

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

Aline Peccatti

ASPECTOS ECOSSILVICULTURAIS EM PLANTIOS DE *Monteverdia ilicifolia* (MART. EX. REISSEK) BIRAL E *Bauhinia forficata* LINK.

Santa Maria, RS
2021

Aline Peccatti

**ASPECTOS ECOSSILVICULTURAIS EM PLANTIOS DE *Monteverdia ilicifolia*
(MART. EX. REISSEK) BIRAL E *Bauhinia forficata* LINK.**

Tese apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Doutora em Engenharia Agrícola.**

Orientadora: Prof^a Ana Paula Moreira Rovedder

Santa Maria, RS
2021

This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Finance Code 001

Peccatti, Aline
ASPECTOS ECOSSILVICULTURAIS EM PLANTIOS DE
Monteverdia ilicifolia (MART. EX. REISSEK) BIRAL E
Bauhinia forficata LINK. / Aline Peccatti.- 2021.
84 p.; 30 cm

Orientadora: Ana Paula Moreira Rovedder
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós
Graduação em Engenharia Agrícola, RS, 2021

1. Espécies florestais nativas 2. medicinais 3.
bioestimulantes 4. vermicomposto 5. Trichoderma I.
Moreira Rovedder, Ana Paula II. Título.

Sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFSM. Dados fornecidos pelo autor(a). Sob supervisão da Direção da Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central. Bibliotecária responsável Paula Schoenfeldt Patta CRB 10/1728.

Declaro, ALINE PECCATTI, para os devidos fins e sob as penas da lei, que a pesquisa constante neste trabalho de conclusão de curso (Tese) foi por mim elaborada e que as informações necessárias objeto de consulta em literatura e outras fontes estão devidamente referenciadas. Declaro, ainda, que este trabalho ou parte dele não foi apresentado anteriormente para obtenção de qualquer outro grau acadêmico, estando ciente de que a inveracidade da presente declaração poderá resultar na anulação da titulação pela Universidade, entre outras consequências legais.

Aline Peccatti

**ASPECTOS ECOSSILVICULTURAIS EM PLANTIOS DE *Monteverdia ilicifolia*
(MART. EX. REISSEK) BIRAL E *Bauhinia forficata* LINK.**

Tese apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Doutora em Engenharia Agrícola.**

Aprovada em 27 de outubro de 2021:

Ana Paula Moreira Rovedder, Dra. (UFSM) - Videoconferência
(Presidente/Orientadora)

Luciane Almeri Tabaldi, Dra. (UFSM) - Videoconferência

Suelen Carpenedo Aimi, Dra. (UFSM) - Parecer

Gerusa Pauli Kist Steffen, Dra. (DDPA) - Videoconferência

Cleber Witt Saldanha, Dr. (DDPA) - Videoconferência

Santa Maria, RS
2021

AGRADECIMENTOS

✿ À minha família, pelo amor, educação, apoio, coragem e confiança dadas a mim, quando da decisão de sair de casa para fazer uma graduação. Na época, ninguém imaginava que seria bem mais que cinco anos! A vocês, minha eterna gratidão!

✿ Ao Vinícius, obrigada por completar esta jornada de várias estações ao meu lado!

✿ Às amigas que Santa Maria me presenteou. Levarei cada momento com vocês no meu coração!

✿ À Universidade Federal de Santa Maria e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, pela oportunidade de crescimento e qualificação profissional (e pessoal);

✿ À professora e orientadora Ana Paula Moreira Rovedder, pelos anos de convivência, confiança e amizade;

✿ Aos (ex)integrantes do Núcleo de Estudos e Pesquisas em Recuperação de Áreas Degradadas - NEPRADE, que contribuíram para tornar a teoria em prática;

✿ Aos pesquisadores e funcionários do Centro de Pesquisas em Florestas (DDPA), pela concessão da área de estudo, apoio técnico e contribuição científica;

✿ Ao professor Sidinei, pela atenção e esclarecimentos prestados na área de estatística, sem os quais não teria sido possível finalizar este trabalho de pesquisa com excelência;

✿ À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, pela concessão de bolsa;

✿ Às professoras Luciane e Suelen e aos pesquisadores Gerusa e Cleber, pelas excelentes contribuições nesta pesquisa, muito obrigada!

RESUMO

ASPECTOS ECOSSILVICULTURAIS EM PLANTIOS DE *Monteverdia ilicifolia* (MART. EX. REISSEK) BIRAL E *Bauhinia forficata* LINK

AUTORA: Aline Peccatti

ORIENTADOR: Ana Paula Moreira Rovedder

O conhecimento sobre aspectos ecológicos e silviculturais de espécies arbóreas nativas são fundamentais para compreender o seu comportamento no campo a fim de manejá-las adequadamente, principalmente, quando o objetivo é inseri-las no contexto de produção agrícola. Desse modo, a presente pesquisa teve como objetivo avaliar aspectos ecológicos e silviculturais em plantas de *Monteverdia ilicifolia* e *Bauhinia forficata* produzidas com *Trichoderma* e vermicomposto e os possíveis efeitos residuais desses bioestimulantes no crescimento vegetativo das plantas em condições de campo. A pesquisa foi conduzida no Centro de Pesquisas em Florestas, Santa Maria, RS, e composta por quatro ensaios, arranjos de acordo com as espécies (*M. ilicifolia* e *B. forficata*) e os bioestimulantes (vermicomposto e *Trichoderma*) utilizados na fase de produção das mudas. Os tratamentos testados compreenderam mudas de ambas as espécies, produzidas em casa de vegetação, em substrato composto por diferentes proporções de vermicomposto (T₂₀: 20%; T₄₀: 40%; T₅₀: 50%; T₆₀: 60% e T₈₀: 80%) e solo, e em substrato comercial inoculado com cepas de *Trichoderma* (cepas T1 e T2: *T. asperelloides*; cepas T13 e T33: *T. harzianum* e cepa T10: *T. viride*) e tratamentos controle (sem vermicomposto (T₀) e sem *Trichoderma*). Aos 330 dias após sementeira, as mudas foram transplantadas para o campo, em espaçamento 4,0 m x 3,5 m. Os ensaios foram instalados seguindo o delineamento blocos casualizados. As análises estatísticas foram realizadas isoladamente para cada ensaio, em esquema fatorial (bioestimulante x tempo) com parcelas subdivididas no tempo. Para ambas as espécies, foram avaliadas a sobrevivência inicial (um mês após o plantio) e final (aos 43 meses após o plantio), a altura, o diâmetro do coleto e a relação altura/diâmetro do coleto no momento do plantio, aos 330 dias após a sementeira (d.a.s) em tubetes (H₃₃₀, DC₃₃₀, H/DC₃₃₀), um mês após o plantio e semestralmente até 43 meses após o plantio (H, DC, H/DC), assim como os incrementos periódicos anuais em altura e em diâmetro do coleto (IPA_h e IPA_{dc}) ao término das avaliações (43 m.a.p). Para *M. ilicifolia* foram avaliados também o número de folhas (NF), semestralmente, até 25 m.a.p; o número de ramificações desde a base (NR) aos 43 m.a.p e a fenologia reprodutiva através do método presença/ausência de floração e frutificação, quantificados pelo índice de atividade (AI). As taxas de sobrevivência foram altas para ambas as espécies. Para a *M. ilicifolia*, não há efeito residual da aplicação das cepas T1, T2 (*T. asperelloides*) e T10 (*T. virens*) sobre o crescimento de plantas de *M. ilicifolia* em condições campo; O vermicomposto apresenta efeito residual na variável altura até 43 meses após o plantio. Os substratos compostos pelas proporções T₄₀, T₅₀ e T₆₀ são adequadas para estimular o crescimento inicial das mudas; A entrada em fenologia reprodutiva implica na diminuição dos incrementos em altura e diâmetro do coleto; O índice de atividade da floração aumenta de maneira mais expressiva que o índice de atividade de frutificação com o passar dos anos, mas ainda insuficientes para inferir sobre a ação dos bioestimulantes. Estudos que avaliem a tipologia floral de cada indivíduo podem ser úteis para melhor compreensão da dinâmica reprodutiva. Para a *B. forficata*, as cepas T1 e T2 (*T. asperelloides*), T13 e T133 (*T. harzianum*) e o uso do vermicomposto na composição de substratos promovem o crescimento inicial em altura e diâmetro do coleto das plantas; Efeitos residuais da aplicação de *Trichoderma* spp. e vermicomposto na produção das mudas de *B. forficata* são efetivos em período correspondente à transposição para o plantio a campo (330 dias após sementeira) e; as características ecológicas da espécie influenciam no crescimento vegetativo.

Palavras-chave: Pata-de-vaca. Espinheira-santa. Vermicomposto. *Trichoderma*. Bioestimulante..

ABSTRACT

ECOSYLVICULTURAL ASPECTS IN CROP OF *Monteverdia ilicifolia* (MART. EX. REISSEK) BIRAL E *Bauhinia forficata* LINK

AUTHOR: ALINE PECCATTI
ADVISER: ANA PAULA MOREIRA ROVEDDER

Knowledge about ecological and silvicultural aspects of native tree species is essential to understand their behavior in the field in order to manage them properly, especially when the objective is to insert them in the context of agricultural production. Thus, this research aimed to evaluate ecological and silvicultural aspects of *Monteverdia ilicifolia* and *Bauhinia forficata* plants produced with *Trichoderma* and vermicompost and the possible residual effects of these biostimulants on the vegetative growth of plants in the field. The research was conducted at the Center for Research in Forests, Santa Maria, RS, and consisted of four trials, arranged according to the species (*M. ilicifolia* and *B. forficata*) and the biostimulants (vermicompost and *Trichoderma*) used in the production phase of the seedlings. The treatments tested comprised seedlings of both species, produced in a greenhouse, in a substrate composed of different proportions of vermicompost (T₂₀: 20%; T₄₀: 40%; T₅₀: 50%; T₆₀: 60% and T₈₀: 80%) and soil, and in commercial substrate inoculated with *Trichoderma* strains (strains T1 and T2: *T. asperelloides*; strains T13 and T33: *T. harzianum* and strain T10: *T. viride*) and control treatments (without vermicompost (T₀) and without *Trichoderma*). At 330 days after seeding, the seedlings were transplanted to the field, with a spacing of 4 m x 3.5 m. The essay was installed following a randomized block design. Statistical analyzes were performed separately for each essay, in factorial scheme (biostimulant x time) with split plots over time. Initial survival (one month after planting – m.a.p) and final survival (43 months after planting), height, stem diameter and stem height/diameter ratio at the time of planting, one month after planting and half-year up to 43 months after planting as well as the periodic annual increment in height and diameter stem at the end of the evaluations (43 m.a.p) were evaluated. For *M. ilicifolia*, the number of leaves were also evaluated half-year up to 25 m.a.p. and the number of branches from the base to 43 m.a.p. Survival rates in the field were high for both species. For *M. ilicifolia*, T1, T2 (*T. asperelloides*) strains and T10 (*T. virens*) strain do not show residual effect of the application on the growth of *M. ilicifolia* under field conditions; The vermicompost has a residual effect on the height variable of *M. ilicifolia* at 43 months after planting; Substrates composed of T₄₀, T₅₀ and T₆₀ proportions are suitable to stimulate the initial growth of seedlings; The reproductive phenology decreases increment in the plant height and stem diameter of the *M. ilicifolia*; The flowering activity index has increased more significantly than the fruiting activity index over the years, but still insufficient to infer on the action of biostimulants. Studies that assess the floral typology of each individual can be useful for a better understanding of reproductive dynamics. For *B. forficata*, T1 and T2 (*T. asperelloides*) strains, T13 and T133 (*T. harzianum*) strains and the use of vermicompost in the composition of substrates promote the initial growth in height and stem diameter of *B. forficata* seedlings; residual effects of the application of *Trichoderma* spp. and vermicompost in the production of seedlings are effective in a period corresponding to the transposition to field planting (330 days after sowing); The ecological characteristics of the species influence the vegetative growth.

Keywords: Pata-de-vaca. Espinheira-santa. Vermicompost. *Trichoderma*. Biostimulant.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL	7
2 REVISÃO DE LITERATURA	9
2.1 ESPINHEIRA-SANTA - <i>Monteverdia ilicifolia</i> (Martius ex Reissek) Biral	9
2.2 PATA-DE-VACA - <i>Bauhinia forficata</i> Link.	12
2.3 TRICHODERMA	15
2.4 VERMICOMPOSTO	17
ARTIGO I - CULTIVO DE <i>Monteverdia ilicifolia</i> (MART. EX. REISSEK) BIRAL: EFEITOS RESIDUAIS DE BIOESTIMULANTES NO CRESCIMENTO VEGETATIVO E ASPECTOS INICIAIS DA FENOLOGIA REPRODUTIVA	19
1 INTRODUÇÃO	20
2 MATERIAL E MÉTODOS	22
2.1 CARACTERIZAÇÃO DA REGIÃO DE ESTUDO	22
2.2 PRODUÇÃO DAS MUDAS, PREPARO DA ÁREA E PLANTIO	23
2.3 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS	24
2.4 VARIÁVEIS ANALISADAS	24
2.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA	25
3 RESULTADOS	26
3.1 SOBREVIVÊNCIA E CRESCIMENTO VEGETATIVO	26
3.2 FENOLOGIA REPRODUTIVA	29
4 DISCUSSÃO	32
4.1 SOBREVIVÊNCIA	32
4.2 COMPORTAMENTO DO CRESCIMENTO VEGETATIVO	33
4.2.1 Efeitos do <i>Trichoderma</i>	34
4.2.2 Efeitos do vermicomposto	36
4.3 FENOLOGIA REPRODUTIVA	38
5 CONCLUSÃO	42
6 REFERÊNCIAS	43
ARTIGO II - EFEITOS RESIDUAIS DE BIOESTIMULANTES NO CRESCIMENTO VEGETATIVO <i>Bauhinia forficata</i> LINK. EM PLANTIOS A CAMPO	47
1 INTRODUÇÃO	48
2 MATERIAL E MÉTODOS	50
2.1 CARACTERIZAÇÃO DA REGIÃO DE ESTUDO	50
2.2 PRODUÇÃO DAS MUDAS, PREPARO DA ÁREA E PLANTIO	51
2.3 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS	52
2.4 VARIÁVEIS ANALISADAS	53
2.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA	53
3 RESULTADOS	54
4 DISCUSSÃO	57
5 CONCLUSÃO	62
6 REFERÊNCIAS	63
DISCUSSÃO GERAL	67
REFERÊNCIAS	69
APÊNDICES	78
ANEXOS	82

1 INTRODUÇÃO GERAL

As espécies florestais nativas possuem um vasto potencial de uso, que vão além daqueles preconizados para fins madeireiros ou para recomposição de áreas naturais. Mesmo diante de tamanha diversidade de espécies arbóreas que o Brasil apresenta, o seu potencial ainda é pouco conhecido e sua utilização, muitas vezes, negligenciada (DIAS, 2011).

Dentre os usos potenciais, destacam-se as espécies que sintetizam metabólitos secundários de interesse alimentício e farmacêutico, por exemplo. No Brasil, várias espécies florestais possuem princípios ativos regulamentados pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) e são utilizadas como medicamentos fitoterápicos, dentre essas, a *Monteverdia ilicifolia* (Mart. Ex. Reissek) Biral, conhecida popularmente como espinheira-santa (BRASIL, 2014). No entanto, a *Bauhinia forficata* Link ou pata-de-vaca, por sua vez, ainda não possui uso regulamentado, mas, consta na Relação Nacional de Plantas Medicinais de Interesse ao SUS (Rennisus) (BRASIL, 2009) e vários estudos têm demonstrado potencial para uso medicinal (CECHINEL-ZANCHETT et al., 2019; OLIVEIRA; LIMA; OLIVEIRA, 2020; TROJAN-RODRIGUEZ et al., 2012).

Em virtude dessas características, ambas as espécies têm sido exploradas, predominantemente, por meio do extrativismo predatório (VIEIRA; SILVA, 2002), sendo citadas na lista de espécies nativas prioritárias para conservação na região Sul do Brasil, por apresentarem valor econômico atual (espinheira-santa) ou potencial (pata-de-vaca), e alguns gargalos que restringem o uso, como a carência de técnicas de cultivo/manejo e a ausência de projetos de conservação (REIS; SIMINSKI, 2011).

De maneira geral, a sob exploração dessas espécies resulta na diminuição de suas populações e desencadeia processos de difícil restabelecimento natural a curto/médio prazo, sendo necessário intervir com ações diretas/indiretas para amenizar a pressão imposta. Dentre essas ações, e, levando em consideração o uso fitoterápico da *M. ilicifolia* e da *B. forficata*, destaca-se a produção e cultivo dessas espécies com insumos biológicos, visando a obtenção de matéria-prima isenta de resíduos agroquímicos.

Fungos do gênero *Trichoderma* e vermicomposto (ou húmus de minhoca) são bioestimulantes do crescimento vegetal, os quais vêm sendo cada vez mais utilizados em cultivos agrícolas e florestais, devido aos benefícios conferidos em termos de saúde nutricional e produtividade das plantas. No entanto, poucos estudos têm avaliado os

benefícios desses bioestimulantes sobre o desempenho das espécies em condições de campo, principalmente no contexto das espécies arbóreas nativas, e isso é imprescindível frente as múltiplas respostas que as plantas podem gerar, tendo em vista que em condições de campo as plantas estão sujeitas às interações ambientais.

Portanto, sabendo que a diversidade biológica na agricultura é uma questão estratégica, a inserção dessas espécies em sistemas produtivos agrícolas mais favoráveis ao meio ambiente e à saúde do ser humano emerge como uma alternativa para mitigar os impactos negativos causados pela exploração predatória dessas espécies. Também, visa integrar aspectos ecológicos, sociais e econômicos, promovendo a conservação dos indivíduos remanescentes em habitat natural, valorizando o conhecimento tradicional e permitindo a diversificação de renda na propriedade rural, além de incentivar uma agricultura sustentável.

Neste contexto, a presente pesquisa teve como objetivo avaliar aspectos silviculturais e ecológicos do crescimento de plantas de *M. ilicifolia* e *B. forficata* e os efeitos residuais da aplicação dos bioestimulantes *Trichoderma* e vermicomposto na produção de mudas, em condições de campo, a fim de inferir sobre o seu potencial em plantios para usos múltiplos.

O documento de tese foi organizado em dois artigos: O primeiro, buscou avaliar o crescimento vegetativo e aspectos iniciais da fenologia reprodutiva de *M. ilicifolia* em plantios, resultante de mudas produzidas com os bioestimulantes *Trichoderma* e vermicomposto; O segundo, avaliou o crescimento vegetativo de plantas de *B. forficata* em plantios, resultantes de mudas produzidas com o uso dos bioestimulantes *Trichoderma* e vermicomposto. O intuito de ambos os artigos foi conhecer o possível efeito residual dos bioestimulantes utilizados na fase de produção de mudas sobre a promoção do crescimento das espécies em condições de campo.¹

¹ Essa tese é extensão e faz referências aos trabalhos publicados durante a primeira etapa do projeto “Ações sustentáveis para extrativismo e conservação de espécies florestais nativas do Rio Grande do Sul”, que teve início em 2015 com a fase de produção das mudas de *M. ilicifolia* e *B. forficata* com vermicomposto e *Trichoderma* em casa de vegetação, e término em 2016 com o respectivo plantio das mudas no campo (Dissertação de Mestrado apresentada pela autora). O projeto foi assistido pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e apoiado pelo Departamento de Diagnóstico e Pesquisa Agropecuária - Centro de Pesquisa em Florestas. Alguns resultados constam nos Anexos para auxiliar a leitura.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 ESPINHEIRA-SANTA - *Monteverdia ilicifolia* (Martius ex Reissek) Biral

A espécie *Monteverdia ilicifolia* (sinonímia recente: *Maytenus ilicifolia* Mart. ex Reissek), conhecida como espinheira-santa pertence à família Celastraceae. É uma espécie subtropical, nativa da América do Sul, podendo ser encontrada no Paraguai, na Bolívia, na Argentina e no Brasil (CARVALHO-OKANO, 1992). No Brasil, possui ocorrência nos estados de Goiás, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul (BIRAL, 2020). É característica de Floresta Ombrófila Mista, Floresta Estacional Semidecidual, Floresta Estacional Decidual e Campos Limpos (BIRAL, 2020; GUARINO; MOLINA; BARBIERI, 2019; RADOMSKI, 1998; SCHEFFER, 2001; SILVA; SCARIOT, 2003).

A espécie é classificada como secundária, em fase inicial ou intermediária de sucessão, exigindo grande quantidade de luz para o seu estabelecimento, desenvolvimento e reprodução, mas, por ser seletiva esciófita, apresenta bom desenvolvimento sob luz difusa (RADOMSKI; PERECIN; STEENBOCK, 2004). É uma espécie seletiva higrófito, preferindo solos úmidos de matas ciliares, mas, pode ser encontrada em diferentes condições de fertilidade e regime hidromórfico dos solos (RADOMSKI; BULL, 2010). Estes fatores conferem à espécie elevada plasticidade ambiental (MONTANARI JUNIOR; SCHEFFER; RADOMSKI, 2004).

A espinheira-santa é um subarbusto ou árvore de pequeno porte medindo entre 2 e 5 m de altura, a qual possui hábito perene e ramificações desde a base. Os ramos jovens são glabros, angulosos, tetra ou multicarenados, com estrias longitudinais (Figura 1 - e, f, h) (BIRAL, 2020; CARVALHO-OKANO, 1992).

As folhas são alternas, simples, coriáceas, glabras e brilhantes, podendo medir de 22 a 89 mm de comprimento e de 11 a 30 mm de largura. A forma das folhas varia entre elíptica a estreitamente elíptica, sendo a base aguda e obtusa e o ápice agudo e obtuso. As margens apresentam nervuras proeminentes na face abaxial, podendo ser inteiras ou apresentarem espinhos em números variáveis, e ainda estarem distribuídos de forma regular ou irregular (CARVALHO-OKANO, 1992) (Figura 1 - a).

As flores são inconspícuas, actinomorfas e de coloração branco-esverdeada, as quais estão reunidas em fascículos multifloros (MAZZA et al., 2011) (Figura 1 - b). São morfológicamente monoclinas, mas apresentam comportamento funcional de flores

diclinas, com tendência à dioica (PERLEBERG, 2017; SCHEFFER, 2001). Existem dois tipos florais na espécie: Um tipo floral pistilado, que produz frutos em abundância e se comporta funcionalmente como femininas e outro tipo floral, estaminado, abundantes em grãos de pólen, que se comporta funcionalmente como masculinas (MAZZA et al., 2011; STEENBOCK, 2003), caracterizando o sistema reprodutivo como alógamo (PERLEBERG, 2017). A polinização é entomófila (PERLEBERG et al., 2021) e o período de floração da espécie, na região sul, concentra-se nos meses de agosto a setembro (MALYSZ; ZANIN, 2011; MARIOT, 2005).

Figura 1 - Aspecto de folhas (a), flores (b), frutos fisiologicamente maduros expondo o arilo (c, d), mudas de *Monteverdia ilicifolia*, aos 3,6 anos após plantio na área experimental (e, f, g) e árvores adultas plantadas (h), Santa Maria, RS



Fonte: A autora (2021).

Os frutos são do tipo cápsula bivalvar reflexas ou raramente, verticais, com pericarpo coriáceo (BIRAL et al., 2017) de coloração vermelho-alaranjada quando fisiologicamente maduros (CARVALHO-OKANO, 1992) (Figura 1 - c, d). Segundo Scheffer e Araujo (1998) somente plantas que recebem luz direta pelo menos durante parte do dia frutificam, e mesmo nessas condições, nem todas as plantas frutificam todos os anos. O processo de maturação dos frutos é bastante desuniforme, fator que dificulta a colheita das sementes (SILVA JUNIOR, 2003). No Rio Grande do Sul, o período de frutificação pode se estender de outubro a fevereiro, sendo que o estágio de maturação dos frutos ocorre entre novembro e janeiro (MARIOT, 2005).

As sementes possuem coloração castanho-escuro e são cobertas totalmente por um arilo, de coloração branca, que fica exposto quando o pericarpo maduro se abre (BIRAL et al., 2017) (Figura 1 - d). Apresentam comportamento ortodoxo, podendo ser armazenadas em câmara fria por até 120 dias (PERLEBERG et al., 2020). A viabilidade das sementes reduz drasticamente em condições ambientais não controladas (EIRA; DIAS; MELLO, 1995; LIMA, 2010; ROSA, 1994).

A germinação ocorre de forma bastante desuniforme sob condições ambientais não controladas, podendo se estender até seis meses após a semeadura, e o crescimento inicial, em casa de vegetação, é consideravelmente lento, dificultando o processo de obtenção de mudas em curto prazo (KOWALSKI et al., 2008; MARIOT; BARBIERI, 2007; NICOLOSO et al., 2000; PECCATTI et al., 2019).

A principal forma de propagação é sexuada, sendo que as sementes devem ser coletadas quando o epicarpo dos frutos apresentar coloração vermelho-acastanhados após abertura espontânea, expondo o arilo (MONTANARI JUNIOR; SCHEFFER; RADOMSKI, 2004). De acordo com Negrelle et al. (1999), a colheita dos frutos antes da abertura do epicarpo, por meio da derricha manual, é o método mais adequado e eficiente para obtenção das sementes. Não é necessário retirar o arilo na semeadura, mas este procedimento deve ser feito caso as sementes sejam armazenadas em câmara fria por mais de 60 dias (MARIOT, 2005). A forma de dispersão natural da espécie é ornitocórica (PERLEBERG et al., 2021).

A espinheira-santa possui princípios ativos comprovados e regulamentados pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa), sendo utilizada como medicamento fitoterápico. É indicada para o tratamento de doenças gastrointestinais, como a gastrite, úlceras gastroduodenais e dispepsias (BRASIL, 2014). Dentre os compostos sintetizados estão os triterpenos, alcaloides e flavonoides (ZHANG et al., 2020).

Outras propriedades também são relatadas como a ação analgésica, cicatrizante de afecções da pele, diurética e depurativa do sangue (DUTRA et al., 2016; STOLZ et al., 2014), para fins de emagrecimento, como antiasmáticas e anticoncepcionais, em problemas de bexiga, renais, intestinais e diabetes (MARIOT; BARBIERI, 2007). Apresenta também atividade antioxidante (NEGRI; POSSAMAI; NAKASHIMA, 2009), antibacteriana (VARGAS et al., 2020), antifúngica (GULLO et al., 2012), antiprotozoária (SANTOS et al., 2012) e antiviral (KOHN et al., 2012).

2.2 PATA-DE-VACA - *Bauhinia forficata* Link.

A *Bauhinia forficata* subespécie *forficata*, conhecida como pata-de-vaca devido ao formato da sua folha, pertence à família Fabaceae. É uma espécie arbórea, com altura variando entre 4 e 10 m, podendo alcançar 20 m quando adulta (CARVALHO, 2006; VAZ; TOZZI, 2005) (Figura 2 - d).

A espécie é nativa da América do Sul, podendo ser encontrada na Argentina, Peru, Uruguai, Bolívia, Paraguai. No Brasil, possui ocorrência confirmada nos estados de Alagoas, Bahia, Pernambuco, Espírito Santo, Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, abrangendo os biomas Mata Atlântica e Pampa (VAZ; TOZZI, 2005; VAZ, 2020). *B. forficata* é classificada como decídua ou semidecídua e heliófila. Habita, preferencialmente, planícies aluviais úmidas ou início de encostas, na maioria das vezes em formações secundárias como capoeiras e capoeirões, margens de estradas e clareiras de florestas, mas, já foi relatada em quase todos os tipos de solos (LORENZI; MATTOS, 2008).

