTS32M4), foi eficiente na promoção do crescimento e diminuição da mortalidade de *Inga maritima.* Recomenda-se estudos futuros para analisar se a utilização deste e de outros isolados que também mostraram resultados positivos (MON24M3) poderiam ter resultados positivos num prazo maior e também sugerimos estudos futuros que avaliem o desempenho das mudas inoculadas após transplante em campo.

O conhecimento das condições de temperatura e de luz favoráveis para uma taxa de germinação mais elevada e mais rápida

e o conhecimento de isolados de *Trichoderma* sp. que associados com plantas de *Inga maritima* possam aumentar sua sobrevivência e crescimento irão contribuir fortemente para a produção de mudas para plantios de restauração, estratégia reconhecidamente eficaz para mitigar as ameaças que a espécie está sujeita.

Agradecimentos

Às parceiras e aos parceiros de pesquisa do Laboratório de Ecologia Animal e Vegetal (LEAV), do PPBio Rede Beira-Mar e do Instituto de Biologia da Universidade Federal Fluminense.

Financiamento

Projeto vinculado ao PPBIO: Rede Beira-Mar: Biodiversidade, Conservação e Uso das Restingas da Bahia e Espírito Santo, Processo: 441250/2023-8, contemplado pelo edital Chamada CNPq/MCTI/FNDCT No 07/2023 - Desenvolvimento de Ações Estratégicas para Políticas em Biodiversidade no âmbito do Programa de Pesquisa em Biodiversidade (PPBio), com bolsa de Iniciação Científica concedida a André Bhering e Julia Otero, e bolsa SET-H a Leonardo Venetás. A primeira autora, Anna Beatriz Rodrigues, é bolsista pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), processo nº 88887.000738/2024-00, no Programa de Pós-graduação em Biologia Marinha e Ambientes Costeiros da Universidade Federal Fluminense (PBMAC/UFF).

Contribuições de autoria

Conceitualização: ABR, AAB, PASM, JMO, LLV, LRZ. Curadoria de dados: ABR, AAB, JMO, LLV. Análise formal: ABR, LRZ. Aquisição de financiamento: ABR, AAB, PASM, JMO, LLV, LRZ. Investigação: ABR, AAB, JMO, LLV, LRZ. Metodologia: PASM, LRZ. Administração do projeto: LRZ. Recursos: ABR, AAB, JMO, LLV, LRZ. Programas: ABR, LRZ. Supervisão: LRZ. Validação: LRZ. Visualização: ABR,LRZ. Redação - rascunho original: ABR. Redação - revisão e edição: ABR, LRZ.

Conflitos de interesse

Os autores declaram não haver conflitos de interesse a informar.

Disponibilidade dos dados

Os dados integrais analisados durante o estudo atual podem ser fornecidos mediante solicitação justificada à autora para correspondência.

Conformidade ética

Não se aplica.

Referências

Araújo AVLS, Rodrigues JIM, Vieira LR, Martins WBR, Oliveira FA. Efeitos da aplicação de *Trichoderma* spp. no crescimento de mudas de ipê roxo (*Handroanthus impetiginosus* Mart). In: Anais do II Congresso Brasileiro Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia [Internet]; 2021 Ago 30-Set 03; Evento Online. 2021 [citado 2025 Out 14]. p. 1-5]. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/354381593

Araujo DSD. Preservation of "Restinga" ecosystems. In: Figueiredo MRC, Chao NL, Kirby-Smith W, editores. Proceedings of the International Symposium on Utilization of Coastal Ecosystems: Planning, Pollution and Productivity. 2nd ed. Rio Grande: Fundação Universidade do Rio Grande, Duke University Marine Laboratory; 1989. p. 89-98.