O tronco possui aspecto tortuoso, com sulcos aparentes e aspecto ligeiramente estriado no sentido longitudinal (OLIVEIRA et al., 2001). A ramificação é irregular, do tipo cimosa, com dois acúleos no ramo bem próximos à axila foliar (CARVALHO, 2003) (Figura 2 - d, e, f). As folhas são alternas, compostas, com dois folíolos geralmente unidos até a metade do seu comprimento. Cada folíolo possui cerca de cinco nervuras saindo radialmente do mesmo ponto em direção à borda onde formam a nervura marginal. O lóbulo das folhas é oval-lanceolado podendo medir até 10 cm de comprimento e 6 cm de largura. O ápice dos folíolos é agudo ou acuminado e a margem foliar é lisa. A lâmina foliar é bifoliolada, simétrica e de consistência herbácea, sendo a superfície adaxial glabra e a abaxial pilosa (LORENZI; MATOS, 2008; LUSA; BONA, 2009; VAZ; BORTOLUZZI; SILVA, 2010) (Figura 2 - c).

Figura 2 - Aspecto de frutos e sementes (a), flor (b), folhas (c), indivíduo na fenofase de frutificação (d) e diferentes aspectos de mudas de *Bauhinia forficata*, aos 3,6 anos após plantio no campo (d, e, f), Santa Maria, RS



Fonte: A autora (2021).

Os botões florais possuem ápice agudo, coluna estaminal pubescente ou glabra (VAZ; BORTOLUZZI; SILVA, 2010) com 10,5 cm de comprimento e 0,78 cm de largura (PAULINO NETO, 2013). As flores são brancas, hermafroditas e protândricas, dispostas em racemos axilares destacados dos ramos. Quando completamente abertas,

medem cerca de 13,0 cm de diâmetro (PAULINO NETO, 2013; VAZ; TOZZI, 2005; VAZ; BORTOLUZZI; SILVA, 2010) (Figura 2 - b).

A antese é noturna, com duração aproximada de 18 horas (PAULINO NETO, 2013). A flor pode durar entre um e dois dias após a antese e o período total da florada pode se entender por 20 dias. A duração e intensidade da floração, associada com a alta concentração de néctar e o volume produzido, caracterizam a espécie como atrativa generalista e como importante recurso energético para os polinizadores (CAPITANI, 2016; CAPITANI et al., 2018).

O sistema de reprodução é principalmente cruzado ou alógamo, demonstrando inaptidão à autogamia (CAPITANI, 2016; PAULINO NETO, 2013). Dentre os principais visitantes florais já relatados, responsáveis em promover a polinização de forma efetiva, estão a mariposa *Manduca sexta* L. (Sphingidae) (PAULINO NETO, 2013), os morcegos (GUARINO et al., 2018), as Lepidopteras *Pyrgus* sp. e *Heliconius* sp. e a morfoespécie Mamangava (Hymenoptera) (CAPITANI, 2016).

Os frutos são simples, secos, do tipo legumes aplainados, segmentados, apresentando coloração marrom na época de abertura. A deiscência é elástica abrindo-se em duas partes, compondo de 5 a 10 sementes (SILVA et al., 2003). Dutra et al. (2016b) observaram que o tamanho dos frutos pode variar de 16 a 25,5 cm de comprimento e largura de 19,2 a 25,1 mm (Figura 2 - a). As sementes fisiologicamente maduras possuem coloração marrom escura, são achatadas e apresentam um hilo pontiagudo em sua extremidade. Seu contorno é subovalado com uma linha esbranquiçada que delimita o seu formato, medindo cerca de 1 cm de comprimento (SILVA et al., 2003). As sementes dessa espécie são classificadas como ortodoxas (GUARINO et al., 2018) sendo que em câmaras frias, podem ser armazenadas por até 180 dias quando submetidas à redução da umidade para 15%. A partir desse período, começam a perder o poder germinativo (SCHORN; SILVA; MAGRO, 2010).

A germinação de forma natural é considerada alta (GUARINO et al., 2018), mas há relatos de tratamentos que reduzem a dormência das sementes e, conseqüentemente, o tempo de germinação, como a escarificação mecânica e a imersão por 10 minutos em ácido sulfúrico (LOPES; BARBOSA; CAPUCHO, 2007). A dispersão das sementes é do tipo barocórica (GUARINO et al., 2018).

A espécie possui como característica a capacidade de emitir brotações a partir das raízes (ARAÚJO; SHEPHERD, 1996; MORELLATO, 1991). Quanto à sua estratégia de ocupação ecológica, é utilizada no recobrimento de áreas, principalmente,

porque apresenta taxa de crescimento muito rápida no campo (> 100 cm/ano) (GUARINO et al., 2018). No viveiro, a taxa de desenvolvimento das mudas é rápida (> 30 cm/ano) (GUARINO et al., 2018; PECCATTI et al., 2020). É classificada como pioneira típica no grupo sucessional, não tolerando níveis de sombreamento (GUARINO et al., 2018).

B. forficata está entre as espécies do gênero *Bauhinia* mais pesquisadas, conforme estudo de prospecção realizado por Lima et al. (2021), sendo a maior parte direcionadas para as áreas da farmacologia e de botânica, as quais foram impulsionadas pelas descobertas do seu potencial na área médica no início da década de 1990. Além disso, todos os seus órgãos podem ser utilizados para algum fim terapêutico, embora as folhas sejam mais comuns de serem utilizadas (CECHINEL-ZANCHETT; ANDRADE; CECHINEL-FILHO, 2018).

A espécie destaca-se principalmente por apresentar efeito hipoglicemiante eficaz no tratamento do diabetes *mellitus* (OLIVEIRA; LIMA; OLIVEIRA, 2020), mas também apresenta ação anti-inflamatória e efeito vaso relaxante para tratar doenças cardiovasculares (CECHINEL-ZANCHETT et al., 2019), ação antibacteriana (FARIAS et al., 2018), ação antiúlcera e antioxidante (DEL REY et al., 2018), inibição do crescimento de células cancerosas de melanoma (LUBKOWSKI et al., 2017) e células cancerosas de mama (SILVA et al., 2014), ação anticoagulante (OLIVEIRA et al., 2005), ação purgativa, diurética, antidiarreica, depurativa e tônica renal (CUNHA et al., 2010; MARQUES et al., 2013). Possui indicação como adjuvante no tratamento de moléstias da pele, hipertensão, ácido úrico, em dores na coluna, nas afecções vesicais, prisão de ventre e elefantíase (SILVA; CECHINEL FILHO, 2002; NOGUEIRA; SABINO, 2012) e recentemente, efeitos benéficos contra a cárie dentária foram descritos (FERREIRA-FILHO et al., 2020).

2.3 TRICHODERMA

Trichoderma spp. são fungos de vida livre, saprófitas e micoparasitas ativos presentes no solo e no ecossistema rizosférico das plantas (DRUZHININA et al., 2011; KUMAR; KHURANA, 2021). Ocorrem com maior frequência em solos tropicais e temperados, mas podem ser encontrados em todas as zonas climáticas (KUMAR; KHURANA, 2021; TOPOLOVEC-PINTARIC, 2019; ZACHOW et al., 2016), crescendo em habitats agrícolas, florestais, pantanosos e desérticos (MUKHERJEE et

al., 2013). Além disso, habitam superfícies como árvores, galhos, brotos, tecidos mortos e água (KUMAR; KHURANA, 2021; ZACHOW et al., 2016). Desse modo, dependendo das condições ambientais e dos tipos dos microrganismos com os quais interage, é esperado que existam distintas contribuições funcionais entre espécies e entre cepas de espécies iguais (MACÍAS-RODRÍGUEZ et al., 2020).

O gênero tem sido amplamente utilizado na produção agrícola como ferramenta biotecnológica (ADETUNJI; ANANI, 2020; KAMAL et al., 2018), principalmente no biocontrole de fitopatógenos. As cepas utilizadas para este propósito podem atuar de forma antagônica parasitando outros fungos (ADNAN et al., 2019), sintetizando metabólitos para inibir o desenvolvimento ou matar outros hospedeiros (CARVALHO et al., 2015; MILANESI et al., 2013), competindo com demais fitopatógenos por espaço, nutrientes e exsudatos liberados pelas sementes e raízes (HARMAN et al., 2004). Além disso, podem induzir os mecanismos defensivos e a resistência sistêmica das plantas (ROSMANA et al., 2019). Dentre as espécies que se destacam no controle biológico são citadas *Trichoderma harzianum*, *Trichoderma asperellum*, *Trichoderma viride*, *Trichoderma virens* e *Trichoderma reesei* (KUMAR; KHURANA, 2021).

Todavia, diversas cepas de *Trichoderma* têm sido utilizadas também para promover o crescimento e o desenvolvimento das plantas e para aumentar o rendimento, como por exemplo, *T. harzianum*, *T. viride*, *T. reesei*, *T. polysporum* e *T. koningii* (KAMAL et al., 2018). A promoção do crescimento pode estar relacionada com a capacidade que o fungo possui em colonizar externa e internamente as raízes das plantas, por meio de uma interação química entre planta-fungo. Nesta interação, a sacarose exsudada pelas raízes da planta estimula o crescimento micelial do fungo, e este, em contrapartida, dentre vários outros mecanismos, secreta o hormônio auxina na rizosfera, visando acelerar o crescimento da superfície radicular para poder se expandir (CONTRERAS-CORNEJO et al., 2016; KUMAR; KHURANA, 2021).

A associação com as raízes é uma simbiose oportunista/facultativa pela qual *Trichoderma* spp. transformam a sacarose exsudada pela planta e os nutrientes indisponíveis no solo, provocando mudanças metabólicas, as quais podem ser expressas no aumento das variáveis de crescimento, na produtividade das culturas, na resistência ao estresse biótico, abiótico e fisiológico, na eficiência fotossintética, na síntese, absorção e solubilização de macro e micronutrientes insolúveis no solo (HARMAN et al., 2019; KAMAL et al., 2018; KHADKA; UPHOFF, 2019; KUMAR; KHURANA, 2021; TOPOLOVEC-PINTARIC, 2019).

Embora um número mais expressivo das pesquisas ainda esteja concentrado na área agrônômica, no que tange às espécies florestais, vários estudos com *Trichoderma* spp. demonstraram aumentos significativos na sobrevivência, na emergência, no crescimento e no desenvolvimento de mudas, principalmente em fase de viveiro, e por vezes, em plantios a campo. Dentre as espécies estão *Myrcianthes pungens* (O. Berg) D. Legrand e *Eugenia pyriformis* Cambess (SOLDAN et al., 2018), *B. forficata* (PECCATTI et al., 2020), *Salix fragilis* L. (ADAMS et al., 2007), *Theobroma cacao* L. (TCHAMENI et al., 2011), *Gochnatia polymorpha* (Less.) Cabr. (MACHADO et al., 2015), *Prunus* sp. (SOFO et al., 2010), *Grevillea robusta* A. Cunn (UMASHANKAR et al., 2012), *Handroanthus serratifolius* (Vahl.) SO Grose (SANTOS et al., 2020), *Enterolobium schomburgkii* (Benth.) Benth (SANTOS et al., 2019), *Jacaranda micranta* Cham. (AMARAL et al., 2017), *Khaya ivorensis* A. Chev. (LUSTOSA et al., 2020), *Parapiptadenia rigida* (Benth.), *Cedrela fissilis* Vell. e *Pelthophorum dubium* (Spreng.) (JUNGES et al., 2016), *Cedrela odorata* L., *Leucaena leucocephala* (Lam.) e *Albizia saman* (Jacq.) Merr (SANTANA-DÍAZ; CASTELLANOS GONZÁLEZ, 2018) e *Corymbia citriodora* (STEFFEN et al., 2019), *Cedrela fissilis* Vellozo, *Cordia trichotoma* (Vell.) Arráb. Ex Steud, *Cabralea canjerana* (Vell.) Mart. (GRIEBELER et al., 2021).

2.4 VERMICOMPOSTO

O vermicomposto é o produto final proveniente do processo biológico conhecido como vermicompostagem. Neste processo, a matéria orgânica fresca é transformada através da atuação simultânea das minhocas e microrganismos resultando em material rico em macro e micronutrientes (ALI et al., 2015; STEFFEN et al., 2017). Nutrientes como nitrogênio, potássio, fósforo e cálcio são convertidos em formas mais disponíveis para a absorção das plantas (NDEGWA; THOMPSON, 2001). Nesse processo, as minhocas realizam a fragmentação, a digestão parcial, o revolvimento e a aeração dos resíduos orgânicos de maneira física, aumentando a área de exposição à ação bioquímica dos microrganismos, que por sua vez, aceleram o processo de degradação até obtenção do vermicomposto ou húmus (ANTONIOLLI; GIRACCA; BAUER, 1995; FORNES et al., 2012; VIG et al., 2011).

O vermicomposto é considerado um produto estável, com baixa relação C:N, elevado teor de nutrientes e substâncias húmicas, como humina, ácido fúlvico e ácido

húmico (FORNES et al., 2012). Além disso, apresenta textura fibrosa, granular, esponjosa e porosa, características que possibilitam reter e drenar a água de maneira eficiente e também proporcionar aeração suficiente para a respiração das raízes (MELO et al., 2020).

A utilização de materiais humificados na agricultura vem crescendo nos últimos anos, devido aos múltiplos benefícios sobre o crescimento e desenvolvimento das plantas e rendimento da produção (CANELLAS; OLIVARES, 2014; GARCÍA; IZQUIERDO; BERBARA, 2014). A aplicação de vermicomposto melhora os atributos físicos, químicos e biológicos do substrato ou do solo, como porosidade, aeração, densidade, conteúdo de macro e micronutrientes, armazenamento de água, capacidade de troca de cátions e ânions, atividade microbiana (FORNES et al., 2012; LIM et al., 2015; MELO et al., 2020; MUSCOLO; SIDARI; NARDI, 2013). Contudo, os benefícios da vermicompostagem vão muito além da obtenção de um produto com elevado potencial agrícola, pois contribui na redução de milhares de toneladas de resíduos orgânicos que seriam lançados no meio ambiente (MELO et al., 2020).

Na produção de mudas de espécies arbóreas, o vermicomposto está sendo testado de forma isolada ou combinada com outros substratos, demonstrando inúmeros benefícios no crescimento, desenvolvimento e produtividade das plantas. Substâncias reguladoras do crescimento vegetal, como fitohormônios, substâncias húmicas solúveis e enzimas derivadas do metabolismo microbiano estão presentes no vermicomposto e atuam diretamente sobre a fisiologia das plantas (DOMÍNGUEZ, J. et al., 2010; FORNES et al., 2012; RAVIDRAN, B. et al., 2016; SCAGLIA, B. et al., 2016; STEFFEN et al., 2019), como já foi verificado para *B. forficata* (PECCATTI et al., 2020) e *M. ilicifolia* (PECCATTI, 2017), *Plinia* sp. (DANNER et al., 2007), *Hovenia dulcis* Thunb. (VOGEL et al., 2001), *Eucalyptus grandis* Hill (ex Maiden) e *Corymbia citriodora* (Hook.) (STEFFEN et al., 2011), *Annona muricata* Linnaeus (SOUZA et al., 2003) e *Eugenia uniflora* L. (DALANHOL et al., 2016) e *Jacaranda micranta* Cham. (AMARAL et al., 2017).

**ARTIGO I - CULTIVO DE *Monteverdia ilicifolia* (MART. EX. REISSEK) BIRAL:
EFEITOS RESIDUAIS DE BIOESTIMULANTES NO CRESCIMENTO
VEGETATIVO E ASPECTOS INICIAIS DA FENOLOGIA REPRODUTIVA**

RESUMO

Avaliamos o crescimento vegetativo e aspectos iniciais da fenologia reprodutiva em plantios de *Monteverdia ilicifolia*, cujas mudas foram produzidas com *Trichoderma* e vermicomposto, visando conhecer os possíveis efeitos residuais desses bioestimulantes em condições de campo. As mudas foram produzidas em casa de vegetação e transplantadas para o campo aos 330 dias após a semeadura (d.a.s), em espaçamento 4,0 m x 3,5 m, constituindo dois ensaios, os quais foram avaliados individualmente. Utilizamos o delineamento blocos casualizados, em esquema fatorial (bioestimulante x tempo) com parcelas subdivididas no tempo. Para o ensaio com *Trichoderma* testamos três cepas não-comerciais (isoladas de diferentes superfícies) inoculadas em substrato comercial (cepas T1 e T2: *Trichoderma asperelloides*; T10: *Trichoderma virens*) e um tratamento sem *Trichoderma* spp. (controle). Para o ensaio com vermicomposto, testamos diferentes proporções de vermicomposto e solo não-estéril. Os percentuais de vermicomposto avaliados foram: 0; 20; 40; 50; 60 e 80% em relação ao solo não-estéril (constituindo os tratamentos T₀, T₂₀, T₄₀, T₅₀, T₆₀ e T₈₀, respectivamente). Avaliamos a sobrevivência inicial das plantas no campo, um mês após o plantio (m.a.p) e a sobrevivência final ao término do experimento (aos 43 m.a.p). A altura da parte aérea, o diâmetro do coleto e a relação altura/diâmetro do coleto foram avaliadas no momento do plantio (aos 330 d.a.s) (H₃₃₀, DC₃₃₀ e H/DC₃₃₀) e ao completar 1, 7, 13, 19, 25, 31, 37 e 43 m.a.p no campo (H, DC, H/DC). O número de folhas (NF) foi avaliado semestralmente até 25 m.a.p. O número de ramificações desde a base (NR) e os incrementos periódicos anuais em altura (IPA_h) e em diâmetro do coleto (IPA_{dc}) foram avaliados aos 43 m.a.p. A fenologia reprodutiva foi analisada mensalmente entre os meses de agosto a dezembro de 2018, 2019 e 2020, pelo método presença/ausência de floração e frutificação, quantificados pelo índice de atividade (IA). As taxas de sobrevivência de *M. ilicifolia* no campo são altas; Não há efeito residual da aplicação das cepas T1, T2 (*T. asperelloides*) e T10 (*T. virens*) sobre o crescimento de *M. ilicifolia* em condições campo; O vermicomposto apresenta efeito residual na variável altura até os 43 meses após o plantio; Os substratos compostos pelas proporções T₄₀, T₅₀ e T₆₀ são adequadas para estimular o crescimento inicial das mudas; A entrada em fenologia reprodutiva implica na diminuição dos incrementos em altura e diâmetro do coleto de *M. ilicifolia* e; O índice de atividade de floração aumenta de maneira mais expressiva que o índice de atividade de frutificação no decorrer dos ciclos reprodutivos, mas ainda são insuficientes para inferir sobre a ação dos bioestimulantes. Estudos que avaliem a tipologia floral de cada indivíduo podem ser úteis para melhor compreensão da dinâmica reprodutiva.

Palavras-chave: Arbórea nativa. Espinheira-santa. Vermicomposto. *Trichoderma*.

1 INTRODUÇÃO

A *Monteverdia ilicifolia* (Martius ex Reissek) Biral (Celastraceae) popularmente conhecida como espinheira-santa, é um subarbusto ou árvore de pequeno porte, nativa da América do Sul (CARVALHO-OKANO, 1992). No Brasil, ocorre naturalmente na Mata Atlântica (BIRAL, 2020) e assim como outras espécies desse bioma, teve sua população reduzida em decorrência do processo de expansão das atividades agrícolas e dos centros urbanos. Além disso, a comprovação científica das propriedades químicas intensificou a exploração, despontando em um momento que havia pouco ou nenhum entendimento relacionado à ecologia e silvicultura da espécie. Essa espécie possui importância socioeconômica para a alimentação e agricultura, sendo utilizada como medicamento fitoterápico no tratamento de doenças gastrointestinais (BRASIL, 2014).

Na região Sul do Brasil, a *M. ilicifolia* é considerada prioritária para conservação e manejo sustentável, devido ao potencial econômico de uso medicinal, uso tradicional, carência de técnicas de manejo e cultivo e ausência de projetos de conservação (STEENBOCK; REIS, 2011). Atualmente, a espécie possui uma área de ocorrência estimada em 162.190 km² nesta região (GUARINO; MOLINA; BARBIERI, 2019). Estes fatores reforçam a necessidade de ampliação de áreas cultivadas como estratégia para conservação da população remanescente (ROVEDDER et al., 2016).

M. ilicifolia pode ser cultivada em áreas abertas a pleno sol e em ambientes sob luz difusa, em diferentes condições de fertilidade e regime hidromórfico dos solos (RADOMSKI; BULL, 2010), devido à elevada plasticidade fenotípica. Essas características favorecem a expansão de áreas cultivadas, principalmente em pequenas propriedades rurais. Outras características de interesse agrícola são a emissão de ramificações desde a base do caule e a perenidade para produção de biomassa (CARVALHO-OKANO, 1992). O crescimento lento, no entanto, é um obstáculo a ser contornado, por isso, a aplicação de diferentes tecnologias de produção pode acelerar o crescimento das plantas (KOWALSKI et al., 2008; PECCATTI et al., 2019).

A inclusão de bioestimulantes na cadeia produtiva da *M. ilicifolia* poderá acelerar o crescimento e aumentar a produtividade de biomassa, o que é altamente desejável. Além disso, contribui para a geração de matéria-prima isenta de resíduos agroquímicos e fertilizantes industriais. O *Trichoderma* e o vermicomposto são bioestimulantes com potencial de promoção do crescimento da *M. ilicifolia* e outras espécies florestais, em ambiente controlado (AMARAL et al., 2017; PECCATTI et al.,

2020; PECCATTI et al., 2019; SANTOS et al., 2019, 2020; STEFFEN et al., 2019), mas poucos estudos avaliaram seus benefícios no desempenho das espécies após o plantio a campo.

Fungos do gênero *Trichoderma* conferem benefícios à saúde e produtividade das plantas em termos de nutrição, resistência aos estresses biótico e abiótico e indução da resistência sistêmica (ADETUNJI; ANANI, 2020; HARMAN, 2019; KAMAL et al., 2018). Apesar de todos estes benefícios, diferentes espécies e espécies de uma mesma linhagem apresentam especificidades quanto às respostas na promoção do crescimento, pois, são suscetíveis às interações ambientais e espécie vegetal estudada (MACÍAS-RODRIGUEZ et al., 2020). Assim, a identificação de cepas compatíveis com a espécie de interesse florestal é importante para otimizar tempo e custos de produção e aumentar a qualidade das plantas.

A utilização de vermicomposto como componente de substratos confere melhorias dos atributos físico-químicos e biológicos como o aumento da porosidade, do conteúdo de nutrientes, armazenamento de água e na atividade microbiana (LIM et al., 2015; MELO et al., 2020). Essas melhorias trazem benefícios ao crescimento, desenvolvimento e produtividade das plantas, em decorrência da presença de substâncias reguladoras do crescimento vegetal, como fito-hormônios, substâncias húmicas solúveis e enzimas derivadas do metabolismo microbiano (FORNES et al., 2012; RAVIDRAN et al., 2016; SCAGLIA et al., 2016). Mas, a proporção ideal recomendada para a produção de mudas arbóreas é bastante variável entre espécies nativas, devido aos diferentes padrões de crescimento (AMARAL et al., 2017; PECCATTI et al., 2020; STEFFEN et al., 2011). Assim, devemos estudar cada espécie individualmente para minimizar custos e obter melhores resultados.

O cultivo de espécies arbóreas nativas de interesse ambiental e econômico, como a *M. ilicifolia*, ainda depende de pesquisas sobre o comportamento do crescimento vegetativo e reprodutivo no campo, pois sua área de ocorrência natural é ampla. Compreender como essa espécie se desenvolve, de acordo com as condições ambientais de cada região, poderá auxiliar na definição de estratégias de manejo e conservação em ambientes naturais e cultivados. Por este motivo, avaliamos o crescimento vegetativo e aspectos iniciais da fenologia reprodutiva de plantas de *M. ilicifolia* em plantios, produzidas com os bioestimulantes *Trichoderma* e vermicomposto, visando conhecer os possíveis efeitos residuais desses bioestimulantes em condições de campo.

2 MATERIAL E MÉTODOS

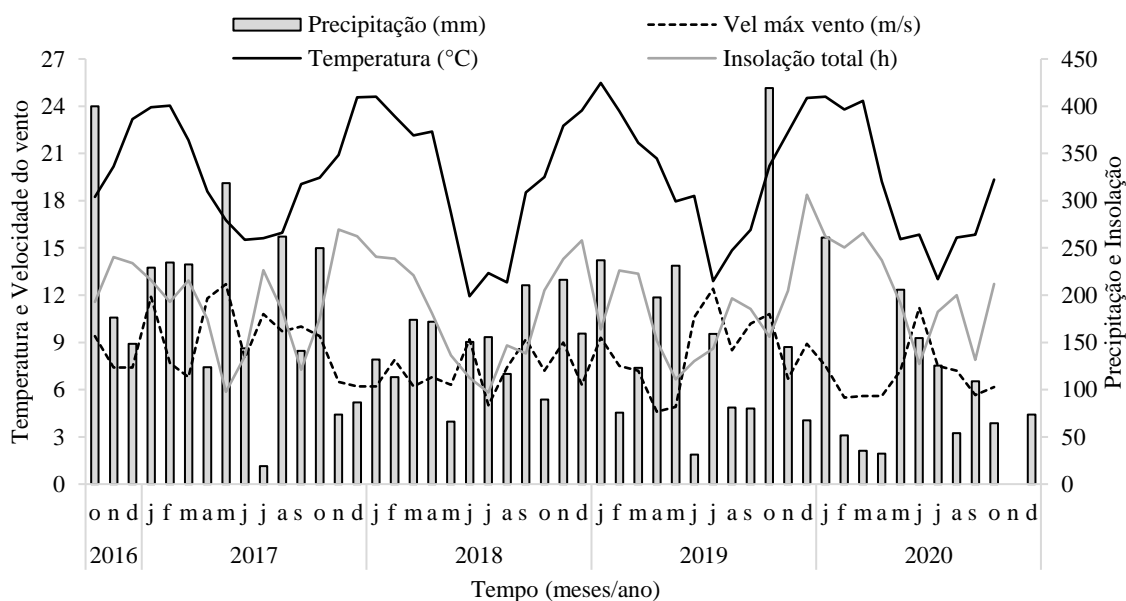
2.1 CARACTERIZAÇÃO DA REGIÃO DE ESTUDO

Nós instalamos os ensaios em outubro de 2016, no Centro de Pesquisa em Florestas localizado no município de Santa Maria, estado do Rio Grande do Sul, região sul do Brasil (29° 41' 25" S e 53° 48' 42" O) com altitude aproximada de 142 m. O clima é do tipo Subtropical úmido (Cfa), com verões quentes e chuvas bem distribuídas durante todos os meses do ano, precipitação média anual de 1.769 mm, temperatura média do ar no mês mais frio entre -3 e 18 °C e no mês mais quente, superior a 22 °C (ALVARES et al., 2013). A disponibilidade de radiação solar é de, no máximo, 28,7 MJ m⁻² dia⁻¹ com insolação máxima de 8 horas por dia (em dezembro e janeiro) (HELDWEIN; BURIOL; STRECK, 2009).

O solo é classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico arênico (EMBRAPA, 2018). A caracterização química do solo antecedeu o plantio das mudas, com coleta de amostras de solo na profundidade 0 - 20 cm, enviadas ao Laboratório de Análises de Solo da Universidade Federal de Santa Maria (LAS/UFSM). A metodologia de análise química seguiu protocolo da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 1997) e interpretação dos resultados conforme o Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina (CQFS - RS/SC, 2016). A análise indicou um solo ácido (pH: 5,1), conteúdo de matéria orgânica baixo (1,6 %), nível de fósforo baixo (3,8 mg dm⁻³), nível de potássio alto (50,0 mg dm⁻³), nível de cálcio baixo (1,7 cmol_c dm⁻³), nível de magnésio médio (0,9 cmol_c dm⁻³), índice SMP de 6,2 e CTC_{pH 7,0} baixa (6,1 cmol_c dm⁻³).

Os dados meteorológicos de precipitação (mm), temperatura média (°C), insolação mensal (h) e velocidade máxima do vento (m/s) são do Banco de Dados Meteorológicos do Instituto Nacional de Meteorologia/ Estação Santa Maria A803 - RS (BDMET/INMET, 2021) (Figura 1).

Figura 1 - Precipitação (mm), temperatura média (°C), insolação total (h) e velocidade máxima do vento (m/s) mensais, registradas na região de estudo, durante o período de condução dos ensaios com *Monteverdia ilicifolia* no campo



Fonte: BDMET/INMET (2021).

2.2 PRODUÇÃO DAS MUDAS, PREPARO DA ÁREA E PLANTIO

Nós produzimos as mudas de *M. ilicifolia* em novembro de 2015 com os bioestimulantes *Trichoderma* e vermicomposto em tubetes de 180 cm³, em casa de vegetação. Após 180 dias, transplantamos para embalagens de polietileno (15 x 20 cm²) preenchidas com substrato composto por solo, esterco bovino curtido e casca de arroz carbonizada na proporção 3:2:1 (v/v) (Apêndice A) e transportamos para área externa, a pleno sol, visando o período de rustificação por 150 dias até o momento do plantio.

O ensaio com *Trichoderma* testou três cepas não-comerciais (cepas T1 e T2: *T. asperelloides* e cepa T10: *T. virens*) inoculadas em uma mistura de substrato comercial Carolina Soil[®] e solo não-estéril peneirado na proporção 1:1 (v/v) e um tratamento controle (sem *Trichoderma*). As cepas T1 e T2 foram isoladas de amostras de solo rizosférico provenientes de povoamentos florestais mistos, próximos à área de plantio, enquanto a cepa T10 foi isolada da superfície de sementes de *Delonix regia* (Bojer ex Hook.) Raf.). A multiplicação e a inoculação das cepas de *Trichoderma* no substrato foram realizadas segundo metodologia proposta por Steffen e Maldaner (2017).

O ensaio com vermicomposto comparou seis proporções de vermicomposto (v) e solo não-estéril (s) (T₀: 0% v + 100% s; T₂₀: 20% v + 80% s; T₄₀: 40% v + 60% s; T₅₀:

50% v + 50% s; T₆₀: 60% v + 40% s e; T₈₀: 80% v + 20% s). Utilizamos esterco bovino curtido como resíduo orgânico para produzir o vermicomposto. O solo utilizado foi o mesmo do local de estudo. As análises químicas do vermicomposto e do solo foram realizadas pelo LAS/UFSM (Apêndice A).

Para o plantio, realizamos escarificação mecânica (até 30 cm de profundidade) nas linhas de plantio, em agosto de 2016. Plantamos as mudas em outubro de 2016 (330 dias após a semeadura) em covas de 30 x 30 x 30 cm³. O espaçamento foi 4 m entre linhas e 3,5 m entre plantas, totalizando 789 m². Adicionamos no interior de cada cova 170 g de NPK (5-20-20) e 230 g de calcário dolomítico como fertilização de base, incorporando os materiais ao solo (CQFS - RS/SC, 2016).

Houve necessidade de irrigação das plantas apenas a partir da segunda quinzena do mês de dezembro, sendo realizadas duas aplicações de 5 L de água/planta com intervalo de aplicação de sete dias entre elas. Em outubro de 2019 (1.080 d.a.p), realizamos fertilização de cobertura com aplicação de 5 L de húmus líquido no solo, próximo ao caule de cada planta de todos os tratamentos. O fertilizante foi produzido pelo Centro de Pesquisas em Florestas (STEFFEN et al., 2017).

2.3 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS

Utilizamos o delineamento experimental blocos casualizados, em esquema fatorial (bioestimulante x tempo) com parcelas subdivididas no tempo. Para o ensaio com *Trichoderma*, os níveis do fator “A” corresponderam às três cepas do fungo (cepas T1 e T2: *Trichoderma asperelloides* e cepa T10: *Trichoderma virens*) e o controle (sem fungo), e o fator “D”, as épocas de avaliação (1, 7, 13, 19, 25, 31, 37 e 43 meses após o plantio), com cinco repetições por tratamento, totalizando 20 plantas.

Para o ensaio com vermicomposto, os níveis do fator “A” foram as seis proporções de vermicomposto no substrato (0, 20, 40, 50, 60 e 80%) e os níveis do fator “D” as épocas de avaliação (1, 7, 13, 19, 25, 31, 37 e 43 meses após o plantio) com 10 repetições por tratamento, totalizando 60 plantas.

2.4 VARIÁVEIS ANALISADAS

Para os dois ensaios, avaliamos a sobrevivência inicial das plantas no campo passado um mês após o plantio (m.a.p) e a sobrevivência final ao término do

experimento (aos 43 meses após o plantio), através da contagem dos indivíduos vivos expressa em percentual.

No momento do plantio (330 d.a.s) e após 1, 7, 13, 19, 25, 31, 37 e 43 m.a.p avaliamos a altura da parte aérea (H) e diâmetro do coleto (DC) com auxílio de trena graduada (cm) e paquímetro digital (mm), respectivamente. A relação altura/diâmetro (H/DC) (cm/mm) foi avaliada somente no momento do plantio (330 d.a.s). Ao término das avaliações (43 m.a.p) analisamos o número de ramificações (NR) de cada planta, considerando somente as ramificações emitidas a partir da base do caule, próximas ao solo e os incrementos periódicos anuais em altura (IPA_h) (cm.ano⁻¹) e em diâmetro (IPA_{dc}) (mm.ano⁻¹), representado pela diferença entre o valor final registrado para altura ou diâmetro e a sua medida inicial, dividido pelo período de tempo analisado (3,6 anos). O número de folhas (NF) foi avaliado aos 1, 7, 13, 19, 25 m.a.p, por meio da contagem de todas as folhas em cada uma das plantas.

Analisamos a fenologia reprodutiva de *M. ilicifolia* em 2018, 2019 e 2020, pelo método presença/ausência de floração e frutificação, quantificados pelo índice de atividade (IA), que exprime o percentual de indivíduos que manifestaram os eventos em cada amostragem (BENCKE; MORELLATO, 2002). Cada planta foi analisada de forma direta e mensalmente, entre os meses de agosto a dezembro de cada ano, período de ocorrência da fase reprodutiva de *M. ilicifolia*, na região sul. Como floração, consideramos desde o surgimento de botões florais até a presença de flores em antese, e como frutificação consideramos desde o surgimento de frutos verdes até sua maturação fisiológica.

2.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os testes de Shapiro-Wilk e de Bartlett avaliaram os pressupostos de normalidade dos resíduos e homogeneidade das variâncias. Quando necessário, realizamos a transformação Box-Cox das variáveis H, DC e H/DC para atender os pressupostos. As variáveis NF e NR foram transformadas por $\sqrt{1 + y}$. Em seguida, realizamos a análise de variância (ANOVA) e quando houve efeito significativo entre os tratamentos pelo teste F, ajustamos as médias usando a análise de regressão polinomial ($p < 0,05$) e/ou comparamos as médias pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$) a 5% de probabilidade de erro, com auxílio do software estatístico Sisvar v.5.6 (FERREIRA, 2019). Cada ensaio foi avaliado individualmente em relação aos bioestimulantes.

3 RESULTADOS

3.1 SOBREVIVÊNCIA E CRESCIMENTO VEGETATIVO

As taxas de sobrevivência das plantas de *M. ilicifolia* cultivadas com *Trichoderma* spp. e vermicomposto, com 1 mês e 43 meses após o plantio (m.a.p) no campo foram altas para a espécie ($p>0,05$) (Tabela 1).

Tabela 1 - Taxas de sobrevivência inicial (1 mês após o plantio) e final (43 meses após o plantio) e médias em altura (H_{330}), diâmetro do coleto (DC_{330}) e relação altura/diâmetro do coleto (H/DC_{330}) de *M. ilicifolia* cultivadas com *Trichoderma* e vermicomposto, no momento do plantio (330 dias após a semeadura – d.a.s)

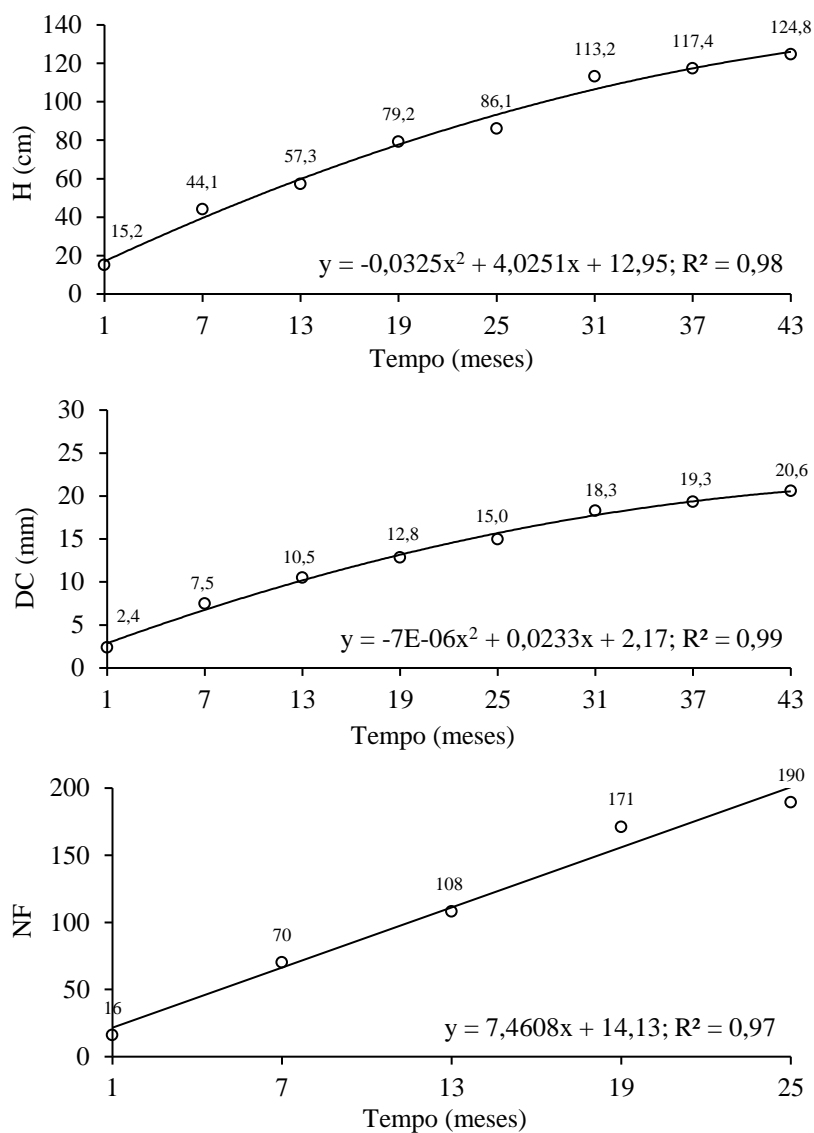
Ensaio	Tratamentos	Sobrevivência (%)		Momento do plantio (330 d.a.s)		
		1 mês	43 meses	H_{330} (cm)	DC_{330} (mm)	H/DC_{330} (cm/mm)
<i>Trichoderma</i>	controle	100 ^{ns}	100 ^{ns}	10,0 ^{ns}	2,2 ^{ns}	4,5 ^{ns}
	cepa T1	100	100	10,0	1,9	5,3
	cepa T2	100	100	10,4	2,2	4,7
	cepa T10	100	100	11,2	2,0	5,6
	Média geral	-	-	12,3	2,1	6,2
	CV (%)	-	-	21,9	22,1	31,7
Vermicomposto	T ₀	100 ^{ns}	100 ^{ns}	13,6 b*	2,2 b*	6,2 ^{ns}
	T ₂₀	90	90	18,2 a	2,5 b	7,3
	T ₄₀	100	100	19,1 a	3,0 a	6,3
	T ₅₀	100	100	20,8 a	2,9 a	7,2
	T ₆₀	100	100	19,6 a	3,1 a	6,3
	T ₈₀	100	100	15,7 b	2,8 a	5,6
	Média geral	-	-	17,8	2,8	6,5
CV (%)	-	-	19,7	17,8	20,6	

*Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro; ns = não significativo; CV: Coeficiente de variação. Em que: T₀, T₂₀, T₄₀, T₅₀, T₆₀, T₈₀ equivalem às proporções 0, 20, 40, 50, 60 e 80% de vermicomposto no substrato; Controle: sem *Trichoderma*; cepas T1 e T2: *T. asperelloides* e cepa T10: *T. virens*.

Para o ensaio com *Trichoderma* no momento do plantio, não houve diferença entre os tratamentos para as variáveis H_{330} , DC_{330} e H/DC_{330} das plantas (Tabela 1). Para o ensaio com vermicomposto, observamos diferença entre os tratamentos para as variáveis H_{330} e DC_{330} . As proporções T₂₀, T₄₀, T₅₀ e T₆₀ incrementaram a altura das plantas em 33,8%, 40,4%, 52,9% e 44,1%, respectivamente, em relação ao controle (T₀). Para o DC, as plantas cultivadas com as proporções T₄₀, T₅₀, T₆₀ e T₈₀ tiveram incrementos entre 27,5% e 40,9% (Tabela 1).

Em relação à análise de variância para o ensaio com *Trichoderma*, não houve interação ($p>0,05$) entre os fatores (bioestimulante x tempo) para as variáveis H, DC e NF. Houve apenas efeito significativo isolado para o fator tempo ($p<0,05$) (Figura 2).

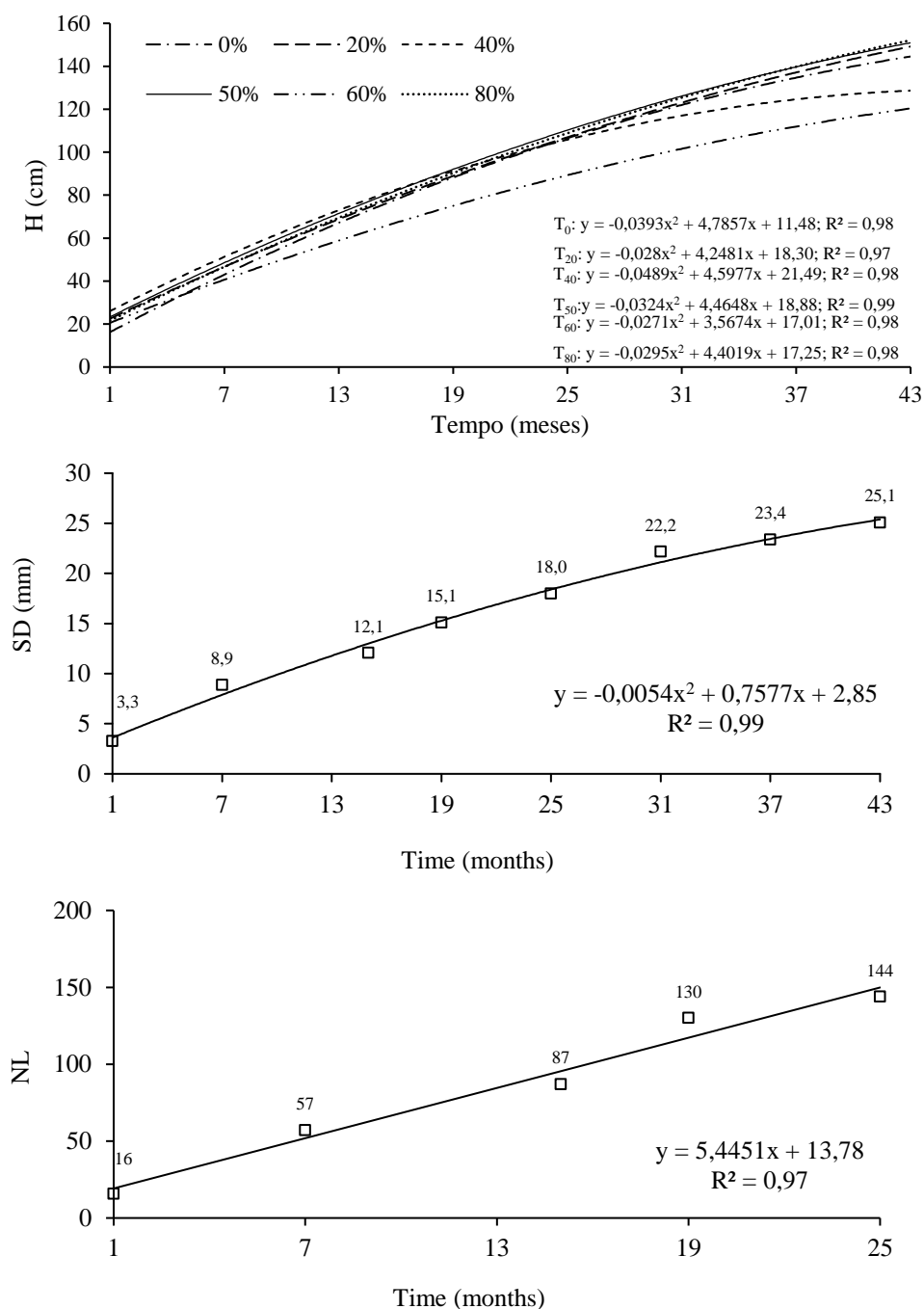
Figura 2 - Crescimento em altura (H), diâmetro do coleto (DC) e número de folhas (NF) de plantas de *M. ilicifolia*, cultivadas com *Trichoderma* spp. no campo, em relação ao tempo de avaliação, Santa Maria, RS



Fonte: A autora (2021).

Para o ensaio com vermicomposto, houve interação significativa (bioestimulante x tempo) somente para a variável H das plantas ($p<0,05$). Para as variáveis DC e NF houve apenas efeito significativo isolado para o fator tempo (Figura 3).

Figura 3 - Crescimento em altura (H), diâmetro do coleto (DC) e número de folhas (NF) de plantas de *M. ilicifolia*, cultivadas com vermicomposto no campo, em relação ao tempo de avaliação, Santa Maria, RS



Fonte: A autora (2021).

As plantas cultivadas com *Trichoderma* não apresentaram efeitos das cepas nas variáveis NR, IPA_h e IPA_{dc}, assim como as plantas cultivadas com diferentes proporções de vermicomposto no substrato, exceto para o IPA_h em que, T₀, T₂₀, T₅₀ e T₈₀ proporcionaram maiores incrementos anuais das plantas (Tabela 2).

Tabela 2 - Número de ramificações (NR), incremento periódico anual em altura (IPA_h) e em diâmetro do coleto (IPA_{dc}) de plantas de *M. ilicifolia* cultivadas com *Trichoderma* e vermicomposto aos 43 m.a.p no campo, Santa Maria, RS

Ensaio	Tratamentos	NR	IPA _h (cm.ano ⁻¹)	IPA _{dc} (mm.ano ⁻¹)
<i>Trichoderma</i>	controle	2,0 ^{ns}	30,5 ^{ns}	5,9 ^{ns}
	cepa T1	3,0	31,6	5,3
	cepa T2	2,0	30,3	4,7
	cepa T10	2,0	29,4	4,4
	Média geral	2,2	30,4	5,1
	CV (%)	34,7	23,4	48,8
Vermicomposto	T ₀	3,0 ^{ns}	35,2 a *	5,5 ^{ns}
	T ₂₀	3,0	35,4 a	5,7
	T ₄₀	3,0	29,2 b	5,8
	T ₅₀	4,0	35,2 a	7,2
	T ₆₀	5,0	26,5 b	5,4
	T ₈₀	4,0	36,8 a	6,8
	Média geral	3,6	33,0	6,1
CV (%)	24,3	23,6	34,6	

*Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro; CV: Coeficiente de variação. Em que: T₀, T₂₀, T₄₀, T₅₀, T₆₀, T₈₀ equivalem às proporções 0, 20, 40, 50, 60 e 80% de vermicomposto no substrato; Controle: sem *Trichoderma*; cepas T1 e T2: *T. asperelloides* e cepa T10: *T. virens*.

3.2 FENOLOGIA REPRODUTIVA

As plantas de *M. ilicifolia* produzidas com *Trichoderma* e vermicomposto apresentaram a primeira fase reprodutiva em agosto de 2018, aos 660 d.a.p (Figura 4).

Para o ensaio com vermicomposto, a duração do período reprodutivo foi de agosto a novembro, em 2018 e 2019 (Figura 4a). A floração nestes períodos ocorreu de agosto a outubro, com índices de atividade (IA) máximos em setembro, para a maioria das proporções. Em 2018, o IA máximo observado foi de 50% para as plantas cultivadas com as proporções T₅₀ e T₈₀, e em 2019, o IA máximo foi de 60% para as plantas cultivadas com as proporções T₀ e T₈₀. A frutificação em 2018 e 2019 ocorreu em novembro, com IA não superior a 20%. Em 2018, apenas as plantas cultivadas com as proporções T₅₀, T₆₀ e T₈₀ frutificaram, e em 2019 somente T₀, T₆₀ e T₈₀.

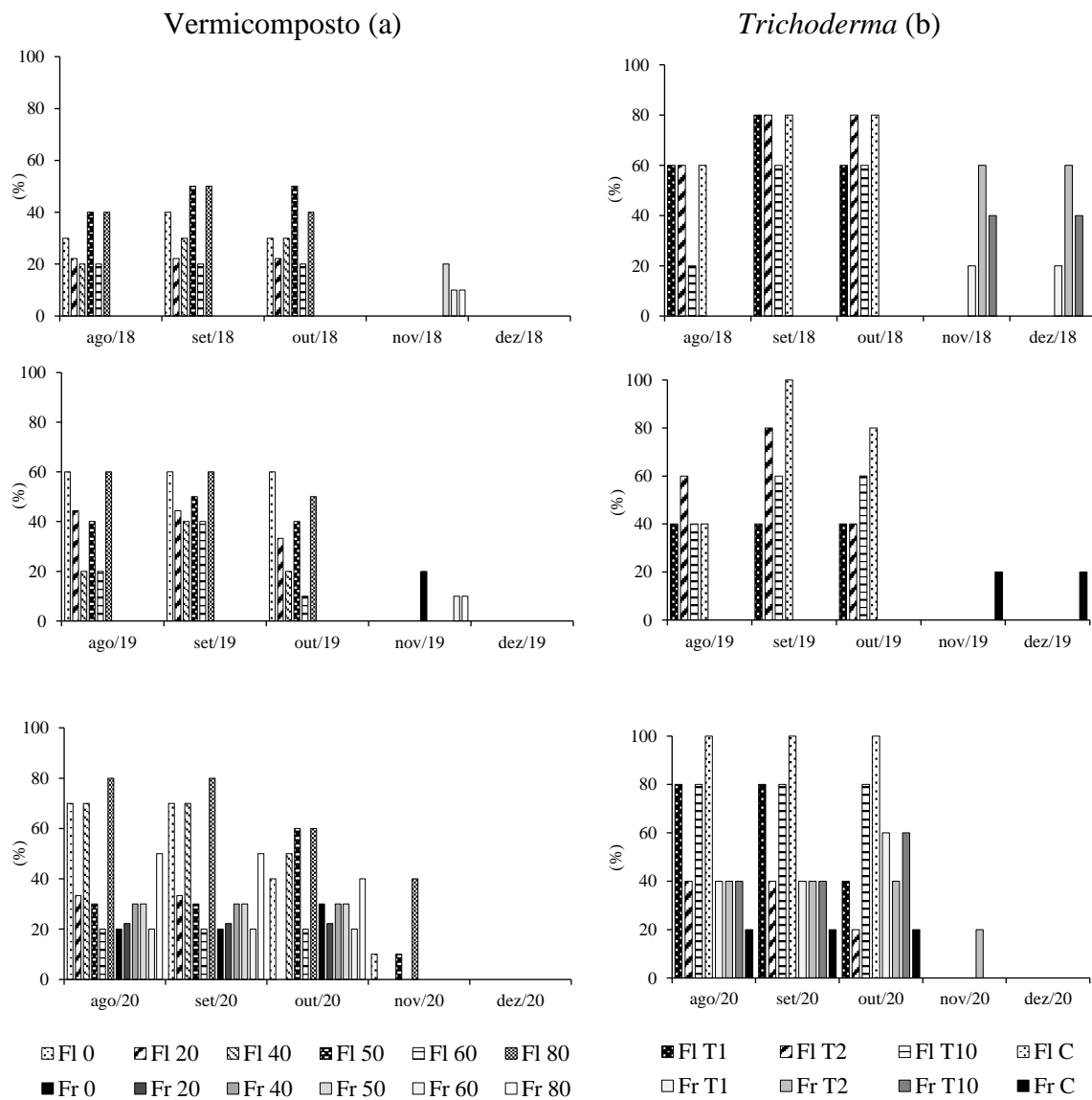
Em agosto/2020, verificamos a antecipação do período reprodutivo de *M. ilicifolia* se comparado aos anos anteriores, pois os eventos floração e frutificação estavam ocorrendo simultaneamente. A floração teve períodos de duração distintos entre os tratamentos, se estendendo até setembro para as plantas cultivadas com a proporção T₂₀; outubro para T₄₀ e T₆₀ e até novembro para T₀, T₅₀ e T₈₀. Os picos de floração foram observados, principalmente, em agosto e setembro para T₀, T₂₀, T₄₀ e

T₈₀, com IA máximo igual a 70, 33, 70 e 80%, respectivamente. A proporção T₅₀ teve IA máximo em outubro com 60% das plantas em floração e as plantas cultivadas com a proporção T₆₀ mantiveram-se constantes durante todo o período (IA máximo = 20%) (Figura 4a). A frutificação ocorreu de agosto a outubro de 2020. As plantas cultivadas com as proporções T₂₀, T₄₀, T₅₀ e T₆₀ apresentaram IA constantes durante todo o período com valores não superiores a 30%. Os IA máximos de frutificação das plantas cultivadas com a proporção T₀ foi em outubro (30%), enquanto para T₈₀ ocorreu em agosto e setembro (50%) (Figura 4a).

Para o ensaio com *Trichoderma* (Figura 4b), nos anos 2018 e 2019, o período reprodutivo de *M. ilicifolia* foi observado entre agosto e dezembro. Nestes anos, a floração iniciou em agosto e terminou em outubro, com IA máximos a partir de setembro para todos os tratamentos. Os IA máximos de floração de 2018 para 2019 diminuíram para T1 (de 80% em 2018 para 40% em 2019) e aumentaram para o controle (de 80% em 2018 para 100% em 2019). O período de frutificação nestes anos ocorreu de novembro a dezembro, sendo que em 2018 somente as plantas cultivadas com *Trichoderma* frutificaram, enquanto em 2019, a frutificação foi observada apenas para o controle com IA igual a 20%.

Em agosto/2020, assim como no ensaio com vermicomposto, houve a antecipação do período reprodutivo. Neste ano, a floração se estendeu até outubro para todos os tratamentos. As plantas cultivadas com as cepas T1 e T2 tiveram IA de floração máximos em agosto e setembro, enquanto as plantas cultivadas com a cepa T10 e o controle mantiveram IA constantes em todo o período. A frutificação das plantas iniciou em agosto e se estendeu até outubro para todos os tratamentos, exceto a cepa T2 (até novembro). As plantas cultivadas com as cepas T1 e T10 tiveram IA máximo de frutificação em outubro (IA = 60%). Os índices para a cepa T2 e controle foram constantes durante todo o período, com 40% e 20%, respectivamente (Figura 4b).