Baskin CC, Baskin JM. Germination ecophysiology of herbaceous plant species in a temperate region. Am J Bot. 1988;75(2):286-305. doi: 10.1002/j.1537-2197.1988.tb13441.x

Birchler T, Rose RW, Royo A, Pardos M. La planta ideal: revision del concepto, parametros definitorios e implementacion practica. Invest Agrar: Sist Recur For. 1998;7(1):109-21.

Brasil. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; e revoga as Leis nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001. Diário Oficial da União [da] República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 28 maio 2012. Seção 1, p.1.

Bravim JP, Silva LG, Braz MIG, Nogueira RT, Silva VG. Manual de produção de mudas: Espécies nativas do bioma Mata Atlântica. Rio de Janeiro: Horto Municipal Carlos Toledo Rizzini, Prefeitura do Rio de Janeiro; 2020.

Canosa GA, Faria SM, Moraes LFD. Leguminosas florestais da Mata Atlântica brasileira fixadoras de nitrogênio atmosférico [Internet]. Seropédica: Embrapa; 2012 [citado 2025 Out 10]. Disponível em: https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1090428/1/COT144LeguminosasflorestaisdaMataAtlantica.pdf

Carvalho ASR, Andrade ACS, Sá CFC, Araujo DSD, Tierno LR, Fonseca-Kruel VS. Restinga de Massambaba: vegetação, flora, propagação e usos. Rio de Janeiro: Vertente Edições; 2018.

Climate Data [Internet]. 2022 [citado 2025 Set 20]. Rio de Janeiro. Disponível em: https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/rio-de-janeiro/rio-de-janeiro-853/

Climate Data [Internet]. 2022 [citado 2025 Set 20]. Niterói. Disponível em: https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/rio-de-janeiro/niteroi-1772/

Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 417, de 23 de novembro de 2009. Dispõe sobre parâmetros básicos para definição de vegetação primária e dos estágios sucessionais secundários da vegetação de Restinga na Mata Atlântica e dá outras providências [Internet]. Brasília; 2009 [citado 2025 Set 19]. Disponível em: https://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=598

Fernandez E, Moraes M. *Inga maritima* (FABACEAE) [Internet]. Lista vermelha da flora brasileira: Centro Nacional de Conservação da Flora/Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro; [citado 2025 Set 19]. Disponível em: https://proflora.jbrj.gov.br/html/Inga%20maritima_2019.html

Fraga ME, Pereira MG, Souza FA. Micobiota do solo de uma área de duna na Restinga da Marambaia, Rio de Janeiro, RJ. Floresta Ambient. 2010;17(1):30-6. doi: 10.4322/floram.2011.007

Freire M, Dias VM, Coutinho H, Hernandez GAF, Tavares LP. Bioprospecção da flora fúngica endofítica da Reserva de Jurubatiba. Persp. online: biol. & saúde. 2016;6(21):6-13. doi: 10.25242/886862120161022

Ghersa CM, Beneth-Arnold RL, Martinez-Chersa MA. The role of fluctuating temperatures in germination and establishment of *Sorghum hapelense*. Regulation of germination at increasing depths. Funct Ecol. 1992;6(4):460-8. doi:10.2307/2389284

Holl KD, Loik ME, Lin EHV, Samuels IA. Tropical Montane forest restoration in Costa Rica: Overcoming barriers to dispersal and establishment. Restor Ecol. 2000;8(4):339-49. doi: 10.1046/j.1526-100x.2000.80049.x

Lacerda LD, Araujo DSD, Maciel NC. Dry coastal ecosystems of the tropical Brazilian coast. In: van der Maarel E, editor. Ecosystems of the World 2B: Dry Coastal Ecosystems: Africa, America, Asia and Oceania. Amsterdam: Elsevier; 1993. p. 477-93.

Maguire JD. Speed of germination - aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. Crop Sci. 1962;2(2):176-7. doi: 10.2135/cropsci1962.0011183X000200020033x

Martinelli G, Moraes MA. Livro vermelho da flora do Brasil. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro; 2013.