Figura 4 - Índice de Atividade (%) de floração e frutificação de plantas de *M. ilicifolia*, cultivadas com *Trichoderma* e vermicomposto no campo, Santa Maria, RS



Em que: Fl = floração; Fr = frutificação; 0, 20, 40, 50, 60 e 80% equivalem às proporções de vermicomposto; T1 e T2: cepas *T. asperelloides* e T10: cepa *T. virens*, C: controle (sem *Trichoderma*).
Fonte: A autora (2021).

4 DISCUSSÃO

4.1 SOBREVIVÊNCIA

As altas taxas de sobrevivência observadas para as plantas cultivadas com *Trichoderma* spp. e vermicomposto, possivelmente estão associadas ao fato de as condições da área de plantio terem sido adequadas para as plantas se estabelecerem no campo, tendo em vista que os tratamentos controle/sem *Trichoderma* e T₀ também apresentaram taxas altas. Resultado semelhante foi observado por Scheffer (2001) em plantas de *M. ilicifolia* com 23 e 38 meses de idade, demonstrando a elevada plasticidade fenotípica da espécie em plantios.

A plasticidade fenotípica é uma característica que possibilita às plantas se adaptarem em diferentes intensidades lumínicas (TAIZ et al., 2017), como é o caso da *M. ilicifolia*. Visando o extrativismo sustentável, espécies com essa característica estão menos suscetíveis às limitações ambientais, sendo a luminosidade uma delas, principalmente nas pequenas propriedades rurais, as quais geralmente possuem espaços com restrições para o plantio.

A relação H/DC₃₃₀ das plantas no momento do plantio pode ter favorecido o estabelecimento inicial no campo, visto que todos os tratamentos tiveram valores menores ou igual a 7,3 cm.mm⁻¹, portanto, esse resultado pode ser considerado aceitável para a espécie ser transplantada ao campo. De maneira geral, estudos com espécies arbóreas que ocorrem nas mesmas fitofisionomias vegetais da *M. ilicifolia*, demonstram que valores menores que 10,00 cm. mm⁻¹ são adequados para o plantio (AIMI et al., 2017; AIMI et al., 2020b; GASPARIN et al., 2017).

A relação H/DC é um parâmetro importante a ser analisado no pré-plantio, pois permite inferir a respeito da suscetibilidade das plantas na presença de eventos abióticos extremos (RITCHIE et al., 2010). Nós queríamos analisar a relação H/DC no momento do plantio, pois havia variação na H de plantas entre os tratamentos e essas, quando levadas para o campo, apresentavam valores inferiores aos recomendados para o plantio da espécie, entre 35,0 - 40,0 cm de altura (SILVA JÚNIOR, 2003).

4.2 COMPORTAMENTO DO CRESCIMENTO VEGETATIVO

O crescimento vegetativo da *M. ilicifolia* no campo apresentou dois períodos distintos e bem caracterizados até 37 m.a.p (novembro/2019) (Figuras 2, 3). Um período de maior crescimento vegetativo (maiores incrementos), abrangendo basicamente os seis meses de temperaturas mais altas do ano (novembro a abril) e um período de menor crescimento vegetativo com menores incrementos em H e DC (maio a outubro) devido às temperaturas baixas dos quatro primeiros meses (Figura 1) e ao início da fenologia reprodutiva da espécie em agosto/2018, na região de estudo (Figura 4).

A partir dos 37 m.a.p, o comportamento do crescimento vegetativo da espécie é alterado. Os incrementos em H e DC das plantas no último período avaliado (37 a 43 m.a.p) apresentaram valores três vezes menores, aproximadamente, se comparado aos anteriores para o mesmo período (novembro a maio). Acreditamos que esse resultado foi influenciado pela antecipação da fenologia reprodutiva da espécie em 2020, visto que em agosto/2020 as plantas apresentavam frutos imaturos, enquanto em agosto de 2018 e 2019 as plantas iniciavam a fenofase floração (Figura 4). A sobreposição de períodos de crescimento vegetativo e reprodutivo da *M. ilicifolia* também foram observados por Mazza et al. (2011). Segundo os autores, este comportamento pode culminar numa competição sazonal de recursos entre os períodos e refletir nas estratégias da espécie devido às alterações de períodos mais ou menos favoráveis de distribuição de recursos.

As variáveis morfológicas H e DC de plantas cultivadas com *Trichoderma* spp. e vermicomposto apresentaram comportamento quadrático decrescente no tempo, durante o período de estudo (Figuras 2, 3). Este comportamento não era esperado, pois sugere que as plantas estariam se aproximando de uma estabilização no crescimento, característica de árvores maduras. Entretanto, até 43 m.a.p nem todas as plantas haviam entrado em fenologia reprodutiva, característica da fase adulta (TAIZ et al., 2017) e não havia sinais relacionados a déficit nutricional ou doenças nas plantas. Os resultados mostram que não houve decréscimo nos valores em H e DC das plantas, mas sim, uma diminuição gradativa entre os incrementos semestrais em H e DC, verificados nos períodos de maior e menor crescimento vegetativo das plantas e isso pode ter causado um achatamento nas curvas de crescimento.

No primeiro ano de plantio (até 13 m.a.p), os incrementos em H e DC foram maiores, possivelmente porque houve um direcionamento maior da energia metabólica

ao crescimento vegetativo. Com o início da fenologia reprodutiva aos 22 m.a.p (agosto/2018), os incrementos em H e DC de ambos os períodos diminuíram de maneira expressiva (Figuras 2, 3), tendo em vista que as plantas precisaram realocar recursos para o desenvolvimento dos órgãos reprodutivos (TAIZ et al., 2017).

A diminuição nos incrementos em H e DC das plantas é mais perceptível nos períodos de menor crescimento vegetativo (maio a outubro), pois está relacionado com a diminuição da temperatura e do número de horas de insolação (Figura 1). Esses fatores alteram as taxas fotossintéticas das plantas, resultando em incrementos de biomassa mais baixos (TAIZ et al., 2017). Comportamento semelhante foi observado por Mazza et al. (2011) e Aimi et al. (2020b) em *M. ilicifolia* e *Cabranea canjerana* (Vell.) Mart., respectivamente. Além disso, a diminuição dos incrementos em H e DC também parece estar inversamente associada ao aumento da capacidade reprodutiva da espécie, visto que os índices de atividade de floração e frutificação das plantas entre o primeiro e o terceiro período fenológico aumentaram (Figura 4).

Em relação ao NF das plantas cultivadas com *Trichoderma* spp. e vermicomposto até 25 m.a.p no campo, o comportamento linear crescente no tempo (Figuras 2, 3) era esperado, devido ao ciclo de vida perene da espécie (CARVALHO-OKANO, 1992).

4.2.1 Efeitos do *Trichoderma*

A análise dos efeitos dos bioestimulantes sobre as variáveis de crescimento de *M. ilicifolia* no momento do plantio, demonstrou que as cepas de *Trichoderma* spp. não promoveram o crescimento inicial em H₃₃₀ e DC₃₃₀ das plantas (Tabela 1). Esse resultado também foi observado até os 180 dias após a semeadura em tubetes, enquanto as mudas estavam em casa de vegetação (PECCATTI et al., 2019). No entanto, a hipótese inicial de que a espécie poderia necessitar de um período de tempo maior para estabelecer a interação com os isolados fúngicos para expressar efeitos de promoção do crescimento é descartada, já que essa situação também não foi verificada nas avaliações posteriores. Ainda assim, o fato de algumas espécies florestais apresentarem crescimento lento (como a *M. ilicifolia*) parece estar associado com a eficiência de alguns isolados de *Trichoderma* spp. em promover o crescimento das plantas, conforme observado neste estudo e em cultivos com *Eugenia pyriformis* Cambess e *Myrcianthes punges* (SOLDAN et al., 2018).

Por outro lado, fungos do gênero *Trichoderma* têm demonstrado respostas distintas na promoção do crescimento de espécies arbóreas florestais, sugerindo que a competência entre espécies e entre cepas de espécies iguais é específica e está sujeita à associação ou não com a espécie arbórea de interesse para apresentar efeitos de promoção do crescimento, assim como as condições ambientais em que a planta se desenvolve. Essa relação tem sido observada em condições controladas (casa de vegetação) e não controladas (campo), demonstrando existir mecanismos e intensidades de ação distintos entre os isolados fúngicos, possivelmente associados à capacidade produtiva de metabólitos secundários específicos (SOLDAN et al., 2018) e/ou à capacidade desses isolados em colonizar as raízes das plantas (HARMAN et al., 2019).

Estudos realizados em casa de vegetação com os mesmos isolados fúngicos testados neste trabalho (cepas T1 e T2: *T. asperelloides* e cepa T10: *T. virens*) evidenciaram diferentes intensidades entre as cepas sobre os efeitos de promoção do crescimento para outras espécies arbóreas. Para a *Corymbia citriodora* (Hook.) K. D. Hill & L. A. S. Johnson, as cepas T1 e T2 anteciparam a emergência das plântulas e promoveram o crescimento das mudas, porém, para esta espécie a cepa T2 foi superior à cepa T1 em altura, diâmetro do coleto e massa fresca da parte aérea (STEFFEN et al., 2019a). Para *Bauhinia forficata* Link., as cepas T1 e T2 promoveram o crescimento em altura, diâmetro do coleto e área foliar das mudas (PECCATTI et al., 2020), enquanto para *Jacaranda micranta* Cham. a cepa T2 apresentou valores mais altos em altura e diâmetro do coleto em relação a cepa T10 (AMARAL et al., 2017).

Em condições de campo, as habilidades e contribuições funcionais de *Trichoderma* spp. são influenciadas pelas variáveis ambientais, de modo que os mecanismos de ação estão intimamente relacionados à adaptação dos isolados às condições de clima e solo da região (STEFFEN et al., 2019). No entanto, ainda existem lacunas de conhecimento a respeito dos benefícios que *Trichoderma* spp. podem proporcionar nas variáveis de crescimento de espécies arbóreas, talvez porque os fatores ambientais e microbianos que contribuem para atenuar (ou não) os mecanismos de ação ainda não foram totalmente determinados (MACÍAS-RODRIGUEZ et al., 2020).

No ambiente rizosférico, sabe-se que as interações são moduladas pela produção de antibióticos e sideróforos, mas a mesma espécie de *Trichoderma* spp. pode não colonizar totalmente as raízes das plantas (MACÍAS-RODRIGUEZ et al., 2020), relação verificada em plantios de *E. pyrifomis* e *M. punges* cultivadas com os isolados *Trichoderma* FS1 e Trichonat PM no campo (SOLDAN et al., 2018).

Também, em um plantio de enriquecimento com espécies arbóreas nativas cultivadas com *T. asperelloides* (cepa T2) (a mesma testada neste estudo) na região Sul do Brasil, a cepa T2 beneficiou o crescimento de *Cabralea canjerana* (Vell.) Mart. (exceto para o incremento em altura das plantas), *Cedrela fissilis* Vellozo e *Cordia trichoma* (Vell.) Arráb. Ex Steud, mas não beneficiou o crescimento das espécies *Erythrina cristagalli* L. e *Luehea divaricata* Mart. & Zucc (GRIEBELER et al., 2021). Esses achados apontam para a necessidade dos microrganismos de interesse florestal e agrônomo serem avaliados em nível de cepas e não somente de gênero ou espécies, visto as especificidades mencionadas. Em relação à *M. ilicifolia*, outros isolados de *Trichoderma* spp. devem ser testados na produção de mudas, visando encontrar espécies ou cepas compatíveis com a espécie arbórea.

4.2.2 Efeitos do vermicomposto

Para o ensaio com vermicomposto, um efeito residual da aplicação do insumo em casa de vegetação foi observado nas variáveis morfológicas H e DC das plantas no momento do plantio (Tabela 1), demonstrando os benefícios desse insumo na promoção do crescimento inicial de *M. ilicifolia*, principalmente com as proporções T₄₀, T₅₀ e T₆₀ as quais incrementaram a H e o DC das plantas em valores acima de 40,4% e 31,8%, respectivamente. Resultados semelhantes também foram observados durante o período de produção de mudas em casa de vegetação até 180 d.a.s (PECCATTI, 2017). As médias mais baixas na H₃₃₀ das plantas, observadas com as proporções T₀ e T₈₀ (Tabela 1), também são reflexo dos resultados encontrados em casa de vegetação, devido ao déficit nutricional no substrato T₀ e às características físicas do substrato T₈₀ (aumento do volume poroso e menor agregação do substrato) os quais impuseram limitações ao crescimento inicial das plantas (PECCATTI, 2017).

A utilização de doses mais elevadas de vermicomposto na composição de substratos tem proporcionado melhores resultados em variáveis morfológicas, estimulando o crescimento de espécies arbóreas (AMARAL et al., 2017; PECCATTI et al., 2020; STEFFEN et al., 2011). Isso, possivelmente se deve à presença de fitohormônios, substâncias húmicas solúveis e enzimas derivadas do metabolismo microbiano no vermicomposto, os quais atuam na promoção do crescimento das plantas (RAVINDRAN et al., 2016; SCAGLIA et al., 2016).

Em condições de campo, estudos têm demonstrado que os efeitos residuais de tratamentos aplicados na fase de produção de mudas em viveiro, tendem a desaparecer nos primeiros meses após o plantio no campo. A principal evidência desses achados é que no campo as raízes passam a explorar igualmente maior volume de solo e quantidade de nutrientes, assim, a dependência das plantas à condição induzida (tratamentos) é reduzida e o crescimento torna-se equiparado entre os indivíduos (GASPARIN et al., 2014; GASPARIN et al., 2017; GRIEBELER et al., 2021).

Nossos resultados demonstram que o efeito residual da aplicação do vermicomposto na variável H das plantas (Figura 3) são observados até os 43 meses após o plantio no campo, contrariando o período de tempo relatado pela maioria dos estudos. Esse efeito evidencia que os mecanismos de ação do vermicomposto sobre o crescimento vegetativo das plantas permanecem atuando por um período de tempo maior após as plantas serem transplantadas para o campo, fato que pode estar associado a presença de substâncias reguladoras do crescimento vegetal no vermicomposto, as quais agem diretamente sobre a fisiologia das plantas (RAVINDRAN et al., 2016; SCAGLIA et al., 2016; STEFFEN et al., 2019).

Aos 43 meses após o plantio no campo, as plantas cultivadas com as proporções T₄₀ e T₆₀ apresentaram valores em H inferiores aos demais tratamentos (Figura 3), pois os IPA_h também foram menores para as plantas cultivadas com essas proporções (Tabela 2). Além disso, considerando que não houve efeitos para o IPA_{dc} das plantas, esses resultados sugerem que a espécie investiu maior alocação de carbono no crescimento em altura durante o período de estudo (Tabela 2).

O fato de alguns indivíduos da espécie emitirem maior ou menor número de ramificações primárias a partir da base do caule pode ter contribuído para os IPA_h das plantas cultivadas com T₄₀ e T₆₀ terem sido menores, pois, nesse caso, as plantas precisaram realocar recursos também para o crescimento das ramificações. Além do mais, com o passar do tempo, observamos uma expansão das ramificações laterais (secundárias e terciárias) da copa das plantas, por isso, alturas menores, no caso da *M. ilicifolia*, pode não resultar na diminuição em biomassa foliar.

Portanto, apesar deste estudo ter relatado efeitos residuais do vermicomposto por um período de tempo maior no campo, a inferência sobre qual proporção a ser recomendada para a produção de mudas de *M. ilicifolia* encontra limitações a partir de uma única variável de crescimento (altura), sendo necessário estudos adicionais para

verificar este comportamento da espécie, principalmente, em relação a atributos que podem expressar melhor o aumento em biomassa foliar.

4.3 FENOLOGIA REPRODUTIVA

A primeira fase reprodutiva de *M. ilicifolia* iniciou aos 20 meses após o plantio no campo (agosto de 2018), quando as plantas apresentavam 1,8 anos de idade, considerando apenas o período após o plantio ou 2,7 anos após a semeadura (PECCATTI, 2017; PECCATTI et al., 2019), sugerindo uma fase juvenil relativamente curta para a espécie. Estes resultados estão próximos aos observados por Scheffer (2004). Segundo a autora, o florescimento da espécie, quando cultivada, ocorre a partir do terceiro ou quarto ano após a semeadura.

A mudança para a fase adulta reprodutiva das espécies costuma ocorrer após um período de crescimento vegetativo e como resposta a uma série de estímulos internos (como idade cronológica e altura das plantas) e estímulos externos (como temperatura e fotoperíodo) (TAIZ et al., 2017). Neste estudo, nem todas as plantas cultivadas apresentaram a mudança para a fase reprodutiva em agosto/2018 o que pode estar relacionado com o fato de existir variações em altura entre alguns indivíduos. Além disso, nem todas as plantas que floresceram no primeiro ano, entraram em fenologia reprodutiva nos anos seguintes, demonstrando que fatores ambientais podem ter atuado sobre o processo.

Aos 22 m.a.p no campo, as plantas cultivadas com os bioestimulantes (e os tratamentos testemunhas) possuíam aspecto visualmente saudável, hábito verde, sem sintomas de deficiência nutricional e/ou doenças. Em alguns indivíduos foi possível verificar danos causados por formigas cortadeiras, principalmente nas ramificações e folhas jovens. Os incrementos em H e DC das plantas foi menor para os períodos posteriores ao início da fenologia reprodutiva se comparado ao período anterior em que ainda não havia iniciado (Figuras 2, 3). Essa situação tende a ocorrer, pois, as plantas investem recursos na emissão dos órgãos reprodutivos (TAIZ et al., 2017).

O florescimento teve mesma duração nos ciclos de 2018 e 2019, de agosto a outubro, mas diferiu em 2020 devido à antecipação da fenofase que somente foi percebida em agosto de 2020, momento pelo qual as plantas apresentavam as fenofases floração e frutificação (frutos imaturos) ocorrendo simultaneamente. Nós não esperávamos que isso pudesse acontecer, já que os dois ciclos anteriores coincidiram

com o período de ocorrência do ciclo reprodutivo da espécie em regiões próximas (MALYSZ; ZANIN, 2011).

A antecipação possivelmente ocorreu porque em maio/2020 a temperatura média foi mais amena (15,6 °C) em relação a maio/2018 e maio/2019 (17,2 °C e 18,0 °C, respectivamente), estando muito próximas às temperaturas registradas em agosto/2018 (12,8 °C) e agosto/2019 (14,9 °C) quando a espécie iniciou o período reprodutivo. Além disso, de novembro/2019 a maio/2020, o número de horas de insolação foi maior em relação ao mesmo período do ano anterior, em decorrência do período de estiagem entre fevereiro e abril/2020 (Figura 1). Esses resultados sugerem que a *M. ilicifolia* pode ser sensível ao fotoperíodo e à temperatura (entre 12,8 °C e 15,6 °C) para entrar em fenologia reprodutiva. Segundo Taiz et al. (2017), o comprimento do dia é um fator determinante do florescimento, mas algumas espécies só respondem ao fotoperíodo quando alcançada uma determinada temperatura.

Mazza et al. (2011), ao estudarem a fenologia reprodutiva de *M. ilicifolia*, obtiveram correlação positiva entre a emissão de brotos florais e as variáveis temperatura máxima e comprimento do dia do mês anterior ao evento; correlação positiva entre antese e as variáveis precipitação do mês corrente, temperatura máxima, comprimento do dia (do mês corrente, do mês anterior, e de dois meses anteriores ao evento) e; correlação positiva entre ocorrência de frutos imaturos e precipitação de dois meses anteriores ao evento. Nossos resultados também sugerem que o início da fenologia reprodutiva em 2020 foi influenciado pelos fatores abióticos temperatura média, horas de insolação e precipitação (estiagem). De acordo com Taiz et al. (2017) as plantas respondem às mudanças do ambiente alterando sua fisiologia ou morfologia para melhorar a sobrevivência e a reprodução. Plantas perenes (como a *M. ilicifolia*) tendem a ajustar seus programas de metabolismo e desenvolvimento visando garantir o armazenamento ideal de recursos alimentares para sobreviverem no próximo período.

De maneira geral, a floração da espécie em 2018 e 2019 foi sazonal e síncrona às épocas e aos eventos climáticos observados para os períodos, com duração de 3 meses, enquanto em 2020, é possível que o período de floração tenha se estendido por 6 a 7 meses, caracterizando um ciclo atípico para a espécie (considerando que em agosto/2020 as plantas apresentavam frutos imaturos). Malysz e Zanin (2011) ao estudarem a fenologia reprodutiva em indivíduos adultos de *M. ilicifolia* em regiões próximas, observaram a ocorrência de botões florais e flores em antese em baixas

intensidades a partir do mês de março, sugerindo que as plantas podem ter detectado algum estímulo ambiental para entrarem em fenologia reprodutiva.

De acordo com Taiz et al. (2017), o florescimento possui regulação autônoma quando ocorre somente em resposta aos fatores de desenvolvimento internos da planta e independe de fatores ambientais. Mas, a resposta é facultativa quando o florescimento ocorre devido a estímulos ambientais ou também na ausência deles. Nossos resultados sugerem que a *M. ilicifolia* possui resposta facultativa, pois demonstrou depender de sinais ambientais e autônomos para promover o desenvolvimento reprodutivo.

Em relação à frutificação/2018, somente as plantas cultivadas com as proporções T₅₀, T₆₀ e T₈₀ de vermicomposto e os tratamentos com *Trichoderma* spp. frutificaram. Estes resultados sugerem que as proporções mais elevadas de vermicomposto e os isolados fúngicos podem ter favorecido na formação dos frutos, visto que há evidências científicas comprovando os benefícios desses bioestimulantes sobre o aumento da produtividade de espécies vegetais (STEFFEN et al., 2019b; MARRA et al., 2021). Entretanto, achamos conveniente não realizarmos a análise estatística para os aspectos reprodutivos iniciais da espécie, devido a idade das plantas e também porque nem todos os indivíduos floresceram e/ou frutificaram no primeiro ciclo reprodutivo. A *M. ilicifolia* apresenta características específicas quanto ao comportamento reprodutivo, e por isso, as informações obtidas ao término do primeiro ciclo reprodutivo eram insuficientes para deduzir acerca dos bioestimulantes.

Na fase reprodutiva de 2019, mesmo com o aumento dos índices de atividade para floração, a maioria das plantas não frutificou. Este resultado, possivelmente foi influenciado pelo volume de chuva acima da média climatológica (INMET, 2019) associado aos ventos mais intensos na região, em outubro (Figura 1), culminando com a abscisão das flores. A influência negativa de fatores abióticos sobre as fenofases reprodutivas, principalmente, no início da floração é relatada em outros estudos (SOUZA; FUNCH, 2016; STEENBOCK, 2003).

Em 2020, a frutificação iniciou antes (agosto) para as plantas cultivadas com os dois bioestimulantes, em decorrência da antecipação do florescimento. Mas, independentemente de a floração ter sido observada por um período de tempo maior, a frutificação ocorreu somente até outubro (vermicomposto) e novembro (*Trichoderma* spp.). Isso indica que houve mais de uma emissão de flores durante o ciclo e que parte delas não foram fecundadas, pois, as flores de outubro não resultaram em frutos nos meses seguintes. A emissão de novas flores após a ocorrência de geadas intensas foi

observada em populações naturais de *M. ilicifolia*, resultando em um ciclo efêmero e ausência de frutos (STEENBOCK, 2003).

Houve uma tendência de aumento nos IA de floração das plantas de cada tratamento, para os ensaios com *Trichoderma* spp. e vermicomposto no decorrer dos ciclos reprodutivos. Para a frutificação, essa tendência também foi observada, exceto em 2019, entretanto o aumento nos IA não foram muito expressivos de 2018 para 2020. Isso pode ter ocorrido devido ao grau de perturbação em áreas cultivadas ser mais elevado e refletir na presença de polinizadores (SCHEFFER, 2001), mas principalmente, porque a *M. ilicifolia* possui flores morfológicamente monoclinas com comportamento funcional de flores diclinas (MAZZA et al., 2011; STEENBOCK, 2003). Neste estudo, não foi possível analisar o tipo floral de cada indivíduo, visto que até a terceira fase reprodutiva da espécie, somente o tratamento controle do insumo *Trichoderma* spp. havia apresentado 100% dos indivíduos em floração (Figura 4b). Por isso, é necessário identificar os tipos florais em estudos posteriores para compreender melhor a dinâmica reprodutiva do cultivo em relação à produção de frutos e sementes.

O fato de a espécie possuir ampla distribuição geográfica implica em diferentes épocas de ocorrência da fenologia reprodutiva. Em regiões com latitudes e altitudes mais elevadas, o período reprodutivo da espécie parece ser mais tardio (SCHEFFER, 2001; MARIOT; BARBIERI, 2007). Em Erechim, RS, o período reprodutivo da *M. ilicifolia* foi observado de agosto a fevereiro (MALYSZ; ZANIN, 2011). Na Floresta Nacional de Irati, PR, o período ocorreu de julho a fevereiro (MAZZA et al., 2011). Neste estudo, o período reprodutivo da *M. ilicifolia* ocorreu de agosto a dezembro em 2018 e 2019, enquanto em 2020 o período teve uma duração maior devido à antecipação.

Este estudo apresentou, pela primeira vez, resultados sobre o comportamento do crescimento da *M. ilicifolia* no campo em função do tempo e a presença de efeitos residuais da aplicação de bioestimulantes na fase de produção de mudas em condições de campo, e aspectos iniciais da fenologia reprodutiva da espécie na região central do Rio Grande do Sul. Essas informações poderão auxiliar na tomada de decisões sobre estratégias de manejo e usos múltiplos do atual e futuros sistemas de cultivo, possibilitando o aumento da qualidade e produtividade de folhas, a expansão das áreas cultivadas, e, desta forma, contribuir para minimizar os impactos negativos oriundos do extrativismo predatório.

5 CONCLUSÃO

M. ilicifolia apresenta altas taxas de sobrevivência no campo.

Não há efeito residual da aplicação das cepas T1, T2 (*T. asperelloides*) e T10 (*T. virens*) sobre o crescimento de *M. ilicifolia* em condições campo.

O vermicomposto apresenta efeito residual na variável altura de *M. ilicifolia* aos 43 meses após o plantio. Os substratos compostos pelas proporções T₄₀, T₅₀ e T₆₀ são adequadas para estimular o crescimento inicial das mudas.

A entrada em fenologia reprodutiva implica na diminuição dos incrementos em altura e diâmetro do coleto. O índice de atividade de floração aumenta de maneira mais expressiva que o índice de atividade de frutificação no decorrer dos ciclos reprodutivos, mas ainda são insuficientes para inferir sobre a ação dos bioestimulantes. Estudos que avaliem a tipologia floral de cada indivíduo podem ser úteis para melhor compreensão da dinâmica reprodutiva.

6 REFERÊNCIAS

- ADETUNJI, C. O.; ANANI, O. A. Bio-fertilizer from Trichoderma: Boom for agriculture production and management of soil- and root- borne plant pathogens. In: **Innovations in Food Technology**. P. Mishra et al. (Ed.), 2020.
- AIMI, S. C. et al. Shading as a determinant factor for the survival and growth of *Cabralea canjerana* in southern Brazil. **Cerne**, v. 26, n. 3, 2020a.
- AIMI, S. C. et al. ¿El sombreado es capaz de potenciar el crecimiento de plantas de *Myrocarpus frondosus* em el campo? **Bosque**, v. 41, n. 2, p. 93-102, 2020b.
- AIMI, S. C. et al. Shading as a conditioning factor to forest species planting: a study with *Apuleia leiocarpa*. **Bosque** (Valdivia), v. 38 n. 2, p. 371-379, 2017.
- ALVARES, C. A. et al. Koppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**. v. 22, p. 711-728, 2013.
- AMARAL, P. P. et al. Promotores de crescimento na propagação de caroba, **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 37, n. 90, p. 149-157, 2017.
- BANCO DE DADOS METEOROLÓGICOS [do] Instituto Nacional de Meteorologia para Ensino e Pesquisa. BDMET-INMET, 2021. Disponível em: <https://bdmep.inmet.gov.br/>; Acesso em: 24/08/2020.
- BENCKE, C. S.; MORELLATO, P.C. Estudo comparativo da fenologia de nove espécies arbóreas em três tipos de floresta atlântica no sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 25, n. 2, p.237-248, 2002.
- BIRAL, L.; LOMBARDI, J.A. 2020. *Celastraceae in Flora do Brasil 2020*. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <http://reflora.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB605053>>. Acesso em: 31 mar. 2021
- BRASIL. **Instrução normativa nº 4, de 18 de junho de 2014**, sobre o Guia de orientação para registro de Medicamento Fitoterápico e registro e notificação de Produto Tradicional Fitoterápico, 2014.
- CARVALHO-OKANO, R. M. **Estudos taxonômicos do gênero *Maytenus* Mol. emend. Mol. (Celastraceae) do Brasil extra-amazônico**. 1992. 253f. Tese (Doutorado em Ciências) - Universidade Estadual de Campinas. São Paulo, SP, 1992.
- CQFS/SBSC - RS/SC. **Manual de calagem e adubação para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina / Sociedade Brasileira de Ciência do Solo - Núcleo Regional Sul - Comissão de Química e Fertilidade do Solo RS/SC**, 2016. 11 ed. 376 p.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema de métodos de análises de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. SANTOS, H. G. et al. (Org.). 5. ed., rev. e ampl. – Brasília, DF: Embrapa, 2018. 356 p.

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

FORNES, F. et al. Composting versus vermicomposting: a comparative study of organic matter evolution through straight and combined processes. **Bioresource Technology**, v. 118, p. 296-305, 2012.

GASPARIN, E. et al. Influência do substrato e do volume de recipiente na qualidade das mudas de *Cabralea canjerana* (Vell.) Mart. em viveiro e no campo. **Ciência Florestal**, v. 24, n. 3, p. 553-563, 2014.

GASPARIN, E. et al. Supervivencia y crecimiento inicial de *Parapiptadenia rigida* em campo. **Floresta**, v. 47, n. 4, p. 533-541, 2017.

GRIEBELER, A. M. et al. Type of container and *Trichoderma* spp. Inoculation enhance the performance of tree species in enrichment planting. **Ecological Engineering**, v. 169, 106317, 2021.

GUARINO, E. S. G.; MOLINA, A. R.; BARBIERI, R. L. Distribuição potencial de espinheira-santa (*Monteverdia ilicifolia* e *M. aquifolia*) e sua relação com os bancos ativos de germoplasma da Embrapa. **Boletim de pesquisa e desenvolvimento 328**, Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 1 ed., 15p., 2019.

HARMAN, G. E. Endophytic strains of *Trichoderma* increase plants photosynthetic capability. **Journal of Applied Microbiology**, v. 130, n. 2, p. 529-546, 2019.

HELDWEIN, A. B.; BURIOL, G. A.; STRECK, N. A. O clima de Santa Maria. **Ciência & Ambiente: História Natural de Santa Maria**. Universidade Federal de Santa Maria-UFSM. Editora Pallotti: n. 38. 2009.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. **Boletim Agroclimatológico Mensal**, v. 54, n. 4. Brasília: Inmet, 2019.

KAMAL, R. K. et al. *Trichoderma*: a most common bio-fertilizer with multiple roles in agriculture. **Journal of Scientific & Technical Research**, v. 4, n. 5, 2018.

KOWALSKI, A. P. J. et al. Influência da qualidade da semente e do tipo de substrato na formação de mudas de espinheira - santa. **Scientia Agraria**, v. 9, n. 1, p. 15-20, 2008.

LIM, S. L. et al. The use of vermicompost in organic farming: overview, effects on soil and economics. **Journal Science Food Agriculture**, v. 95, p. 1143-1156, 2015.

MACÍAS-RODRÍGUEZ, L. et al. The interactions of *Trichoderma* at multiple trophic levels: inter-kingdom communication. **Microbiological Research**, v. 240, 2020.

- MALYSZ, M.; ZANIN, E. M. Floração, frutificação e biologia floral em *Maytenus muelleri* Schwake. **Perspectiva**, v. 35, n. 129, p.45-52, 2011.
- MARRA, R. et al. Application of *Trichoderma* strains and metabolites enhances soybean productivity and nutrient content. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 67, p. 1814-1822, 2019.
- MARIOT, M. P.; BARBIERI, R. L. O conhecimento popular associado ao uso da Espinheira - Santa (*Maytenus ilicifolia* e *M. aquifolium*). **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, supl. 1, p. 666-668, 2007.
- MAZZA, M. C. M.; SANTOS, J. E.; MAZZA, C. A. S. Fenologia reprodutiva de *Maytenus ilicifolia* (Celastraceae) na Floresta Nacional de Irati, Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 34, n. 4, p. 565-574, 2011.
- MELO et al. Vermicompostagem: conversão de resíduos orgânicos em benefício para solo e plantas. **Tópicos em Ciências Agrárias**, vol. 6. cap. 4, 2020.
- PECCATTI, A. **Crescimento inicial de *Bauhinia forficata* Link. e *Maytenus ilicifolia* Mart. Ex. Reissek produzidas com insumos biológicos.** Dissertação de Mestrado (Mestrado em Engenharia Agrícola), Universidade Federal de Santa Maria, RS. 2017.
- PECCATTI, A. et al. Biological inputs in promoting the growth of *Bauhinia forficata* Link. seedlings. **Ciência Florestal**, v. 30, n. 2, p. 367-379, 2020.
- PECCATTI, A. et al. Effect of *Trichoderma* ssp. on the propagation of *Maytenus ilicifolia* Mart. Ex Reissek. **Journal of Agricultural Science**, v. 11, n. 3, p. 435-442, 2019.
- RADOMSKI, M. I; BULL, L. T. Caracterização ecológica e fitoquímica de quatro populações naturais de *Maytenus ilicifolia* no estado do Paraná. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 30, n. 61, p. 01-16, 2010.
- RAVINDRAN, B. et al. Influence of microbial diversity and plant growth hormones in compost and vermicompost from fermented tannery waste. **Bioresource Technology**, v. 217, p. 200-204, 2016.
- RITCHIE, G. A. et al. Assessing plant quality. In: LANDIS, T. D.; DUMROESE, R. K.; HAASE, D. L. **The container tree nursery manual**, v. 7, Washington, DC: U. S. Department of Agriculture Forest Service, cap. 2, p. 19-81, 2010.
- ROVEDDER, A. P. M. et al. Potential medicinal use of forest species of the Deciduous Seasonal Forest from Atlantic Forest Biome, South Brazil. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v. 59, p. 01-11, 2016.
- SANTOS, M. F. et al. Effect of *Trichoderma* spp. fungus for production of seedlings in *Enterolobium Schomburgkii* (Benth.) Benth. **Australian Journal of Crop Science**, v. 13, n. 10, p. 1706-1711, 2019.

- SANTOS, M. F. et al. *Trichoderma* spp. on treatment of *Handroanthus serratifolius* seeds: effect on seedling germination and development. **Heliyon**, v. 6, n. 6, 2020.
- SCAGLIA, B. et al. Investigating organic molecules responsible of auxin-like activity of humic acid fraction extracted from vermicompost. **Science of the Total Environment**, v. 562, p. 289-295, 2016.
- SCHEFFER, M. C. **Sistema de cruzamento e variação genética entre populações e progênies de espinheira - santa**. 2001. 116 p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná. Curitiba, PR. 2001.
- SILVA JÚNIOR, A. A. **Essentia herba: Plantas Bioativas**. v. 1. Florianópolis: Epagri, 2003. 441 p.
- SOLDAN, A. et al. Development of forestry species inoculated with *Trichoderma* spp. fertilized with rock phosphate. **Floresta e Ambiente**, v. 25, n. 4, p. 1-8, 2018.
- SOUZA, I. M.; FUNCH, L. S. Synchronization of leafing and reproductive phenological events in *Hymenaea* L. species (Leguminosae, Caesalpinioideae): the role of photoperiod as the trigger. **Brazilian Journal of Botany**, v.40, n. 1, p. 1-12, 2016.
- STEENBOCK, W. **Fundamentos para o manejo de populações naturais de espinheira - santa, *Maytenus ilicifolia* Mart. ex Reiss. (Celastraceae)**. 2003. 145 p. Dissertação (Mestrado em Recursos Genéticos Vegetais) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2003.
- STEENBOCK, W.; REIS, A. *Maytenus ilicifolia* - Espinheira-santa. In: **Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: Plantas para o futuro - Região Sul**. CORADIN, L.; SIMINSKI, A.; REIS, A. (Ed.). Brasília: MMA, 2011, 934p.
- STEFFEN, G. et al. **Vermicompostagem de resíduos orgânicos: guia prático de perguntas e respostas**. 1 ed. Porto Alegre: Gráfica e Editora RJR, 2017. 74 p.
- STEFFEN, G. P. K. et al. Utilização de vermicomposto como substrato na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* e *Corymbia citriodora*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 31, n. 66, p. 75-82, 2011.
- STEFFEN, G.P.K.; MALDANER, J. Methodology for *Trichoderma* sp. multiplication in organic substrates. **International Journal of Current Research**, v. 9, n. 01, p. 44564-44567, 2017.
- STEFFEN, G. P. K. et al. *Trichoderma asperelloides* promove crescimento inicial em mudas de *Corymbia citriodora*. **Enciclopédia Biosfera**, v. 16, n. 29, p. 1699, 2019a.
- STEFFEN, G. P. K. et al. The vermicompost anticipates flowering and increases tomato productivity. **Agrociencia Uruguay**, v. 23, n. 1, p. 1-7, 2019b.
- TAIZ, L. et al. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 888p.

ARTIGO II - EFEITOS RESIDUAIS DE BIOESTIMULANTES NO CRESCIMENTO VEGETATIVO *Bauhinia forficata* LINK. EM PLANTIOS A CAMPO

RESUMO

Avaliamos o crescimento de plantas de *B. forficata* em plantios, resultantes de mudas produzidas com *Trichoderma* e vermicomposto, visando conhecer o possível efeito residual desses bioestimulantes sobre a promoção do crescimento da espécie em condições de campo. As mudas foram produzidas em casa de vegetação com *Trichoderma* e vermicomposto e transplantadas para o campo aos 330 dias após a semeadura, em espaçamento 4,0 m x 3,5 m, constituindo dois ensaios, os quais foram avaliados individualmente. Os ensaios foram instalados em delineamento blocos casualizados e analisados em esquema fatorial (bioestimulante x tempo) com parcelas subdivididas no tempo. Para o ensaio com *Trichoderma* testamos quatro cepas (isoladas de diferentes superfícies) inoculadas em substrato comercial (cepas T1 e T2: *Trichoderma asperelloides*; T13 e T33: *Trichoderma harzianum*) e um tratamento sem *Trichoderma* (controle). Para o ensaio com vermicomposto, testamos diferentes proporções de vermicomposto e solo não-estéril. Os percentuais de vermicomposto avaliados foram 0, 20, 40, 50, 60 e 80% em relação ao solo não-estéril (constituindo os tratamentos T₀, T₂₀, T₄₀, T₅₀, T₆₀ e T₈₀, respectivamente). Avaliamos a sobrevivência inicial e final com 1 mês e 43 meses após o plantio (m.a.p). A altura, o diâmetro do coleto e a relação altura/diâmetro do coleto foram avaliados no momento do plantio, um mês após o plantio e semestralmente até 43 m.a.p. Os incrementos periódicos anuais em altura e em diâmetro do coleto foram avaliados aos 43 m.a.p. A *B. forficata* apresenta altas taxas de sobrevivência no campo; As cepas T1 e T2 (*T. asperelloides*), T13 e T133 (*T. harzianum*) e o uso do vermicomposto na composição de substratos promovem o crescimento inicial em altura e o diâmetro do coleto das plantas; Efeitos residuais da aplicação de *Trichoderma* spp. e vermicomposto na produção das mudas de *B. forficata* são efetivos em período correspondente à transposição para o plantio a campo (330 dias após semeadura) e; As características ecológicas da espécie influenciam no crescimento vegetativo.

Palavras-chave: Pata-de-vaca; Vermicomposto; *Trichoderma*; Espécie arbórea nativa.

1 INTRODUÇÃO

A *Bauhinia forficata* Link., subespécie *forficata*, conhecida como pata-de-vaca, é uma espécie arbórea, pertencente à família Fabaceae (Caesalpinaceae). No Brasil, ocorre naturalmente nos biomas Pampa e Mata Atlântica (VAZ, 2020), principalmente, em formações secundárias (capoeiras), planícies aluviais úmidas ou início de encostas (LORENZI; MATOS, 2008). É uma espécie pioneira, intolerante ao sombreamento (GUARINO et al., 2018).

Dentre os principais usos, a espécie destaca-se por apresentar características ecológicas relevantes para utilização em plantios visando o recobrimento de áreas em estádios iniciais de sucessão ecológica, como o crescimento rápido (GUARINO et al., 2018) e a oferta de recursos florais (CAPITANI et al., 2018). Também, apresenta propriedades químicas com efeito hipoglicemiante no tratamento do diabetes *mellitus* (OLIVEIRA; LIMA; OLIVEIRA, 2020), sendo esse um dos principais motivos em constar na Relação Nacional de Plantas Medicinais de Interesse ao Sistema Único de Saúde – Renisus (BRASIL, 2006).

Diante da importância ecológica e econômica que a *B. forficata* representa para a flora brasileira e devido à escassez de informações técnicas relacionadas às práticas de cultivo e manejo, a espécie é considerada prioritária para conservação e manejo sustentável na região Sul do Brasil (REIS; SIMINSKI, 2011). Soma-se ainda, a ausência de projetos de conservação direcionados para a manutenção dos indivíduos em habitats naturais como fator de restrição ao uso da espécie (SANTOS; SIMINSKI, 2011). Outros usos potenciais, porém, atualmente, menos explorados, incluem, fins paisagísticos e madeireiros (BACKES; IRGANG, 2002; CARVALHO, 2003).

Este potencial, no entanto, tem sido subexplorado, na maioria das vezes, porque as informações sobre a espécie ainda são bastante limitadas a aspectos pertinentes à ecologia reprodutiva (PAULINO NETO, 2013; CAPITANI et al., 2018), processos que abrangem a produção de mudas em viveiro (DUARTE; NUNES, 2012; PECCATTI et al., 2020; VIANA et al., 2008) e caracterização de metabólitos secundários (LIMA et al., 2021). Tais informações carecem de estudos complementares a nível de campo, a fim de aprofundar a compreensão sobre o comportamento do seu crescimento e a influência das variáveis ambientais no seu desenvolvimento.

A inserção da *B. forficata* em sistemas produtivos favoráveis ao meio ambiente e à saúde humana, abrange os objetivos da Política Nacional de Plantas Medicinais e

Fitoterápicos, por meio do desenvolvimento de boas práticas de cultivo, acesso seguro e uso racional das espécies (BRASIL, 2006). Além disso, concorda com os objetivos para o desenvolvimento sustentável previstos na Agenda 2.030 da Organização das Nações Unidas - ONU, principalmente àqueles que abordam a diversificação de renda, o consumo e produção responsáveis e a conservação dos ecossistemas (ONU, 2021).

Fungos do gênero *Trichoderma* estão presentes no solo e na rizosfera das plantas (KUMAR; KHURANA, 2021) ocupando diferentes habitats e ecossistemas (MUKHERJEE et al., 2013), por isso, dependendo das condições ambientais e dos tipos de organismos com os quais interage, podem apresentar contribuições funcionais distintas entre espécie e entre cepas de espécies iguais (MACÍAS-RODRÍGUEZ et al., 2020; PECCATTI et al., 2020). A promoção do crescimento parece estar relacionada com a capacidade para colonizar as raízes das plantas, por meio de interações químicas entre fungo-planta (CONTRERAS-CORNEJO et al., 2016). Por isso a necessidade em avaliar as especificidades de isolados em nível de cepa e seus efeitos sobre espécies vegetais.

O vermicomposto é um produto estável, constituído por substâncias reguladoras do crescimento vegetal, como fito-hormônios, enzimas derivadas do metabolismo microbiano e substâncias húmicas solúveis (ALI et al., 2015; FORNES et al., 2012; RAVIDRAN, B. et al., 2016; SCAGLIA, B. et al., 2016), o qual vem sendo amplamente utilizado na agricultura. A utilização desse bioinsumo como componente do substrato proporciona benefícios ao crescimento, desenvolvimento vegetal e aumento de produtividade (STEFFEN et al., 2019), pois melhoram as características físicas, químicas e biológicas do material (MELO et al., 2020). Espécies arbóreas apresentam diferentes necessidades nutricionais e por esse motivo, é necessário conhecer qual proporção de vermicomposto é mais indicada para atender as demandas em nível de espécie (AMARAL et al., 2017; PECCATTI et al., 2020; STEFFEN et al., 2011).

O presente estudo objetivou avaliar o crescimento de plantas de *B. forficata* em plantios, resultantes de mudas produzidas com o uso de *Trichoderma* e vermicomposto. Nossa hipótese é de que o uso desses bioestimulantes na fase de produção das mudas, apresentam efeito residual benéfico no crescimento da espécie, após o plantio.

2 MATERIAL E MÉTODOS

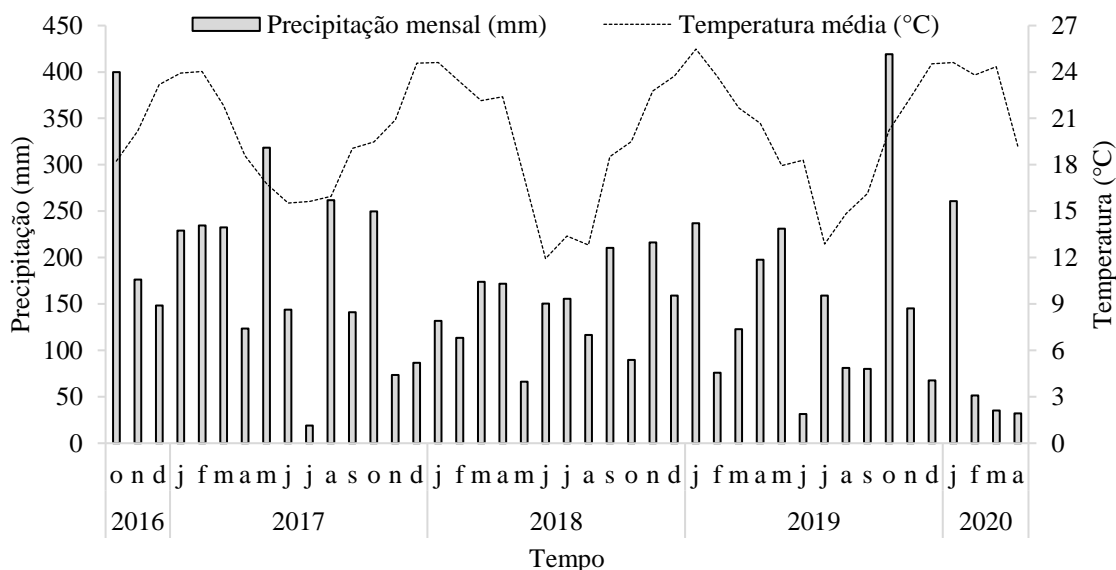
2.1 CARACTERIZAÇÃO DA REGIÃO DE ESTUDO

Os ensaios foram instalados em outubro de 2016, no Centro de Pesquisa em Florestas localizado no município de Santa Maria, estado do Rio Grande do Sul, região sul do Brasil (29° 41' 25" S e 53° 48' 42" O, 142 m de altitude). O clima é definido como Subtropical úmido - Cfa, com verões quentes e chuvas bem distribuídas durante todos os meses do ano, precipitação média anual de 1.769 mm, temperatura média do ar no mês mais frio entre -3 e 18 °C e no mês mais quente, superior a 22 °C (ALVARES et al., 2013). A disponibilidade de radiação solar é de, no máximo, 28,7 MJ m⁻² dia⁻¹ com insolação máxima de 8 horas por dia (em dezembro e janeiro) (HELDWEIN, BURIOL; STRECK, 2009).

O solo é classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico arênico (EMBRAPA, 2018). A caracterização química do solo antecedeu o plantio das mudas a campo, com coleta de amostras na profundidade 0 - 20 cm e, posteriormente, enviadas ao Laboratório de Análises de Solo da Universidade Federal de Santa Maria (LAS/UFSM). A metodologia de análise química seguiu o protocolo da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 1997) e a interpretação dos resultados foi realizada conforme o Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (CQFS/SBCS - RS/SC, 2016). A análise indicou solo ácido (pH: 5,1), conteúdo de matéria orgânica baixo (1,6 %), nível de fósforo baixo (3,8 mg dm⁻³), nível de potássio alto (50,0 mg dm⁻³), nível de cálcio baixo (1,7 cmol_c dm⁻³), nível de magnésio médio (0,9 cmol_c dm⁻³), índice SMP de 6,2 e CTC_{pH 7,0} baixa (6,1 cmol_c dm⁻³).

Os dados meteorológicos de precipitação (mm) e temperatura média (°C) mensais são do Banco de Dados Meteorológicos do Instituto Nacional de Meteorologia/ Estação Santa Maria A803 - RS (BDMET/INMET, 2021) (Figura 1).

Figura 1 - Precipitação (mm) e temperatura média (°C) mensais, registradas na região de estudo, durante o período de condução dos ensaios com mudas de *B. forficata* no campo



Fonte: BDMET/INMET (2021).

2.2 PRODUÇÃO DAS MUDAS, PREPARO DA ÁREA E PLANTIO

As mudas de *B. forficata* foram produzidas com os bioestimulantes *Trichoderma* e vermicomposto em setembro de 2015, em tubetes de 180 cm³, em casa de vegetação. Após 180 dias, transplantamos para embalagens de polietileno (15 x 20 cm²) preenchidas com substrato composto por solo, esterco bovino curtido e casca de arroz carbonizada na proporção 3:2:1 (v/v) (Apêndice A) e transportamos para área externa, a pleno sol, visando o período de rustificação por 150 dias, até o momento do plantio.

O ensaio com *Trichoderma* testou quatro cepas não-comerciais (cepas T1 e T2: *T. asperelloides*; cepas T13 e T33: *T. harzianum*), inoculadas em uma mistura de substrato comercial MecPlant[®] e solo não-estéril peneirado na proporção 1:1 (v/v) e um tratamento controle (sem *Trichoderma*). As cepas T1 e T2 foram isoladas de amostras de solo rizosférico provenientes de povoamentos florestais mistos, próximos à área de plantio, a cepa T13 isolada da rizosfera de plantas de aveia e, T33 isolado de amostras de solo com cultivo de soja. A multiplicação e a inoculação das cepas de *Trichoderma* no substrato foram realizadas segundo metodologia proposta por Steffen e Maldaner (2017).

O ensaio com vermicomposto comparou seis proporções de vermicomposto (v) e solo não-estéril (s): T₀: 0 % v + 100 % s; T₂₀: 20 % v + 80 % s; T₄₀: 40 % v + 60 % s; T₅₀: 50 % v + 50 % s; T₆₀: 60 % v + 40 % s e T₈₀: 80 % v + 20 % s. Utilizamos esterco bovino curtido como resíduo orgânico para produzir o vermicomposto. O solo utilizado foi o mesmo do local de estudo. As análises químicas do vermicomposto e do solo foram realizadas pelo LAS/UFSM (Apêndice A).

Para o plantio, realizamos escarificação mecânica (até 30 cm de profundidade) nas linhas, em agosto de 2016. Plantamos as mudas em outubro de 2016 (330 dias após a semeadura) em covas de 30 x 30 x 30 cm³. O espaçamento foi 4,0 m entre linhas e 3,5 m entre plantas, totalizando 1.134 m². Adicionamos no interior de cada cova 170 g de NPK (5-20-20) e 230 g de calcário dolomítico como fertilização de base, incorporando os materiais ao solo (CQFS - RS/SC, 2016). Houve necessidade de irrigação das plantas apenas a partir da segunda quinzena do mês de dezembro, sendo realizadas duas aplicações de 5 L de água/planta com intervalo de aplicação de sete dias entre elas. Em outubro de 2019 (1.080 d.a.p), realizamos fertilização de cobertura com aplicação de 5 L de húmus líquido no solo, próximo ao caule de cada planta de todos os tratamentos. O fertilizante foi produzido pelo Centro de Pesquisas em Florestas (STEFFEN et al., 2017).

2.3 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS

Utilizamos o delineamento experimental blocos casualizados, em esquema fatorial (bioestimulante x tempo) com parcelas subdivididas no tempo. Para o ensaio com *Trichoderma*, os níveis do fator “A” corresponderam às quatro cepas do fungo (cepas T1 e T2: *Trichoderma asperelloides*; cepas T13 e T33: *Trichoderma harzianum*) e o controle (sem fungo), e o fator “D”, às épocas de avaliação (1, 7, 13, 19, 25, 31, 37 e 43 meses após o plantio), com dez repetições por tratamento, totalizando 50 plantas.

Para o ensaio com vermicomposto, os níveis do fator “A” foram seis proporções de vermicomposto no substrato (0, 20, 40, 50, 60 e 80%) e os níveis do fator “D” as épocas de avaliação (1, 7, 13, 19, 25, 31, 37 e 43 meses após o plantio) com 10 repetições por tratamento, totalizando 60 plantas.

2.4 VARIÁVEIS ANALISADAS

Avaliamos a sobrevivência inicial das plantas no campo (um mês após o plantio - m.a.p) e a sobrevivência final (aos 43 m.a.p), através da contagem dos indivíduos vivos expressa em percentual; a altura da parte aérea (cm) e o diâmetro do coleto (mm) com auxílio de trena graduada e paquímetro digital, respectivamente, e a relação altura/diâmetro do coleto (cm.mm^{-1}), no momento do plantio que ocorreu aos 330 dias após a semeadura (H_{330} , DC_{330} e H/DC_{330}) e semestralmente aos 1, 7, 13, 19, 25, 31, 37 e 43 meses após o plantio no campo (H, DC, H/DC). Ao término do experimento (43 m.a.p), analisamos o incremento periódico anual em altura (IPA_h) (cm.ano^{-1}) e em diâmetro do coleto (IPA_{dc}) (mm.ano^{-1}), representado pela diferença entre o valor final registrado para altura ou diâmetro e a sua medida inicial, dividido pelo período analisado (3,6 anos).