Melo LA, Abreu AHM, Leles PSS, Oliveira RR, Silva DT. Qualidade e crescimento inicial de mudas de *Mimosa caesalpiniifolia* Benth. produzidas em diferentes volumes de recipientes. Ciênc Florest. 2018;28(1):47-55. doi: 10.5902/1980509831574

Pacheco-Trejo J, Aquino-Torres E, Reyes-Santamaría MI, Islas-Pelcastre M, Pérez-Ríos SR, Madariaga-Navarrete A, et al., Plant defensive responses triggered by *Trichoderma* spp. as tools to face stressful conditions. Horticulturae. 2022;8(12):1181. doi: 10.3390/horticulturae8121181

Panerai VZ, Araujo MM, Griebeler AM, Costella C, Stahl JL, Turchetto F, et al., Influência do tipo de recipiente e da inoculação com *Trichoderma* spp. no crescimento inicial de *Erythrina cristagalli* L. In: Anais do 9º Congresso Florestal Brasileiro [Internet]; 2022 Jul 12-15; Brasília, Brasil. 2022. p. 452-455.

Ribeiro APMS, Lima CA, Lopes MB, Moura DMO, Ferreira ALL, Martins ALL, et al., Uso de *Trichoderma* na promoção de crescimento de mudas florestais. Res Soc Dev. 2023;12 (1):e1211239138. doi: 10.33448/rsd-v12i1.39138

Rizzini CT. Tratado de Fitogeografia do Brasil: Aspectos sociológicos e florísticos. 2nd ed. São Paulo: Hucitec; 1979.

Rocha CFD, Bergallo HG, Van Sluys M, Alves MAS, Jamel CE. The remnants of restinga habitats in the Brazilian Atlantic Forest of Rio de Janeiro state, Brazil: Habitat loss and risk of disappearance. Braz J Biol. 2007;67(2):263-73. doi: 10.1590/S1519-69842007000200011

Vitali KF, Ximenes GR, Guerreiro RGO, Silva TM, Romagnolo MB, Pastorini LH. Use of *Trichoderma harzianum* on the performance of young *Inga laurina* (Sw.) Willd. (Fabaceae) plants in response to drought. Braz J Biol. 2024;84:e289149. doi: 10.1590/1519-6984.289149

Zamith LR, Scarano FR. Produção de mudas de espécies das Restingas do município do Rio de Janeiro, RJ, Brasil. Acta Bot Bras. 2004;18(1):161-76. doi: 10.1590/S0102-33062004000100014

Zamith LR, Scarano FR. Restoration of a Restinga Sandy Coastal Plain in Brazil: Survival and Growth of Planted Woody Species. Restor Ecol. 2006;14(1):87-94. doi: 10.1111/j.1526-100X.2006.00108.x

Zamith LR. Restauração da vegetação de restinga: da prática à teoria [tese]. Rio de Janeiro (RJ): Universidade Federal do Rio de Janeiro; 2007.

Como citar este artigo

How to cite this article

(ABNT)
RODRIGUES, A. B.; BHERING, A. A.; OTERO, J. M.; VENETÁS, L. L.; MARBACH, P. A. S.; ZAMITH, L. R. Efeitos da temperatura e condição de luz na germinação e da colonização de isolados de *Trichoderma* sp. na promoção do crescimento de mudas de *Inga maritima* Benth.. **Paubrasilia**, Porto Seguro, v. 8, n. supl., e205s, 2025. DOI: 10.33447/paubrasilia.2025s.e0205s.

(Vancouver)
Rodrigues AB, Bhering AA, Otero JM, Venetás LL, Marbach PAS, Zamith LR. Efeitos da temperatura e condição de luz na germinação e da colonização de isolados de *Trichoderma* sp. na promoção do crescimento de mudas de *Inga maritima* Benth.. Paubrasilia 2025;8(Supl):e205s. doi:10.33447/paubrasilia.2025s.e0205s.