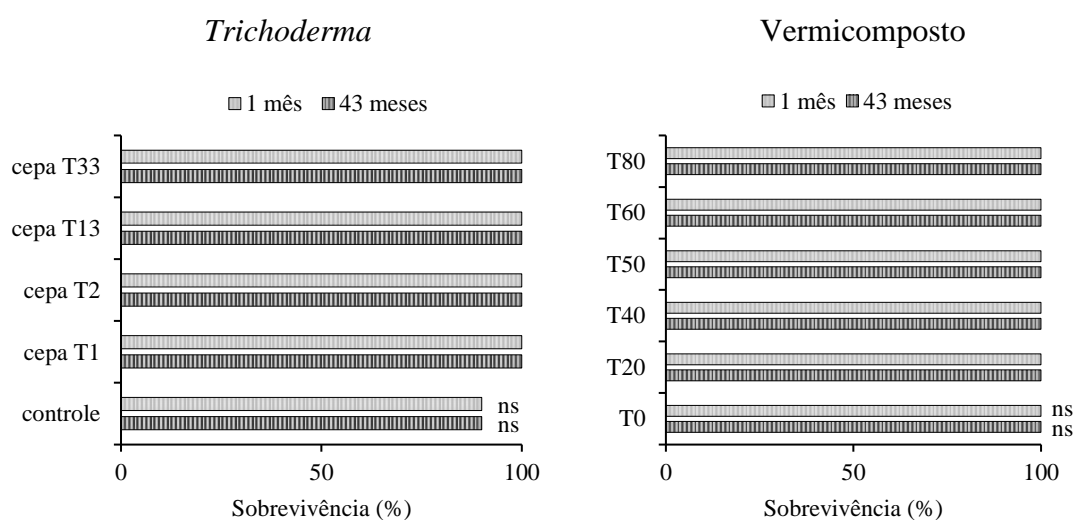
2.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os testes de Shapiro-Wilk e de Bartlett avaliaram os pressupostos de normalidade dos resíduos e homogeneidade das variâncias. Quando necessário, realizamos a transformação Box-Cox das variáveis H, DC e H/DC para atender os pressupostos. Em seguida, realizamos a análise de variância (ANOVA) e quando houve efeito significativo entre os tratamentos pelo teste F, ajustamos as médias usando a análise de regressão polinomial ($p < 0,05$) e/ou comparamos as médias pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$) a 5% de probabilidade de erro, com auxílio do software estatístico Sisvar v.5.6 (FERREIRA, 2019). Cada ensaio foi avaliado individualmente em relação aos bioestimulantes.

3 RESULTADOS

As taxas de sobrevivência inicial (1 mês) e final (43 meses) de plantas de *B. forficata* cultivadas com *Trichoderma* spp. e vermicomposto no campo foram altas para a espécie, não havendo diferenças entre os tratamentos ($p>0,05$) (Figura 2).

Figura 2 - Taxas de sobrevivência inicial (1 mês após o plantio) e final (43 meses após o plantio) de plantas de *B. forficata*, produzidas com *Trichoderma* e vermicomposto no campo, Santa Maria, RS



* ns = não significativo pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro. Em que: T₀, T₂₀, T₄₀, T₅₀, T₆₀ e T₈₀ equivalem às proporções de vermicomposto no substrato; Controle: sem *Trichoderma*; cepas T1 e T2: *T. asperelloides*, cepas T13 e T33: *T. harzianum*.

Fonte: A autora (2021).

No momento do plantio, houve efeito residual dos bioestimulantes nas variáveis H₃₃₀, DC₃₃₀ e H/DC₃₃₀. Para o ensaio com inoculação de *Trichoderma* spp. as cepas T1, T2, T13 e T33 incrementaram a altura em 52,7%, 64,1%, 71,2% e 44,9%, respectivamente, em relação ao controle (sem *Trichoderma* spp.), enquanto que para o DC₃₃₀, apenas as cepas T2 e T13 se destacaram com incrementos de 40,4% e 44,6%, respectivamente, em relação ao controle (Tabela 1). Para o ensaio com uso de vermicomposto, as proporções T₂₀, T₄₀, T₅₀ e T₈₀ incrementaram a altura das plantas em 19,0%, 26,7%, 24,7% e 40,3%, respectivamente, em relação ao T₀. Para o DC₃₃₀, todas as proporções diferiram de T₀, com incrementos de 59,5%, 69,0%, 40,5%, 40,5% e 54,8%, respectivamente. Esses resultados exprimem os benefícios do uso dos

bioestimulantes na etapa de produção de mudas em viveiro, proporcionando maior crescimento inicial das plantas.

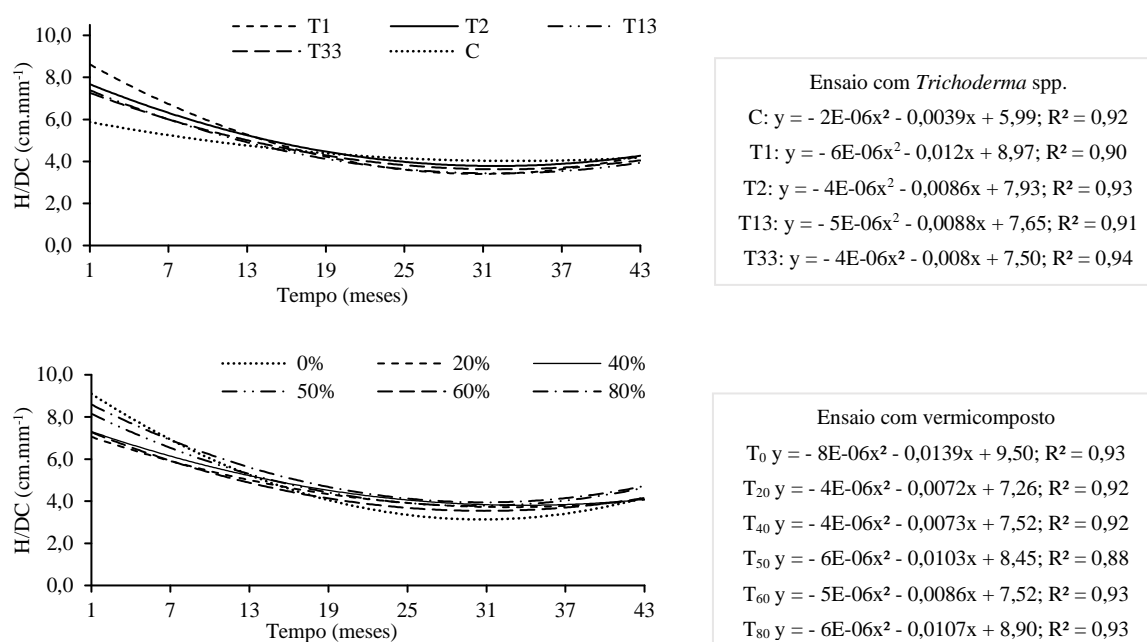
Tabela 1 - Altura (H_{330}), diâmetro do coleto (DC_{330}) e relação altura/diâmetro do coleto (H/DC_{330}) de plantas de *B. forficata* produzidas com *Trichoderma* e vermicomposto, no momento do plantio (330 dias após a semeadura)

Ensaio	Tratamento	H_{330} (cm)	DC_{330} (mm)	H/DC_{330} (cm.mm)
<i>Trichoderma</i>	controle	30,9 b*	4,7 b*	6,6 b*
	cepa T1	47,2 a	4,5 b	10,4 a
	cepa T2	50,7 a	6,6 a	7,7 b
	cepa T13	52,9 a	6,8 a	7,8 b
	cepa T33	44,8 a	4,8 b	9,3 a
	Média geral	45,3	5,5	8,6
	CV (%)	21,8	22,9	23,6
Vermicomposto	T ₀	40,4 b*	4,2 b*	9,6 a*
	T ₂₀	48,1 a	6,7 a	7,2 b
	T ₄₀	51,2 a	7,1 a	7,2 b
	T ₅₀	50,4 a	5,9 a	8,5 a
	T ₆₀	41,7 b	5,9 a	7,1 b
	T ₈₀	56,7 a	6,5 a	8,7 a
	Média geral	48,1	6,1	8,3
CV (%)	19,2	20,1	25,2	

*Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro; Em que: T₀, T₂₀, T₄₀, T₅₀, T₆₀, T₈₀ equivalem às proporções 0, 20, 40, 50, 60 e 80% de vermicomposto no substrato; Controle: sem *Trichoderma*; cepas T1 e T2: *T. asperelloides*, cepas T13 e T33: *T. harzianum*; CV: coeficiente de variação.

A análise de regressão, para ambos os ensaios, mostrou que houve interação (bioestimulante x tempo) para a variável H/DC ($p < 0,05$), de modo que todos os tratamentos apresentaram comportamento quadrático decrescente (Figura 3). Não houve interação para H e DC das plantas, apenas efeitos isolados do fator tempo, para ambos os ensaios ($p < 0,05$). O crescimento em H das plantas foi representado por equações de 3° grau e o crescimento em DC das plantas, por equações de 2° grau (Figura 4). O fator bioestimulante não apresentou efeitos isolados para H e DC das plantas e também não houve efeitos da aplicação de *Trichoderma* e vermicomposto sobre os IPA_h e IPA_{dc} (Tabela 2).

Figura 3 - Comportamento da relação altura/diâmetro do coleto (H/DC) de plantas de *B. forficata*, produzidas com *Trichoderma* e vermicomposto em função dos tempos de avaliação no campo, Santa Maria, RS



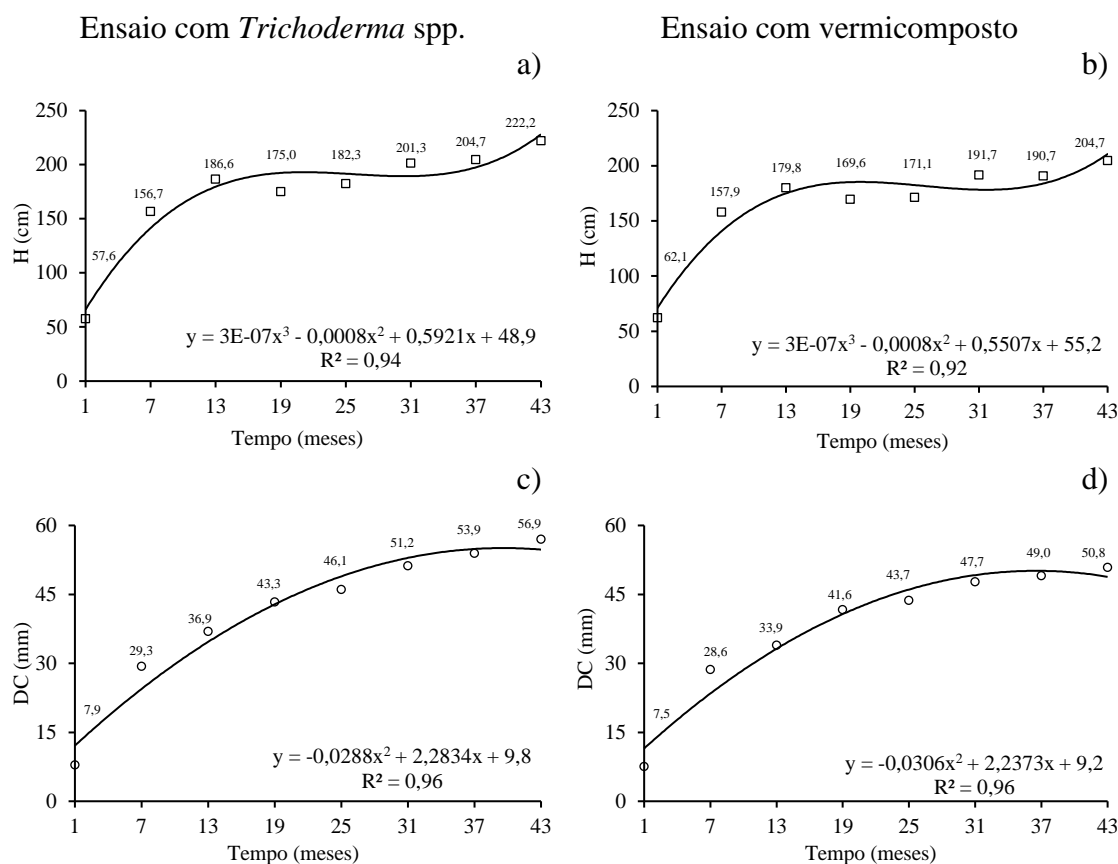
Fonte: A autora (2021).

Tabela 2 – Análise dos efeitos isolados de *Trichoderma* e vermicomposto nas variáveis altura (H) e diâmetro do coleto (DC) e incrementos periódicos anuais em altura (IPA_h) e diâmetro do coleto (IPA_{dc}) de *B. forficata* no campo, Santa Maria, RS

Ensaio	Tratamento	H (cm)	DC (mm)	IPA _h (cm.ano ⁻¹)	IPA _{dc} (mm.ano ⁻¹)
<i>Trichoderma</i> spp.	controle	165,0 ^{ns}	38,1 ^{ns}	48,2 ^{ns}	12,7 ^{ns}
	cepa T1	175,0	41,6	45,2	14,8
	cepa T2	178,9	40,6	45,7	13,4
	cepa T13	171,7	42,2	40,4	13,9
	cepa T33	175,8	41,0	49,1	13,4
	Média geral	173,4	40,7	45,7	13,6
	CV (%)	55,1	51,0	8,2	2,5
Vermicomposto	T ₀	158,1 ^{ns}	38,2 ^{ns}	40,6 ^{ns}	13,3 ^{ns}
	T ₂₀	159,0	36,3	38,7	11,2
	T ₄₀	166,5	37,6	35,0	11,3
	T ₅₀	173,8	38,7	43,6	12,3
	T ₆₀	167,9	40,5	41,1	12,7
	T ₈₀	170,4	36,1	38,4	11,4
	Média geral	166,1	37,9	39,6	12,0
	CV (%)	61,7	56,9	26,5	18,7

*ns = não significativo a 5% de probabilidade de erro pelo teste de Scott-Knott; Em que: T₀, T₂₀, T₄₀, T₅₀, T₆₀, T₈₀ equivalem às proporções 0, 20, 40, 50, 60 e 80% de vermicomposto no substrato; Controle: sem *Trichoderma* spp.; cepas T1 e T2: *T. asperelloides*, cepas T13 e T33: *T. harzianum*; CV: coeficiente de variação.

Figura 4 - Crescimento em altura (H) (a, b) e diâmetro do coleto (DC) (c, d) de plantas de *B. forficata* no campo, produzidas com *Trichoderma* spp. e vermicomposto em relação ao tempo de avaliação, Santa Maria, RS



Fonte: A autora (2021).

4 DISCUSSÃO

As altas taxas de sobrevivência observadas para as plantas de *B. forficata* no campo pode estar associada ao fato de as condições ambientais da área de plantio terem sido adequadas para o estabelecimento inicial das plantas, tendo em vista que até mesmo os tratamentos controle/sem *Trichoderma* e T₀ apresentaram altas taxas de sobrevivência (Figura 1). Esse resultado também pode ter relação com a classificação ecológica da espécie. Espécies pioneiras, como a *B. forficata*, possuem crescimento rápido e maior resistência às altas intensidades de radiação, sendo utilizadas, estrategicamente, para recobrir áreas em estágios iniciais de sucessão ecológica (GUARINO et al., 2018). Outros estudos têm relatado taxas elevadas de sobrevivência de espécies nativas em ambientes sem ou com menor sombreamento (GASPARIN et al., 2017; GRIEBELER et al., 2021; SILVA et al., 2019).

A relação H/DC_{330} das plantas também pode ter contribuído para o estabelecimento inicial das plantas, por isso, valores entre $9,6 \text{ cm.mm}^{-1}$ (vermicomposto) e $10,4 \text{ cm.mm}^{-1}$ (*Trichoderma*) podem ser considerados aceitáveis para a espécie ser transplantada a campo (Tabela 1). A relação H/DC é um parâmetro que possibilita ao pesquisador deduzir sobre a resistência das plantas diante de fatores abióticos extremos, como precipitação e ventanias, de modo que valores elevados podem indicar maior suscetibilidade das plantas às intempéries (RITCHIE et al., 2010). Por esse motivo, conhecer os valores desse parâmetro no momento do plantio torna-se relevante a fim de prevenir perdas de plantas nos cultivos.

Os efeitos do *Trichoderma* spp. e vermicomposto na promoção do crescimento da *B. forficata* e outras espécies arbóreas florestais em condições controladas é relatado por diversos estudos (AMARAL et al., 2017; FERREIRA et al., 2021; PECCATTI et al., 2019; PECCATTI et al., 2020; STEFFEN et al., 2019). Em condições de campo, no entanto, estes efeitos ainda são pouco conhecidos, principalmente, devido à complexidade das interações externas de modo que, as plantas deixam de interagir com as condições induzidas na fase inicial de crescimento em viveiro e tornam-se mais limitadas por fatores ambientais e genéticos (PINTO et al., 2011). Muitos estudos têm demonstrado que os efeitos residuais de tratamentos aplicados na fase de produção de mudas em viveiro, tendem a desaparecer nos primeiros meses após o plantio no campo, sob a justificativa de que no campo as raízes passam a explorar igualmente maior volume de solo e quantidade de nutrientes, assim, a dependência das plantas à condição induzida (tratamentos) é reduzida e o crescimento torna-se equiparado entre os indivíduos (GASPARIN et al., 2014; GASPARIN et al., 2017; GRIEBELER et al., 2021).

Nossos resultados mostram que um efeito residual da aplicação dos bioestimulantes na fase de produção das mudas (PECCATTI et al., 2020) foi verificado na análise das variáveis H_{330} e DC_{330} no momento do plantio, o que correspondeu a 330 dias após a semeadura em tubetes (Tabela 1). No entanto, esses efeitos residuais sobre as variáveis analisadas desaparecem no período posterior ao primeiro mês após o plantio no campo (Tabela 2), de maneira semelhante aos estudos mencionados anteriormente.

Em relação aos resultados de IPA_h , embora os tratamentos não terem diferido entre si, os valores encontrados neste estudo (médias de $39,6 \text{ cm.ano}^{-1}$ e $45,7 \text{ cm.ano}^{-1}$ para os ensaios com vermicomposto e com *Trichoderma* spp., respectivamente) foram inferiores ao valor mencionado por Guarino et al. (2018) ($>100 \text{ cm. ano}^{-1}$). No entanto,

considerando apenas o primeiro ano de plantio, de fato houve um incremento em H acima de 100 cm.ano^{-1} (Figura 3), por esse motivo, a necessidade em descrever características como idade e formas de manejo das plantas assim como condições ambientais, de modo geral, para possibilitar uma análise mais detalhada entre diferentes pesquisas.

O comportamento quadrático decrescente no tempo para a relação H/DC das plantas cultivadas com *Trichoderma* spp. e vermicomposto, revela que as plantas adquiriram maior equilíbrio entre parte aérea e diâmetro basal conforme aumentou o tempo de plantio, visto que valores mais baixos exprimem maior equilíbrio entre as variáveis morfológicas (RITCHIE et al., 2010). Esse resultado, possivelmente contribuiu para a sobrevivência das plantas até 43 m.a.p no campo e vai ao encontro dos valores em H e DC à medida que os tratamentos tendem a apresentar valores finais aproximados para estas variáveis (Tabela 2). Outros estudos também verificaram comportamento similar para a relação H/DC e foram associados às altas taxas de sobrevivência no campo (AIMI et al., 2020a; GASPARIN et al., 2014).

A *B. forficata* teve seu crescimento em altura no tempo representado por uma equação de terceiro grau (Figura 4). Este comportamento é pouco relatado entre espécies nativas (AIMI et al., 2020a; BERGHETTI et al., 2020; GASPARIN et al., 2017; GRIEBELER et al., 2021), provavelmente porque o tempo de avaliação da maioria dos estudos não é tão extenso quanto o do presente estudo. Nesse sentido, o monitoramento das variáveis de crescimento em períodos maiores após plantio parece favorecer a percepção de mudanças comportamentais. A entrada em fenologia reprodutiva pode ser um dos fatores causais, a qual foi observada dentro de um período de 120 dias após as plantas serem levadas a campo, no presente estudo.

Além disso, alguns fatores ecológicos intrínsecos da *B. forficata* podem ter influenciado no comportamento do crescimento, como o hábito irregular, a ausência de dominância apical definida das ramificações (CARVALHO, 2003) e a senescência das ponteiros das ramificações. O crescimento irregular da *B. forficata* ao longo dos anos também foi evidenciado em estudo realizado por Bertolini et al. (2020).

Neste estudo, a espécie apresentou crescimento vegetativo em H e DC mais expressivo no primeiro ano de plantio (até os 13 m.a.p) (Figura 4), provavelmente porque ao serem retiradas de um ambiente com maiores restrições ao crescimento (embalagens) e transportadas para a área de plantio, as plantas encontraram condições

mais favoráveis ao crescimento, como maior volume de solo e nutrientes para ser explorado pelas raízes.

Após esse período, mudanças comportamentais na curva de crescimento em altura da espécie começam a ser identificadas, como a senescência das ponteiros das ramificações, que resultou nos incrementos negativos em altura (entre 13 e 19 m.a.p) das plantas cultivadas com *Trichoderma* spp. e com vermicomposto. Assim como ocorre com as folhas, a senescência e abscisão das ponteiros deve envolver processos fisiológicos regulados por hormônios vegetais em função da redução do fotoperíodo e das temperaturas (repouso vegetativo) (TAIZ et al., 2017). Mas, ao contrário do que ocorre com as folhas, as ponteiros (já secas) persistem nas plantas após cessar o período de menor crescimento vegetativo (outono/inverno). Em um estudo realizado com espécies do gênero *Hymenaea* (Caesalpinioideae), a duração do fotoperíodo foi correlacionada aos eventos de abscisão e brotação foliar das plantas (SOUZA; FUNCH, 2016). Essas evidências estimulam investigações futuras sobre aspectos fisiológicos da *B. forficata* e sua relação com os fatores abióticos, de maneira mais aprofundada.

A partir dos 19 m.a.p, o crescimento em altura passa a não mais apresentar incrementos negativos, possivelmente, porque o incremento verificado no período antes da abscisão ocorrer compensou o valor do incremento que foi perdido com a senescência das ponteiros. Isso poderia justificar, em parte, o fato dos incrementos posteriores (após 19 m.a.p) terem sido menores em relação aos incrementos observados durante o primeiro ano de plantio no campo (Figura 4).

De maneira geral, os incrementos em H e DC das plantas cultivadas com os bioestimulantes, são maiores nos períodos compreendidos pelas estações de maior crescimento vegetativo (de novembro a abril) e menores nos períodos que predominam as estações de menor crescimento vegetativo (de maio a outubro), o que era esperado. No entanto, o caráter decidual ou semidecidual da *B. forficata* (LORENZI; MATTOS, 2008), verificado quando as temperaturas e o fotoperíodo começam a diminuir, é um fator que contribui para reduzir ainda mais a atividade fotossintética das plantas (LARCHER, 2000). Resultados semelhantes aos obtidos neste estudo também foram observados nas espécies florestais *Apuleia leiocarpa* (Vogel) J. F. Macbr. e *Cabrlea canjerana* (Vell.) Mart. (AIMI et al., 2017; AIMI et al., 2020b).

Ademais, à medida que o tempo passa, os incrementos em H e DC das plantas entre os períodos de avaliação diminuem, o que pode estar associado com a alocação crescente de recursos para o desenvolvimento reprodutivo da *B. forficata* (TAIZ et al.,

2017). Resultados similares foram relatados por Kanieski et al. (2017) em indivíduos de *Sebastiania commersoniana* (Baill.) L. B. Sm. & Downs. Neste estudo, o primeiro ciclo reprodutivo das plantas cultivadas com os bioestimulantes no campo, teve início dentro de um período de 120 dias após o plantio, mas de maneira expressiva, somente a partir do segundo ciclo reprodutivo (a partir dos 13 m.a.p), coincidindo com os registros de incrementos em altura negativos e com o momento em que os incrementos em H e DC das plantas passam a ser menores (19 - 43 m.a.p). Portanto, é possível que o início do desenvolvimento reprodutivo da espécie também tenha influenciado na curva de crescimento da espécie (Figura 4). Além disso, é possível que a diminuição no incremento em DC das plantas possa ter causado um achatamento na curva de crescimento da espécie para a variável, visto o comportamento quadrático decrescente representado no tempo (Figura 4 - c, d).

De maneira geral, o crescimento e o desenvolvimento da *B. forficata* parece ser altamente sensível às oscilações de temperatura e precipitação (BERTOLINI et al., 2020), fato também foi observado neste estudo, principalmente entre 31 e 37 m.a.p (maio/2019 a novembro/2019). Durante esse período, as plantas apresentaram incrementos em H muito próximos a estabilização (Figura 4), visto que além das restrições pré-existentes ao crescimento (diminuição da taxa de fotossíntese e caducifolia), os meses de setembro e outubro/2019 foram atípicos com médias de temperaturas mais baixas ($< 18\text{ }^{\circ}\text{C}$) e precipitação acima da média climatológica ($> 400\text{ mm}$), respectivamente (INMET, 2019) (Figura 1). Esses fatores, possivelmente, contribuíram ainda mais para reduzir a capacidade das plantas em converter energia metabólica para o incremento em altura. Em compensação, o incremento em DC das plantas pareceu não ter sido diretamente afetado, visto que os valores registrados foram bem próximos àqueles obtidos no período entre 19 e 25 m.a.p. Isso sugere que a espécie possui capacidade de realocar recursos para o crescimento em DC mesmo diante de condições adversas.

Por fim, os efeitos residuais dos bioestimulantes em condições de campo, verificados somente até o momento do plantio (330 d.a.s) evidenciam as múltiplas e complexas interações existentes entre fatores bióticos e abióticos as quais as plantas estão sujeitas (ATKINSON; URWIN, 2012). Por outro lado, evidencia a capacidade dos benefícios dos bioinsumos testados extrapolarem as condições iniciais e controladas da casa de vegetação para uma condição semi-controlada (rustificação) de maneira a continuar atuando positivamente sobre o desenvolvimento inicial das plantas.

5 CONCLUSÃO

B. forficata apresenta altas taxas de sobrevivência em condições de campo.

As cepas T1 e T2 (*T. asperelloides*), T13 e T133 (*T. harzianum*) e o uso do vermicomposto na composição de substratos beneficia o crescimento inicial em altura e o diâmetro do coleto das plantas.

Efeitos residuais da aplicação de *Trichoderma* spp. e vermicomposto na produção das mudas de *B. forficata* são efetivos em período correspondente à transposição para o plantio a campo (330 dias após semeadura).

As características ecológicas da espécie influenciam no comportamento do crescimento vegetativo.

6 REFERÊNCIAS

- AIMI, S. C. et al. Shading as a conditioning factor to forest species planting: a study with *Apuleia leiocarpa*. **Bosque** (Valdivia), v. 38 n. 2, p. 371-379, 2017.
- AIMI, S. C. et al. ¿El sombreado es capaz de potenciar el crecimiento de plantas de *Myrocarpus frondosus* em el campo? **Bosque**, v. 41, n. 2, p. 93-102, 2020a.
- AIMI, S. C. et al. Shading as a determinant factor for the survival and growth of *Cabralea canjerana* in southern Brazil. **Cerne**, v. 26, n. 3, 2020b.
- ALI, U. et al. A review on vermicomposting of organic wastes. **Environmental Progress & Sustainable Energy**, v. 34, n. 4, p. 1050-1062, 2015.
- ALVARES, C. A. A. et al. Modeling monthly mean air temperature for Brazil. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 113, p. 407-427, 2013.
- AMARAL, P. P. et al. Promotores de crescimento na propagação de caroba, **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 37, n. 90, p. 149-157, 2017.
- ATKINSON, N. J.; URWIN, P. E. The interaction of plant biotic and abiotic stresses: from genes to the field. **Journal of Experimental Botany**, v. 63, n. 10, p. 3523-3544, 2012.
- BACKES, P.; IRGANG, B. **Árvores do sul: guia de identificação e interesse ecológico**. 2002. 328p.
- BDMET-INMET (2021) **Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa. Instituto Nacional de Meteorologia**. Disponível em: <https://bdmep.inmet.gov.br/>
Acesso em: 24/08/2020.
- BERGHETTI, A. L. P. et al. Morphological, physiological and biochemical traits of *Cordia trichotoma* under phosphorous application and a water-retaining polymer. **Journal of Forestry Research**, v. 32, p. 855-865, 2021.
- BERTOLINI, I. C. et al. Influência das variáveis climáticas no incremento diamétrico de *Bauhinia forficata* Link, *Mimosa scabrella* Benth. e *Schinus terebinthifolius* Raddi. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 4, e185942859, 2020.
- BRASIL. Relação de plantas de interesse ao Sistema Único de Saúde, **Ministério da Saúde**. 2009.
- BRASIL. Decreto n. 5.813, de 22 de junho de 2006. Aprova a Política Nacional de Plantas Medicinais e Fitoterápicos e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF, 23 de junho de 2006.
- CAPITANI, L. C. et al. Pollen viability and autogamy fitness in *Bauhinia forficata* Link (Fabaceae). **Floresta e ambiente**, v. 25, n. 3, 2018.
- CARVALHO, P. E. Pata-de-vaca. **Circular Técnica 74**. Embrapa Florestas, 2003.

CONTRERAS-CORNEJO, H. A. et al. Ecological functions of *Trichoderma* spp. and their secondary metabolites in the rhizosphere: Interactions with plants. **FEMS Microbiology Ecology**, v. 92, n. 4, 2016.

CQFS/SBSC-RS/SC. **Manual de calagem e adubação para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**/Sociedade Brasileira de Ciência do Solo - Núcleo Regional Sul - Comissão de Química e Fertilidade do Solo RS/SC, 2016. 11 ed., 376 p.

DUARTE, D. M.; NUNES, U. R. Crescimento inicial de mudas de *Bauhinia forficata* Link em diferentes substratos. **Cerne**, v. 18, n. 2, p. 327-334, 2012.

EMBRAPA. **Sistema de métodos de análises de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. SANTOS, H. G. et al. (Org.). 5. ed., rev. e ampl. – Brasília, DF: Embrapa, 2018. 356 p.

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

FERREIRA, N. C. et al. *Trichoderma* spp. in growth promotion of *Jacaranda mimosifolia* D. Don. **Journal of Agricultural Studies**, v. 9, n. 2, p. 335-346, 2021.

FORNES, F. et al. Composting versus vermicomposting: a comparative study of organic matter evolution through straight and combined processes. **Bioresource Technology**, v. 118, p. 296-305, 2012.

GASPARIN, E. et al. Influência do substrato e do volume de recipiente na qualidade das mudas de *Cabralea canjerana* (Vell.) Mart. em viveiro e no campo. **Ciência Florestal**, v. 24, n. 3, p. 553-563, 2014.

GASPARIN, E. et al. Supervivencia y crecimiento inicial de *Parapiptadenia rigida* em campo. **Floresta**, v. 47, n. 4, p. 533 - 541, 2017.

GRIEBELER, A. M. et al. Type of container and *Trichoderma* spp. inoculation enhance the performance of tree species in enrichment planting. **Ecological Engineering**, v. 169, 106317, 2021.

GUARINO, E. S. G. et al. Espécies de plantas prioritárias para projetos de restauração ecológica em diferentes formações vegetais no bioma Pampa: Primeira aproximação. Pelotas: Embrapa Clima Temperado (**Documentos**, 457), 2018. 81 p.

HELDWEIN, A.B.; BURIOL, G.A.; STRECK, N.A. O clima de Santa Maria. **Ciência & Ambiente: História Natural de Santa Maria**. Universidade Federal de Santa Maria - UFSM. Editora Pallotti: n. 38, 2009.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. **Boletim Agroclimatológico Mensal**, v. 54, n. 4. Brasília: Inmet, 2019.

- KANIESKI, M. R. et al. Dendroecologia de *Sebastiania commersoniana* (Baill.) L. B. Sm. & Downs e *Hovenia dulcis* Thunb. em uma área degradada na Floresta Ombrófila Mista aluvial, sul do Brasil. **Ciência Florestal**, v. 27, n. 4, p. 1201-1215, 2017.
- KUMAR, N.; KHURANA, S. M. P. *Trichoderma*-plant-pathogen interactions for benefit of agriculture and environment. **Biocontrol agents and secondary metabolites**. p. 41-63, chapter 3, 2021.
- LARCHER, W. 2000. **Ecofisiologia Vegetal**. São Carlos, Brasil. Editora Rima. 531 p.
- LORENZI, H.; MATOS, F. J. A. **Plantas Medicinais no Brasil: Nativas e Exóticas**. 2 ed. São Paulo, Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2008. 512 p.
- LIMA, G. A. et al., Prospecção científica e tecnológica do gênero *Bauhinia* L. (Fabaceae). **Cadernos de Prospecção**, v. 14, n. 1, p. 111-124, 2021.
- MACÍAS-RODRÍGUEZ, L. et al. The interactions of *Trichoderma* at multiple trophic levels: inter-kingdom communication. **Microbiological Research**, v. 240, 2020.
- MELO et al. Vermicompostagem: conversão de resíduos orgânicos em benefício para solo e plantas. **Tópicos em Ciências Agrárias**, vol. 6. cap. 4, 2020.
- MUKHERJEE, P. K. et al. 2013. *Trichoderma* in agriculture, industry and medicine: an overview. In: Mukherjee, P. K. et al. (Ed.) **Trichoderma: Biology and Applications**. CABI, Nosworthy, Way, Wallingford, Oxon, UK, p. 1-9.
- OLIVEIRA, D. C.; LIMA, S. V. A. M.; OLIVEIRA, J. P. L. Use of *Bauhinia forficata* Link infusion in the treatment of diabetes *mellitus*. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 10, 2020.
- ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS – ONU. **The sustainable development goals report**, 2021, 86 p.
- PAULINO NETO, H. F. Floral biology and breeding system of *Bauhinia forficata* (Leguminosae: Caesalpinioideae), a moth-pollinated tree in southeastern Brazil. **Brazilian of Journal Botanical**, v. 36, n. 1, p. 55-64, 2013.
- PECCATTI et al. Effect of *Trichoderma* spp. on the propagation of *Maytenus ilicifolia* Mart. ex Reissek. **Journal of Agricultural Science**, v. 11, n. 3, p. 435-442, 2019.
- PECCATTI, A. et al. Biological inputs in promoting the growth of *Bauhinia forficata* Link. seedlings. **Ciência Florestal**, v. 30, n. 2, p. 367-379, 2020.
- PINTO, J. R. et al. Establishment and growth of container seedlings for reforestation: A function of stocktype and edaphic conditions. **Forest Ecology and Management**, v. 261, p. 1876-1884, 2011.
- RAVINDRAN, B. et al. Influence of microbial diversity and plant growth hormones in compost and vermicompost from fermented tannery waste. **Bioresource Technology**, v. 217, p. 200-204, 2016.

- REIS, M. S.; SIMINSKI, A. Espécies medicinais nativas da Região Sul do Brasil. In: CORADIN, L.; SIMINSKI, A.; REIS, A. (Ed.). **Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: plantas para o futuro - Região Sul / Brasília: MMA, 2011. 934 p**
- RITCHIE, G. A. et al. Assessing plant quality. In: LANDIS, T. D.; DUMROESE, R. K.; HAASE, D. L. **The container tree nursery manual**, v. 7, Washington, DC: U. S. Department of Agriculture Forest Service, cap. 2, p. 19-81, 2010.
- SANTOS, K. L.; SIMINSKI, A. *Bauhinia forficata*. In: CORADIN, L.; SIMINSKI, A.; REIS, A. (Ed.). **Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: plantas para o futuro - Região Sul / Brasília: MMA, 2011. 934 p.**
- SILVA, M. P. K. L. et al. Desenvolvimento inicial e fenologia em núcleos de restauração no bioma Mata Atlântica, Sul do Brasil. **Forest Sciences**, v. 14, n. 1, e5612, 2019.
- SOUZA, I. M.; FUNCH, L. S. Synchronization of leafing and reproductive phenological events in *Hymenaea* L. species (Leguminosae, Caesalpinioideae): the role of photoperiod as the trigger. **Brazilian Journal of Botany**, v.40, n. 1, p. 1-12, 2016.
- SCAGLIA, B. et al. Investigating organic molecules responsible of auxin-like activity of humic acid fraction extracted from vermicompost. **Science of the Total Environment**, v. 562, p. 289-295, 2016.
- STEFFEN, G. P. K. et al. Utilização de vermicomposto como substrato na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* e *Corymbia citriodora*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 31, n. 66, p. 75-82, 2011.
- STEFFEN, G. P. K. et al. *Trichoderma asperelloides* promove crescimento inicial em mudas de *Corymbia citriodora*. **Enciclopédia Biosfera**, v. 16, n. 29, p. 1699, 2019.
- STEFFEN, G. P. K. et al. **Vermicompostagem de resíduos orgânicos: guia prático de perguntas e respostas**. 1 ed. Porto Alegre: Gráfica e Editora RJR, 2017, 74 p.
- STEFFEN, G. P. K.; MALDANER, J. Methodology for *Trichoderma* sp. multiplication in organic substrates. **International Journal of Current Research**, v. 9, n. 1, p. 44564-44567, 2017.
- STEFFEN, G. P. K. et al. The vermicompost anticipates flowering and increases tomato productivity. **Agrociencia Uruguay**, v. 23, n. 1, p. 1-7, 2019.
- TAIZ, L. et al. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 888 p.
- VAZ, A. M. S. F. 2020. *Bauhinia* in **Flora do Brasil 2020**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://reflora.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB82666>>. Acesso em: 09 set. 2021
- VIANA, J. S. et al. Crescimento de mudas de *Bauhinia forficata* Link. em diferentes tamanhos de recipientes. **Floresta**, v. 38, n. 4, p. 663-671, 2008.

DISCUSSÃO GERAL

Espécies arbóreas nativas são pouco exploradas quanto ao seu potencial visando usos múltiplos. O motivo, possivelmente está relacionado ao fato das características ecológicas e silviculturais de grande parte dessas espécies serem incipientes para encorajar sua utilização em diferentes estratégias de plantios e usos.

Esta pesquisa abordou a estratégia de inserção de *M. ilicifolia* e *B. forficata* cultivadas com bioestimulantes, no campo, buscando associar elementos de produção mais favoráveis ao meio ambiente e à sociedade em geral, além de buscar a valorização do conhecimento tradicional das espécies. Os bioinsumos vermicomposto e *Trichoderma* conferem inúmeros benefícios para as plantas os quais acabam sendo refletidos na promoção do crescimento. No entanto, estes benefícios têm sido relatados, essencialmente, na fase inicial de produção de mudas, o que acaba gerando lacunas de informações sobre seu potencial em etapas posteriores, após o plantio a campo.

M. ilicifolia e *B. forficata* apresentaram diferentes padrões de crescimento e desenvolvimento vegetativo e isto era esperado, visto pertencerem a grupos ecológicos distintos (secundária inicial/tardia e pioneira, respectivamente), por isso, seria inoportuno realizar uma análise comparativa entre elas. A presença ou não de efeitos de promoção do crescimento pelos bioestimulantes nas plantas cultivadas a campo, pode ter alguma relação com a classificação ecológica de cada espécie, conforme discutido nos artigos, passível de estudos mais específicos para verificar este comportamento.

No campo, os efeitos residuais dos bioestimulantes foram mais evidentes para os ensaios com vermicomposto em ambas as espécies vegetais, principalmente até o momento do plantio (330 dias após a semeadura), demonstrando que os benefícios da aplicação do bioinsumo tende em se manter mesmo em condições semi-controladas, verificadas após o transplante das plantas para o período de rustificação e, posteriormente, no decorrer do período de estudo, para a *B. forficata*. Em relação ao ensaio com *Trichoderma* spp., por sua vez, plantas de *M. ilicifolia* não foram beneficiadas pela inoculação das cepas após o plantio no campo, portanto, algum outro mecanismo além do fato da espécie se desenvolver lentamente, pode estar associado aos resultados e necessita ser melhor investigado.

As altas taxas de sobrevivência de ambas as espécies, em plantios a pleno sol, atribuem a elas a possibilidade de serem inseridas em áreas de vegetação em estágios iniciais de sucessão ecológica, diferindo quanto à estratégia de utilização. A *B. forficata* possui estrutura de copa ampla e crescimento rápido, por isso, pode ser indicada em plantios que necessitam de espécies para recobrir rapidamente as áreas. A *M. ilicifolia*, pode ser utilizada estrategicamente como espécie fornecedora de recursos alimentares (néctar e frutos) para a insetos e avifauna, tendo em vista que o período reprodutivo tende a iniciar a partir do segundo ano de plantio.

Em relação à utilização das espécies visando a exploração sustentável para fins fitoterápicos, o cultivo no campo foi considerado satisfatório, levando em consideração as características ecológicas e silviculturais particulares de cada espécie e o baixo investimento de tecnologia aplicada nos plantios. Há de se considerar, no entanto, que, aumentar o intervalo entre aplicações dos bioestimulantes no campo, pode estimular ainda mais o crescimento e desenvolvimento das plantas. Por isso, o uso dos bioestimulantes na produção de mudas de *B. forficata*, particularmente, é altamente recomendado, sendo a escolha por um deles uma opção reservada, pois envolve custos, disponibilidade dos produtos em cada região e técnicas adequadas para quem optar por produzir o próprio insumo.

Por fim, há a necessidade em avançar com as pesquisas sobre impacto das atividades relativas à extração de folhas, principalmente, para a *B. forficata*, pois não há estudos a respeito (VIEIRA; SILVA, 2002). Além disso, visto o caráter decidual da espécie é preciso estabelecer o momento mais favorável para realizar a atividade sem prejudicar o seu desenvolvimento. Para a *M. ilicifolia*, este assunto é melhor compreendido, mesmo assim, novos estudos com bioestimulantes podem e devem ser testados visando aumentar a produção em biomassa foliar e, principalmente, a testagem de outras cepas de *Trichoderma* sp., as quais podem vir ser compatíveis com a espécie e promover o crescimento de fato.

REFERÊNCIAS

- ADAMS, P. et al. *Trichoderma harzianum* Rifai 1295-22 mediates growth promotion of crack willow (*Salix fragilis*) saplings in both clean and metal-contaminated soil. **Microbial Ecology**, v. 54, p. 306-313, 2007.
- ADETUNJI, C. O.; ANANI, O. A. Bio-fertilizer from *Trichoderma*: Boom for agriculture production and management of soil- and root- borne plant pathogens. In: **Innovations in Food Technology**. P. Mishra et al. (Ed.), 2020.
- ADNAN, M. et al. Plant defense against fungal pathogens by antagonistic fungi with *Trichoderma* in focus. **Microbial Pathogenesis**, v. 129, p. 7-18, 2019.
- ALI, U. et al. A review on vermicomposting of organic wastes. **Environmental Progress & Sustainable Energy**, v. 34, n. 4, p. 1050-1062, 2015.
- AMARAL, P. P. et al. Promotores de crescimento na propagação de caroba, **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 37, n. 90, p. 149-157, 2017.
- ANTONIOLLI, Z. I., GIRACCA, E. M. N., BAUER, C. **Vermicompostagem**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria/Centro de Ciências Rurais. (Informe Técnico 02), 1995. 3 p.
- ARAÚJO, E. L.; SHEPHERD, G. Biologia reprodutiva de *Bauhinia forficata* Link (Leguminosae - Caesalpinieae), SP - Brasil. In: **Congresso Nacional de Botânica**. Nova Friburgo. Resumos. Rio de Janeiro: Sociedade Botânica do Brasil, 1996. 405 p.
- BIRAL, L.; LOMBARDI, J. A. 2020. *Celastraceae* in **Flora do Brasil 2020**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://reflora.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB605053>>. Acesso em: 31 mar. 2021
- BIRAL, L. et al. A. Systematics of New World *Maytenus* (Celastraceae) and a new delimitation of the genus. **Systematic Botany**, v. 42, p. 680-693, 2017.
- BRASIL. Relação de Plantas de interesse ao Sistema Único de Saúde. **Ministério da Saúde**. 2009.
- BRASIL. Instrução Normativa n. 2, de 13 de maio de 2014. Publica a Lista de medicamentos fitoterápicos de registro simplificada e a Lista de produtos tradicionais fitoterápicos de registro simplificado. **Diário Oficial da União**. Ministério da Saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária. 2014.
- CANELLAS, L. P.; OLIVARES, F. L. Physiological responses to humic substances as plant growth promoter. **Chemical and Biological Technologies in Agriculture**, v. 1, n. 3, 2014.
- CAPITANI, L. C. et al. Pollen viability and autogamy fitness in *Bauhinia forficata* Link (Fabaceae). **Floresta e ambiente**, v. 25, n. 3, 2018.
- CAPITANI, L. C. **Ecologia Floral de *Bauhinia forficata* Link**: interações ecológicas na restauração de ecossistemas. 2016. 127 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS. 2016.

CARVALHO, D. D. C. et al. Biological control of white mold by *Trichoderma harzianum* in common bean under field conditions. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 50, n. 12, p. 1220-1224, 2015.

CARVALHO, P. E. Pata-de-vaca. (**Circular Técnica 74**). Embrapa Florestas, 2003.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. v. 2. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, Colombo, PR: Embrapa Florestas, 2006. 627p.

CARVALHO-OKANO, R. M. **Estudos taxonômicos do gênero *Maytenus* Mol. emend. Mol. (Celastraceae) do Brasil extra-amazônico**. 1992. 253f. Tese (Doutorado em Ciências) - Universidade Estadual de Campinas. São Paulo, SP, 1992.

CECHINEL-ZANCHETT, C. C. et al. *Bauhinia forficata* Link, a Brazilian medicinal plant traditionally used to treat cardiovascular disorders, exerts endothelium-dependent and independent vasorelaxation in thoracic aorta of normotensive and hypertensive rats. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 243, 2019.

CECHINEL-ZANCHETT, C. C.; ANDRADE, S. F.; CECHINEL-FILHO, V. Ethnopharmacological, phytochemical, pharmacological and toxicological aspects of *Bauhinia forficata*: A mini-review covering the last five years. **Natural Product Communications**, v. 13, n. 7, p. 911-916, 2018.

CONTRERAS-CORNEJO, H. A. et al. Ecological functions of *Trichoderma* spp. and their secondary metabolites in the rhizosphere: Interactions with plants. **FEMS Microbiology Ecology**, v. 92, n. 4, 2016.

CUNHA, A. M. et al. Hypoglycemic activity of dried extracts of *Bauhinia forficata* Link. **Phytomedicine**, v. 17, p. 37-41, 2010.

DALANHOL, S. J. et al. Efeito de fungos micorrízicos arbusculares e da adubação no crescimento de mudas de *Eugenia uniflora* L., produzidas em diferentes substratos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 38, n. 1, p. 117-128, 2016.

DANNER, M. A. et al. Formação de mudas de jabuticabeira (*Plinia* sp.) em diferentes substratos e tamanhos de recipientes. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 29, n. 1, p. 179-182, 2007.

DEL REY, B. G. et al. The antiulcer and antioxidant mechanisms of the butanolic fraction extract obtained from *Bauhinia forficata* leaves: A medicinal plant frequently used in Brazilian folk medicine. **Journal of Medicinal Plants Research**, v. 12, n. 6, p. 69-76, 2018.

DIAS, B. F. S. Apresentação. In: CORADIN, L.; SIMINSKI, A.; REIS, A. (Ed.). **Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: plantas para o futuro - Região Sul / Brasília: MMA, 2011. 934 p.**

DRUZHININA, I. S. et al. *Trichoderma*: the genomics of opportunistic success. **Nature Reviews Microbiology**, v. 9, p. 794-759, 2011.

- DUTRA, R. C. et al. Medicinal plants in Brazil: Pharmacological studies, drug discovery, challenges and perspectives. **Pharmacological research**, v. 112, p. 4-29, 2016.
- DOMÍNGUEZ, J. et al. Influence of vermicomposto on plant growth. Contributions toward the development of an objective concept. **Acta Zoologica Mexicana**, v. 2, p. 359-371, 2010.
- EIRA, M. T. S.; DIAS, T. A. B.; MELLO, C. M. C. Comportamento fisiológico de sementes de espinheira - santa (*Maytenus ilicifolia*) no armazenamento. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 13, n. 1, p. 32-34, 1995.
- FARIAS, F. L. et al. Avaliação da atividade antibacteriana de extrato etanólico da *Bauhinia forficata* L. **Diversitas Journal**, v. 3, n. 2, p. 402-411, 2018.
- FERREIRA-FILHO, J. C. C. et al. Therapeutic potential of *Bauhinia forficata* Link in dental biofilm treatment. **Journal of Medicinal Food**, v. 23, n. 9, p. 1-8, 2020.
- FORNES, F. et al. Composting versus vermicomposting: a comparative study of organic matter evolution through straight and combined processes. **Bioresource Technology**, v. 118, p. 296-305, 2012.
- GARCÍA, A. C., IZQUIERDO, F. G.; BERBARA, R. L. L. Effects of humic materials on plant metabolism and agricultural productivity. Cap.18. In: AHMAD, P.; RASOO, S. (Ed.). **Emerging Technologies and Management of Crop Stress Tolerance**, v. 1, 2014. 592 p.
- GUARINO, E. S. G. et al. Espécies de plantas prioritárias para projetos de restauração ecológica em diferentes formações vegetais no bioma Pampa: Primeira aproximação. Pelotas: Embrapa Clima Temperado (**Documentos**, 457), 2018. 81 p.
- GUARINO, E. S. G.; MOLINA, A. R.; BARBIERI, R. L. Distribuição potencial de espinheira-santa (*Monteverdia ilicifolia* e *M. aquifolia*) e sua relação com os bancos ativos de germoplasma da Embrapa (**Boletim de pesquisa e desenvolvimento** 328). Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 1 ed. 2019. 15 p.
- GULLO, F. P. et al. Antifungal activity of Maytenin and Pristimerin. **Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine**, v. 2012, p. 1-6, 2012.
- HARMAN, G. E. Endophytic strains of *Trichoderma* increase plants photosynthetic capability. **Journal of Applied Microbiology**, v. 130, n. 2, p. 529-546, 2019.
- HARMAN, G. E. et al. *Trichoderma* species - opportunistic, avirulent plant symbionts. **Nature Reviews Microbiology**, v. 2, p. 43-56, 2004.
- JUNGES et al. *Trichoderma* spp. na produção de mudas de espécies florestais. **Floresta e Ambiente**, v. 23, n. 2, p. 237-244, 2016.
- KAMAL, R. K. et al. *Trichoderma*: a most common bio-fertilizer with multiple roles in agriculture. **Journal of Scientific & Technical Research**, v. 4, n. 5, 2018.

KHADKA, R. B.; UPHOFF, N. Effects of *Trichoderma* seedling treatment with system of Rice intensification management and with conventional management of transplanted rice. **PeerJ**, 7, e5877, 2019.

KOHN, L. K. et al. In vitro antiviral activity of Brazilian plants (*Maytenus ilicifolia* and *Aniba rosaeodora*) against bovine herpesvirus type 5 and avian metapneumovirus **Pharmaceutical Biology**, v. 50, n. 10, p. 1269-1275, 2012.

KOWALSKI, A. P. J. et al. Influência da qualidade da semente e do tipo de substrato na formação de mudas de espinheira - santa. **Scientia Agraria**, v. 9, n. 1, p. 15-20, 2008.

KUMAR, N.; KHURANA, S. M. P. Trichoderma-plant-pathogen interactions for benefit of agriculture and environment. **Biocontrol agents and secondary metabolites**. p. 41-63, chapter 3, 2021.

LIM, S. L. et al. The use of vermicompost in organic farming: overview, effects on soil and economics. **Journal Science Food Agriculture**, v. 95, p. 1143-1156, 2015.

LIMA, D. M. Caracterização e produção de mudas de espinheira-santa (*Maytenus muelleri* Schwacke). p. 219 - 241. In: MARTIN, T. N. et al. (Org.). **Sistemas de Produção Agropecuária (Ciências Agrárias, Animais e Florestais)**. Editora UTFPR. Dois Vizinhos, PR. 2010.

LIMA, G. A. et al. Prospecção científica e tecnológica do gênero *Bauhinia* L. (Fabaceae). **Cadernos de Prospecção**, v. 14, n. 1, p. 111-124, 2021.

LOPES, J. C.; BARBOSA, L. G.; CAPUCHO, M. T. Germinação de sementes de *Bauhinia* spp. **Floresta**, v. 37, n. 2, p. 265-274, 2007.

LORENZI, H.; MATOS, F. J. A. **Plantas Mediciniais no Brasil: Nativas e Exóticas**. 2 ed. São Paulo, Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2008. 512 p.

LUBKOWSKI, J. et al. Structural analysis and unique molecular recognition properties of a *Bauhinia forficata* lectin that inhibits cancer cell growth. **The FEBS Journal**, v. 284, p. 429-450, 2017.

LUSA, M. G.; BONA, C. Análise morfoanatômica comparativa da folha de *Bauhinia forficata* Link e *B. variegata* Linn. (Leguminosae, Caesalpinioideae). **Acta botânica brasileira**, v. 23, n. 1, p. 196-211, 2009.

LUSTOSA, D. C. et al. *Trichoderma* spp. and its effects on seeds physiological quality and seedlings development of African mahogany. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 15, n. 1, p. 1-7, 2020.

MACHADO, D. F. M. et al. *Trichoderma* spp. na emergência e crescimento de mudas de cambará (*Gochnatia polymorpha* (Less.) Cabrera). **Revista Árvore**, v. 39, n. 1, p. 167-176, 2015.

MACÍAS-RODRÍGUEZ, L. et al. The interactions of *Trichoderma* at multiple trophic levels: inter-kingdom communication. **Microbiological Research**, v. 240, 2020.

- MALYSZ, M.; ZANIN, E. M. Floração, frutificação e biologia floral em *Maytenus muelleri* Schwake. **Perspectiva**, v. 35, n. 129, p. 45-52, 2011.
- MARIOT, M. P. **Recursos genéticos de espinheira-santa (*Maytenus ilicifolia* e *M. aquifolium*) no Rio Grande do Sul**. 2005. 131 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, RS, 2005.
- MARIOT, M. P.; BARBIERI, R. L. O conhecimento popular associado ao uso da Espinheira - Santa (*Maytenus ilicifolia* e *M. aquifolium*). **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, supl.1, p. 666-668, 2007.
- MARQUES, G. S. et al. Estado da arte de *Bauhinia forficata* Link (Fabaceae) como alternativa terapêutica para o tratamento do Diabetes *mellitus*. **Revista de Ciências Farmacêuticas Básica e Aplicada**, v. 34, n. 3, p. 313-320, 2013.
- MAZZA, M. C. M.; SANTOS, J. E.; MAZZA, C. A. S. Fenologia reprodutiva de *Maytenus ilicifolia* (Celastraceae) na Floresta Nacional de Irati, Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 34, n. 4, p. 565-574, 2011.
- MELO et al. Vermicompostagem: conversão de resíduos orgânicos em benefício para solo e plantas. **Tópicos em Ciências Agrárias**, vol. 6. cap. 4, 2020.
- MILANESI, P. M. et al. Detecção de *Fusarium* spp. e *Trichoderma* spp. e antagonismo de *Trichoderma* sp. em soja sob plantio direto. **Ciências Agrárias**, v. 34, n. 6, p. 3219-3234, 2013.
- MONTANARI JUNIOR, I.; SCHEFFER, M. C.; RADOMSKI, M. I. Cultivo de espinheira - santa. In: REIS, M. S.; SILVA, S. R. (Org.). **Conservação e uso sustentável de plantas medicinais e aromáticas: *Maytenus* spp., espinheira-santa**. v. 1. Brasília, DF: Ibama, 2004, p. 163-180.
- MORELLATO, L. P. C. **Estudo da fenologia de árvores, arbustos e lianas de uma floresta semi-decídua no sudeste do Brasil**. 1991. 176 p. Tese (Doutorado em Biologia) - Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas. 1991.
- MUKHERJEE, P. K. et al. 2013. *Trichoderma* in agriculture, industry and medicine: an overview. In: Mukherjee, P. K. et al. (Ed.) **Trichoderma: Biology and Applications**. CABI, Nosworthy, Way, Wallingford, Oxon, UK, p. 1-9.
- MUSCOLO, A.; SIDARI, M.; NARDI, S. Humic substance: Relationship between structure and activity. Deeper information suggests univocal findings. **Journal Geochem Exploration**, v. 129, p. 57-63, 2013.
- NDEGWA, P. M.; THOMPSON, S. A. Integrating composting and vermicomposting in the treatment and bioconversion of biosolids. **Bioresource Technology**, v. 76, n. 2, p. 107-112, 2001.
- NEGRELLE, R. B. et al. Tecnologia de produção de sementes de Espinheira - Santa (*Maytenus ilicifolia* Mart. ex Reiss. - Celastraceae). **Revista Brasileira de Sementes**, v. 21, n. 1, p. 76-81, 1999.

- NEGRI, M. L. S.; POSSAMAI, J. C.; NAKASHIMA, T. Atividade antioxidante das folhas de espinheira-santa - *Maytenus ilicifolia* Mart. ex Reiss., secas em diferentes temperaturas. **Revista Brasileira de Farmacognesia**, v. 12, n. 2, p. 553-556, 2009.
- NICOLOSO, F. T. et al. Recipientes e substratos na produção de mudas de *Maytenus ilicifolia* e *Apuleia leiocarpa*. **Ciência Rural**, v. 30, n. 6, p. 987-992, 2000.
- NOGUEIRA, A. C. O.; SABINO, C. V. S. Revisão do gênero *Bauhinia* abordando aspectos científicos das espécies *Bauhinia forficata* Link e *Bauhinia variegata* L. de interesse para a indústria farmacêutica. **Revista Fitos**, v. 7, n. 2, p. 77-84, 2012.
- NOGUEIRA, A. C.; MEDEIROS, A. C. S. Coleta de sementes florestais nativas. Embrapa (**Circular Técnica 144**), 2007.
- OLIVEIRA F. et al. **Mitos e verdades sobre pata-de-vaca - *Bauhinia forficata* Link - Uma revisão**. Lecta - USF, Bragança Paulista, v. 19, n. 1, p. 07-20, 2001.
- OLIVEIRA, C. Z. et al. Anticoagulant and antifibrinolytic properties of the aqueous extract from *Bauhinia forficata* against snake venoms. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 98, p. 213-216, 2005.
- OLIVEIRA, D. C.; LIMA, S. V. A. M.; OLIVEIRA, J. P. L. Use of *Bauhinia forficata* Link infusion in the treatment of diabetes *mellitus*. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 10, 2020.
- PAULINO NETO, H. F. Floral biology and breeding system of *Bauhinia forficata* (Leguminosae: Caesalpinioideae), a moth-pollinated tree in southeastern Brazil. **Brazilian Journal of Botany**, v. 36, n. 1, p. 55-64, 2013.
- PECCATTI, A. et al. Effect of *Trichoderma* spp. on the propagation of *Maytenus ilicifolia* Mart. ex Reissek. **Journal of Agricultural Science**, v. 11, n. 3, p. 435-442, 2019.
- PECCATTI, A. **Crescimento inicial de *Bauhinia forficata* Link. e *Maytenus ilicifolia* Mart. ex Reissek produzidas com insumos biológicos**. 2017. 61 f. (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS. 2017.
- PECCATTI, A. et al. Biological inputs in promoting the growth of *Bauhinia forficata* Link. seedlings. **Ciência Florestal**, v. 30, n. 2, p. 367-379, 2020.
- PERLEBERG, T. D. et al. Pollinators and seed dispersers of espinheira-santa (*Monteverdia ilicifolia* - Celastraceae), a Brazilian medicinal plant. **Ciência e Natura**, v. 43, e52, 2021.
- PERLEBERG, T. D. **Conservação *ex situ* e biologia reprodutiva da espinheira - santa (*Maytenus ilicifolia*, Celastraceae)**. 2017. 91 p. (Doutorado em Ciências) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS. 2017.
- RADOMSKI, M. I. **Caracterização ecológica e fitoquímica de *Maytenus ilicifolia* Mart., em populações nativas, no município da Lapa - Paraná**. 1998. 98 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR. 1998.

RADOMSKI, M. I.; PERECIN, M. B.; STEENBOCK, W. Aspectos ecológicos de espécies de espinheira - santa. In: REIS, M. S.; SILVA, S. R. (Org.). **Conservação e uso sustentável de plantas medicinais e aromáticas: *Maytenus* spp.**, espinheira - santa. v. 1. Brasília, DF: Ibama, 2004, p. 93-114.

RADOMSKI, M. I.; BULL, L. T. Caracterização ecológica e fitoquímica de quatro populações naturais de *Maytenus ilicifolia* no estado do Paraná. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 30, n. 61, p. 01-16, 2010.

REIS, M. S.; SIMINSKI, A. Espécies medicinais nativas da Região Sul do Brasil. In: CORADIN, L.; SIMINSKI, A.; REIS, A. (Ed.). **Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: plantas para o futuro - Região Sul / Brasília: MMA**, 2011. 934 p.

ROSA, S. G. T. **Caracterização das sementes de *Maytenus ilicifolia* Mart. ex Reiss, espinheira-santa e viabilidade de sua propagação sexuada.** 1994. 106 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, RS. 1994.

ROSMANA, A. et al. Dynamic of vascular streak dieback disease incidence on susceptible cacao treated with composted plant residues and *Trichoderma asperellum* in field. **Agronomy**, v. 9, n. 650, p. 1-11, 2019.

SANTANA-DÍAZ, T.; CASTELLANOS-GONZÁLEZ, L. Efecto bioestimulante de *Trichoderma harzianum* Rifai em posturas de leucaena, cedro y samán. **Colombia Forestal**, v. 21, n. 1, p. 81-90, 2018.

SANTOS, M. F. et al. *Trichoderma* spp. on treatment of *Handroanthus serratifolius* seeds: effect on seedling germination and development. **Heliyon**, v. 6, s/n, 2020.

SANTOS, M. F. et al. Effect of *Trichoderma* spp. fungus for production of seedlings in *Enterolobium Schomburgkii* (Benth.) Benth. **Australian Journal of Crop Science**, v. 13, n. 10, p. 1706-1711, 2019.

SANTOS, V. A. et al. Antiprotozoal sesquiterpene pyridine alkaloids from *Maytenus ilicifolia*. **Journal of Natural Products**, v. 75, n. 5, p. 991-995, 2012.

SCHEFFER, M. C. **Sistema de cruzamento e variação genética entre populações e progênies de espinheira - santa.** 2001. 116 p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná. Curitiba, PR. 2001.

SCHEFFER, M. C.; ARAUJO, J. A. Observações sobre a frutificação de espinheira - santa (*Maytenus ilicifolia*) na região sul do Brasil. In: **XV Simpósio de plantas medicinais do Brasil**. UNIFESP, São Paulo. 1998.

SCHORN, L. A.; SILVA, R. G. X.; MAGRO, B. A. Secagem e armazenamento de sementes de *Albizia niopoides* Benth. e *Bauhinia forficata* Link. **Revista Acadêmica de Ciências Agrárias Ambientais**, v. 8, n. 2, p. 225-231, 2010.

SILVA JÚNIOR, A. A. **Essentia herba: Plantas Bioativas.** v. 1. Florianópolis: Epagri, 2003. 441 p.

SILVA, G. M. C. et al. Morfologia do fruto, semente e plântula do Mororó (ou pata-de-vaca) - *Bauhinia forficata* Link. **Revista de Biologia e Ciência da Terra**, v. 3, n. 2, 2003.

SILVA, K. L.; CECHINEL FILHO, V. Plantas do gênero *Bauhinia*: composição química e potencial farmacológico. **Química Nova**, v. 25, p. 449-454, 2002.

SILVA, L. Á; SCARIOT, A. Composição florística e estrutura da comunidade arbórea em uma Floresta Estacional Decidual em afloramento calcário (fazenda São José, São Domingos, GO, Bacia do Rio Paraná). **Acta Botânica Brasileira**, v. 17, n. 2, p. 305-313, 2003.

SILVA, M. C. C. et al. *Bauhinia forficata* lectin (BfL) induces cell death and inhibits integrin-mediated adhesion on MCF7 human breast cancer cells. **Biochimica et Biophysica Acta**, v. 1840, p. 2262-2271, 2014.

SOFO, A.; MILELLA, L.; TATARANNI, G. Effects of *Trichoderma harzianum* strain T-22 on the growth of two *Prunus* rootstocks during the rooting phase. **Journal Horticultural Science Biotechnology**, v. 85, p. 497-703, 2010.

SOLDAN, A. et al. Development of forestry species inoculated with *Trichoderma* spp. fertilized with rock phosphate. **Floresta e Ambiente**, v. 25, n. 4, p. 1-8, 2018.

SOUZA, C. A. S. et al. Crescimento de mudas de gravioleira (*Annona muricata* L.) em substrato com superfosfato simples e vermicomposto. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 25, n. 3, p. 453-456, 2003.

STEENBOCK, W. **Fundamentos para o manejo de populações naturais de espinheira - santa**, *Maytenus ilicifolia* Mart. ex Reiss. (Celastraceae). 2003. 145 p. Dissertação (Mestrado em Recursos Genéticos Vegetais) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2003.

STEFFEN, G. P. K. et al. *Trichoderma asperelloides* promove crescimento inicial em mudas de *Corymbia citriodora*. **Enciclopédia Biosfera**, v. 16, n. 29, p. 1699-1708, 2019.

STEFFEN, G. P. K. et al. Utilização de vermicomposto como substrato na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* e *Corymbia citriodora*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 31, n. 66, p. 75-82, 2011.

STEFFEN, G. P. K. et al. **Vermicompostagem de resíduos orgânicos**: guia prático de perguntas e respostas. 1 ed. Porto Alegre: Gráfica e Editora RJR, 2017, 74 p.

STOLZ, E. D. et al. Survey of plants popularly used for pain relief in Rio Grande do Sul, Southern Brazil. **Brasilian Journal of pharmacognosy**, v. 24, p. 185-196, 2014.

TCHAMENI, S. N. et al. Effect of *Trichoderma asperellum* and arbuscular mycorrhizal fungi on cacao growth and resistance against black pod disease. **Crop Protection**, v. 30, p. 1321-1327, 2011.

- TOPOLOVEC-PINTARIC, S. Trichoderma: Invisible partner for visible impact on agriculture. Chapter 2, p. 15-36. In: **Trichoderma - The most widely used fungicide**. SHAH, M. M.; SHARIF, U.; BUHARI, T. R. (Ed.), 2019.
- TROJAN-RODRIGUES, M. et al. Plants used as antidiabetics in popular medicine in Rio Grande do Sul, South Brazil. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 139, p. 155-163, 2012.
- UMASHANKAR, N. et al. Effect of microbial inoculants on the growth of silver oak (*Grevillea robusta*) in nursery condition. **International Journal of Environmental Science and Development**, v. 3, n. 1, 2012.
- VARGAS, J. O. S. et al. Avaliação do potencial antibacteriano e antifúngico de *Maytenus ilicifolia* (Mart. ex Reissek) oriunda da região do Bioma Pampa. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 9, p. 66364-66376, 2020.
- VAZ, A. M. F.; TOZZI, A. M. G. A. Sinopse de *Bauhinia* sect. *Pauletia* (Cav.) DC. (Leguminosae: Caesalpinioideae: Cercideae) no Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 28, p. 477-491, 2005.
- VAZ, A. M. S. F. 2020. *Bauhinia* in **Flora do Brasil** 2020. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://reflora.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB82666>>. Acesso em: 28 mar. 2021
- VAZ, A. M. S. F.; BORTOLUZZI, R. L. C.; SILVA, L. A. E. Checklist of *Bauhinia* sensu stricto (Caesalpinaceae) in Brazil. **Plant Ecology and Evolution**, v. 123, n. 2, p. 212-221, 2010.
- VIEIRA, R. F.; SILVA, S. R. **Estratégias para conservação e manejo de recursos genético de plantas medicinais e aromáticas**: Resultados da 1ª Reunião Técnica. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia / Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) / Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), 2002. 184 p.
- VIG, A. P. et al. Vermicomposting of tannery sludge mixed with cattle dung into valuable manure using earthworm *Eisenia foetida* (Savigny). **Bioresource Technology**, v. 102, p. 7941-7945, 2011.
- VOGEL, H. L. M. et al. Utilização de vermicomposto no crescimento de mudas de *Hovenia dulcis* Thunberg. **Ciência Florestal**, v. 11, n. 1, p. 21-27, 2001.
- ZACHOW, C. et al. Endemic plants harbour specific *Trichoderma* communities with an exceptional potential for biocontrol of phytopathogens. **Journal of Biotechnology**, v. 235, p. 162-170, 2016.
- ZHANG, L. et al. Phytochemicals and biological activities of species from the genus *Maytenus*. **Medicinal Chemistry Research**, v. 29, p. 575-606, 2020.

APÊNDICES

APÊNDICE A - Análise química do solo e do vermicomposto utilizados na composição dos substratos para produção de mudas de *M. ilicifolia* e *B. forficata* e do substrato 3:2:1 utilizado na rustificação

Atributos	Unidade	Solo	Vermicomposto	Substrato 3:2:1
pH	-	4,5	6,4	5,6
Ca		3,4	12,3	6,9
Mg		1,3	13,5	4,0
Al	cmol dm ³	0,7	0,0	0,0
H+Al		8,7	2,8	3,1
CTC		5,7	27,8	12,9
Al	%	13,6	0,0	0,0
SB		35,7	90,9	80,4
MO	m/v	1,8	16,7	4,3
S		15,7	652,8	17,4
P		11,5	500,0	500,0
K	mg/dm ³	134,7	800,0	800,0
Cu		1,0	3,7	0,511
Zn		1,7	35,5	10,6
B		0,1	0,2	0,3

Fonte: a Autora (2021).

APÊNDICE B - Caracterização química do fertilizante húmus líquido concentrado (sem diluição) aplicado nas mudas de *M. ilicifolia* e *B. forficata* no campo

Atributos	pH	P	K	Ca	Mg	Mn	Na
Unidade	-			(mg/L)			
Valores	7,4	52,6	400,4	21,3	4,7	5,9	28,6

Em que: P: fósforo; K: potássio; Ca: cálcio; Mg: magnésio; Mn: manganês; Na: sódio.

Fonte: A autora (2021).

APÊNDICE C - Análise de Variância (Quadrado médio) para as variáveis número de ramificações (NR), incremento periódico anual em altura (IPA_h) e diâmetro do coleto (IPA_{dc}) e sobrevivência de *M. ilicifolia*, produzidas com diferentes proporções de vermicomposto no substrato, no campo

Fonte de Variação	GL	Quadrados médios (significância)				
		IPA _h	IPA _{dc}	NR	Sobrevivência	
					1 m.a.p	43 m.a.p
Bloco	9	1457,9	88,6	0,17	0,02	0,02
Trat	5	2222,5 *	68,9	0,42	0,02	0,02
Resíduo	44	787,9	57,7	0,25	0,02	0,02
CV (%)	-	23,63	34,79	24,28	13,13	13,13
Média geral	-	118,76	21,84	2,08	0,98	0,98

* F significativo a 5% de probabilidade; CV (%) = Coeficiente de variação.

APÊNDICE D - Análise de Variância (Quadrado médio) (QM) para as variáveis altura (H), diâmetro do coleto (DC) e número de folhas (NF) de *M. ilicifolia*, produzidas com diferentes proporções de vermicomposto no substrato e tempos de avaliação, no campo

Fonte de Variação	GL	QM (significância)		GL	QM (significância)
		H	DC		NF
Bloco	9	5027,9	114,02	9	17,05
Trat	5	3528,59	163,1	5	35,85
Erro 1	44	3207,86	97,21	44	19,32
Tempo	7	103708,94*	4160,41*	4	555,74*
Erro 2	63	249,56	19,73	36	2,58
Trat x tempo	35	298,6*	11,91	20	2,75
Erro 3	308	166,14	12,49	176	2,33
CV 1 (%)	–	62,4	68,05	–	50,84
CV 2 (%)	–	17,41	30,66	–	18,59
CV 3 (%)	–	14,2	24,4	–	17,68
Média geral	–	90,75	14,48	–	8,6

* F significativo a 5% de probabilidade; CV (%) = Coeficiente de variação.

APÊNDICE E - Análise de Variância (Quadrado médio) para as variáveis número de ramificações (NR), incremento periódico anual em altura (IPA_h) e diâmetro do coleto (IPA_{dc}) e sobrevivência de *M. ilicifolia*, produzidas com diferentes cepas de *Trichoderma* spp. no substrato e tempos de avaliação, no campo

Fonte de Variação	GL	Quadrados médios (significância)				
		NR	IPA _h	IPA _{dc}	Sobrevivência	
					1 m.a.p	43 m.a.p
Trat	3	0,85	171,7 *	5,3	0,02	0,02
Bloco	4	2,42	112,2	6,8	0,02	0,02
Resíduo	12	0,72	60,8	4,4	0,02	0,02
CV (%)	–	34,7	23,6	34,6	13,1	13,1
Média geral	–	2,45	33	6,1	0,98	0,98

* F significativo a 5% de probabilidade; CV (%) = Coeficiente de variação.

APÊNDICE F - Análise de Variância (Quadrado médio) (QM) para as variáveis altura (H), diâmetro do coleto (DC) e número de folhas (NF) de *M. ilicifolia*, produzidas com diferentes cepas de *Trichoderma* spp. no substrato e tempos de avaliação, no campo

Fonte de Variação	GL	QM (significância)		GL	QM (significância)
		H	DC		
Bloco	4	19,59.72	56,76	4	26,73
Trat	3	863,6	45,35	3	17,4
Erro 1	12	2150	181,55	12	16,77
Tempo	7	30144,8*	795,15*	4	286,43*
Erro 2	28	192,3	5,28	16	3,2
Trat x tempo	21	47,5	4,89	12	2,17
Erro 3	84	117,08	11,74	48	2,18
CV 1 (%)	–	58,21	101,31	–	42,4
CV 2 (%)	–	17,41	17,28	–	18,53
CV 3 (%)	–	13,58	26,77	–	16,3
Média geral	–	79,63	13,29	–	9,7

* F significativo a 5% de probabilidade; CV (%) = Coeficiente de variação.

APÊNDICE G - Análise de Variância (Quadrado médio) (QM) para as variáveis altura (H), diâmetro do coleto (DC), relação altura/diâmetro do coleto (H/DC), incremento em altura (IPA_h) e em diâmetro do coleto (IPA_{dc}) de *B. forficata* produzidas com diferentes proporções de vermicomposto no substrato e tempos de avaliação, no campo

	GL	QM (significância)			GL	QM (significância)	
		H	DC	H/DC		IPA _h	IPA _{dc}
Bloco	9	22119,85	987,07*	4,31	9	13416,5*	319,8*
Trat	5	3044,72	214,2	5,07	5	1046,5	89,4
Erro 1	43	10491,05	464,37	3,14	–	3495,5	117,9
Tempo	7	114957,13*	12063,41*	140,8*	–	–	–
Erro 2	63	2074,85	45,95	0,97	–	–	–
Trat x tempo	35	361,55	13,92	1,35*	–	–	–
Erro 3	301	644,28	17,15	0,63	–	–	–
CV 1 (%)	–	61,67	56,89	35,91	–	41,4	25,1
CV 2 (%)	–	27,43	17,9	20,03	–	–	–
CV 3 (%)	–	15,28	10,93	16,1	–	–	–
Média geral	–	166,07	37,87	4,93	–	142,7	43,2

* F significativo a 5% de probabilidade; CV (%) = Coeficiente de variação.

APÊNDICE H - Análise de Variância (Quadrado médio) (QM) para as variáveis altura (H), diâmetro do coleto (DC), relação altura/diâmetro do coleto (H/DC), incremento em altura (IPA_h) e em diâmetro do coleto (IPA_{dc}) de *B. forficata* produzidas com diferentes cepas de *Trichoderma* spp. no substrato e tempos de avaliação, no campo

	GL	QM (significância)			GL	QM (significância)	
		H	DC	H/DC		IPA _h	IPA _{dc}
Bloco	9	30037,06	2133,11*	3,47	9	23571,2 *	943,0*
Trat	4	2077,81	178,95	2,59	4	1456,6	72,2
Erro 1	34	9129,84	431,81	2,83	—	2351,4	154,7
Tempo	7	123357,27*	12416,04*	91,79*	—	—	—
Erro 2	63	3742,39	155,17	0,71	—	—	—
Trat x tempo	28	275,56	13,16	2,06*	—	—	—
Erro 3	238	531,05	25,24	0,6	—	—	—
CV 1 (%)	—	55,1	51,02	35,23	—	29,5	25,3
CV 2 (%)	—	35,28	30,58	17,74	—	—	—
CV 3 (%)	—	13,29	12,34	16,24	—	—	—
Média geral	—	173,4	40,73	4,77	—	164,2	49,2

* F significativo a 5% de probabilidade; CV (%) = Coeficiente de variação.

ANEXOS

ANEXO A - Altura total, diâmetro do coleto e número de folhas de mudas de *Monteverdia ilicifolia* aos 90, 120, 150 e 180 dias após plantio, cultivadas com diferentes isolados de *Trichoderma* inoculados no substrato

Treatment	Days after seeding			
	90	120	150	180
<i>Total height (cm)</i>				
Control	5.2 a*	6.0 a	6.9 a	7.2 a
<i>T. asperelloides</i> T1	5.1 a	5.7 a	7.1 a	7.9 a
<i>T. asperelloides</i> T2	5.1 a	6.3 a	7.2 a	7.9 a
<i>T. virens</i> T10	4.6 a	5.3 a	6.7 a	7.1 a
CV (%)	27.7	26.8	28.1	26.8
<i>Diameter at root collar (mm)</i>				
Control	0.5 a	0.6 a	0.7 a	0.7 a
<i>T. asperelloides</i> T1	0.5 a	0.7 a	0.8 a	0.8 a
<i>T. asperelloides</i> T2	0.6 a	0.6 a	0.8 a	0.8 a
<i>T. virens</i> T10	0.4 a	0.6 a	0.8 a	0.8 a
CV (%)	30.3	24.6	27.4	26.8
<i>Number of leaves</i>				
Control	5 a	6 a	7 a	8 a
<i>T. asperelloides</i> T1	5 a	6 a	8 a	9 a
<i>T. asperelloides</i> T2	5 a	6 a	7 a	8 a
<i>T. virens</i> T10	5 a	7 a	8 a	8 a
CV (%)	26.5	16.6	11.4	19.5

Note. *Values followed by the same letter in the column did not differ significantly by the Kruskal-Wallis test ($\alpha = 0.05$); CV: Coefficient of variation.

Fonte: Peccatti et al. (2019) / Journal of Agricultural Science, v. 11, n. 3, 2019.

ANEXO B – Altura (h) e diâmetro do coleto (dc) de mudas de *Monteverdia ilicifolia* cultivadas em substratos compostos por diferentes proporções de vermicomposto bovino e solo aos 90, 120, 150 e 180 dias após semeadura

Tratamentos**	Dias após semeadura							
	90		120		150		180	
	h (cm)	dc (mm)	h (cm)	dc (mm)	h (cm)	dc (mm)	h (cm)	dc (mm)
T1	5,6 b	0,7 a	6,7 c	0,8 ab	7,8 c	1,1 ab	8,3 c	1,2 bcd
T2	5,8 ab	0,7 ab	7,5 abc	0,9 a	10,4 ab	1,2 a	11,7 ab	1,4 ac
T3	6,1 ab	0,6 bc	7,8 ab	0,7 bc	9,8 ab	0,9 c	11,5 ab	1,2 b
T4	6,8 a	0,6 bc	8,9 a	0,9 a	11,8 a	1,2 a	13,4 a	1,5 a
T5	5,8 b	0,5 c	7,4 bc	0,7 c	9,6 abc	0,9 bc	11,1 ab	1,2 bc
T6	6,4 ab	0,5 c	7,9 ab	0,7 c	9,3 bc	0,7 c	10,6 b	0,9 e
CV (%)	19,9	25,0	22,5	21,8	27,0	25,8	28,0	25,2

Em que: *Médias na coluna, seguidas pela mesma letra, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Kruskal-Wallis em nível de 5% de probabilidade.

**T1 = Controle; T2 = 20%; T3 = 40%; T4 = 50%; T5 = 60% e T6 = 80% de vermicomposto utilizados na composição do substrato e CV = Coeficiente de Variação.

Fonte: Peccatti (2017) / Dissertação de Mestrado.

ANEXO C - Altura e diâmetro do coleto de mudas de *Bauhinia forficata* aos 45, 90 e 135 dias após semeadura e sobrevivência de mudas aos 45 dias após semeadura com diferentes isolados de *Trichoderma* spp. inoculados no substrato

Treatments*	Days after seeding						SVL (%)
	45		90		135		
	H (cm)	CD (mm)	H (cm)	CD (mm)	H (cm)	CD (mm)	
Control	5.5 a**	1.6 a	8.0 b	1.9 b	9.7 c	2.1 c	65.0 ab
T1	6.3 a	1.6 a	10.5 a	2.4 a	12.2 ab	2.5 ab	67.5 ab
T2	6.0 a	1.6 a	9.6 a	2.3 a	11.8 ab	2.5 ab	70.0 ab
T13	5.9 a	1.6 a	10.6 a	2.5 a	13.1 a	2.7 a	77.5 a
T33	6.2 a	1.5 a	9.5 ab	2.1 ab	11.1 bc	2.2 bc	50.0 b
CV (%)	22.2	12.3	23.7	22.1	19.1	21.8	17.1

Source: Authors (2019)

In which: H (height); CD (collar diameter); SVL (seeding and survival).

(*) Control: non-inoculation; T1: inoculation with *Trichoderma asperelloides* strain T1; T2: inoculation with *Trichoderma asperelloides* strain T2; T13: inoculation with *Trichoderma harzianum* strain T13; T33: inoculation with *Trichoderma harzianum* strain T33; CV = Coefficient of variation.

(**) Values followed by the same letter in the column did not differ significantly by the Kruskal-Wallis test ($\alpha=0.05$).

Fonte: Peccatti et al. (2020) / Ciência Florestal, v. 30, n. 2, 2020.

ANEXO D - Altura e diâmetro do coleto de mudas de *Bauhinia forficata* aos 45, 90 e 135 dias após semeadura e sobrevivência das mudas aos 45 dias após semeadura com diferentes proporções de vermicomposto no substrato

Treatments*	Days after seeding						SVL (%)
	45		90		135		
	H (cm)	CD (mm)	H (cm)	CD (mm)	H (cm)	CD (mm)	
T1	5.9 b**	1.8 a	8.7 b	2.3 b	11.1 c	2.5 b	80.0 a
T2	6.4 ab	1.8 a	10.7 a	2.6 ab	12.6 bc	2.6 ab	82.5 ab
T3	5.9 b	1.7 a	11.2 a	2.6 a	13.5 ab	2.7 ab	75.0 ab
T4	6.4 ab	1.8 a	11.3 a	2.5 ab	13.1 ab	2.6 ab	82.5 a
T5	6.4 ab	1.8 a	11.7 a	2.6 a	14.3 ab	2.7 a	75.0 ab
T6	7.2 a	1.8 a	12.2 a	2.8 a	15.0 a	2.9 a	70.0 b
CV (%)	20.4	12.9	20.8	19.8	19.7	17.5	6.4

Source: Authors (2019)

In which: H (height); CD (collar diameter); SVL (seeding and survival).

(*) T1 = Control; T2 = 20%; T3 = 40%; T4 = 50%; T5 = 60% e T6 = 80% of vermicompost used in the substrate composition; CV = Coefficient of Variation.

(**) Values followed by the same letter in the column did not differ significantly by the Kruskal-Wallis test ($\alpha=0.05$).

Fonte: Peccatti et al. (2020) / Ciência Florestal, v. 30, n. 2, 2020.