

Effect of foliar fertilization and soil conditioners on the rooting of a hybrid of *Pinus tecunumanii* vs. *Pinus caribaea* var. *honduransis*

Kaline Gomes dos Santos¹ Luciana Duque Silva¹ Gleice Gomes Rodrigues^{1*}

¹ Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Av. Pádua Dias - Agronomia, Piracicaba - SP, Brasil

Original Article

*Corresponding author:
gleice.florestal@gmail.com

Keywords:

Seedling production

Rooting

Humic substances

Palavras-chave:

Produção de minestacas

Enraizamento

Substâncias húmicas

Received in

2022/01/19

Accepted on

2022/08/29

Published in

2022/09/30



DOI: <http://dx.doi.org/10.34062/afs.v9i3.13338>

ABSTRACT: The techniques of seedling production via vegetative propagation are alternative forms of sexual reproduction (use of seeds), however, several factors impair their use in a comprehensive way, such as low rooting rates of some species. The objective of this study was to evaluate the effect of foliar fertilizers and substrate conditioners on rooting rates, growth and production of clonal minestacks of hybrids of *Pinus tecunumanii* vs. *caribaea* var. *honduransis*. The experiments were carried out in a forest nursery in the city of Paranapanema-SP, with a randomized block design, in a 4x2 factorial arrangement. Four foliar fertilizers were used: AF1 based on chitosan, AF3 based on humic acid, AF4 extract of *Ascophyllum nodosum*, and M2AF (mixture of AF1+AF3+AF4, 33.3% of each) and two substrate conditioners: C1 based on marine fish; C2 based on humic acids. The minestacks were evaluated in the greenhouse (rooting rate) and shade house (total height, dry and green mass of shoots and roots) phases. The foliar fertilizer AF4 provided higher rooting rates of the seedlings, together with the AF3 fertilizer combined with the C2 substrate conditioner and the AF1 fertilizer combined with the C2 substrate conditioner. In general, foliar fertilizer AF4 promoted higher rates of plant biomass production.

Efeito da adubação foliar e condicionadores de substrato no enraizamento de um híbrido de *Pinus tecunumanii* vs. *Pinus caribaea* var. *hondurensis*

RESUMO: As técnicas de produção de mudas via propagação vegetativa, constituem formas alternativas da reprodução sexuada (uso de sementes), no entanto, diversos fatores prejudicam sua utilização de forma abrangente, como por exemplo baixas taxas de enraizamento de algumas espécies. O objetivo desse estudo foi avaliar o efeito de adubos foliares e condicionadores de substrato nas taxas de enraizamento, crescimento e produção de minestacas clonais de híbridos de *Pinus tecunumanii* vs. *caribaea* var. *hondurensis*. Os experimentos foram desenvolvidos em viveiro florestal na cidade de Paranapanema-SP, com delineamento de blocos ao acaso, em arranjo fatorial 4x2. Foram utilizados quatro adubos foliares: AF1 à base de quitosana, AF3 à base de ácido húmico, AF4 extrato de *Ascophyllum nodosum*, e M2AF (mistura de AF1+AF3+AF4, 33,3% de cada) e dois condicionadores de substratos: C1 à base de pescados marinhos; C2 à base de ácidos húmicos. As minestacas foram avaliadas nas fases de casa de vegetação (taxa de enraizamento) e casa de sombra (altura total, massa seca e verde da parte aérea e radicular). O adubo foliar AF4 proporcionou maiores taxas de enraizamento das mudas, juntamente com o adubo AF3 combinado com o condicionador de substrato C2 e o adubo AF1 combinado como condicionador de substrato C2. Em geral, o adubo foliar AF4 promoveu maiores taxas de produção de biomassa vegetal.

Introdução

O sucesso ou insucesso de um plantio florestal depende, em grande parte, da qualidade das mudas utilizadas (Silva e Cechin, 2020, Kondo et al. 2021). Um melhor desenvolvimento inicial das mudas ainda em viveiro, permite que quando implantadas no campo se sobressaiam rapidamente na competição com as plantas daninhas, reduzindo assim os custos de manutenção do povoamento recém implantado (Lima Filho et al. 2019).

A nutrição em viveiro por meio de adubação orgânica ou mineral, é outro fator que afeta a qualidade das mudas, sejam elas de origem seminal ou clonal. Gonçalves e Benedetti (2000) e Malavolta (2006) argumentam que a grande maioria das espécies florestais utilizadas em áreas de florestamento estão sobre solos muito intemperizados e lixiviados, portanto, com baixa disponibilidade de nutrientes, gerando assim a necessidade de nutrição desde a fase em viveiro, tais como o incremento da matéria orgânica no substrato e adição de macro e micronutrientes em níveis adequados de acordo com a espécie.

Silva et al. (2017) observaram que ao adicionar diferentes concentrações de vermicomposto (de resíduos de carne e de esterco bovino) no substrato de mudas de *Pinus elliottii*, não houve melhora no desenvolvimento das mudas, enquanto que as mudas submetidas ao uso de 100% de substrato comercial (Plantmax®) apresentaram maiores médias de altura e diâmetro do colo. Ehlers e Arruda (2014) ao avaliar diferentes tipos de substratos no desenvolvimento de mudas de *Pinus elliottii* verificaram que o uso do substrato composto por 10% de pó de basalto, adicionado a 10% de vermiculita fina + 80% do composto comercial turfoso, proporcionou mudas com maiores médias de altura da parte aérea.

A utilização de resíduos orgânicos ou minerais como fertilizantes de mudas pode ser uma alternativa viável para melhorar o efeito de substratos comerciais (Mello et al. 2020). Entretanto, poucos estudos tem sido desenvolvidos mostrando a potencialidade dos resíduos na produção e desenvolvimento de mudas florestais, em especial as do gênero pinus.

Embora a produção brasileira de pinus se concentre nas regiões Sul e Sudeste do Brasil, principalmente nos estados de Paraná, Santa Catarina, Rio Grande do Sul e São Paulo (IBÁ, 2021), há condições suficientes para que seu cultivo se expanda para regiões tropicais. O *Pinus tecunumanii* Eguluz & Perry é um exemplo disso, uma vez que está entre os pinus tropicais mais adaptados às condições edafoclimáticas brasileiras (Zanella et al. 2018). Além disso, em decorrência do seu excelente desempenho, empresas florestais têm desenvolvido híbridos com outras espécies, tais como: *P. caribaea* Morelet var. *hondurensis* (Barr & Golf.), *P. oocarpa* Schiede, *P. elliottii* Engelm, *P.*

patula (Schiede & Deppe), ou *P. taeda* L (Aroni et al. 2005, Aguiar et al. 2011).

Fritzons et. al. (2012), alertam que apesar do bom desenvolvimento e boa adaptação de *P. tecunumanii* em certas áreas do Brasil, há poucas áreas plantadas, o que pode ser justificado pela falta de conhecimento da espécie e pela oferta restrita de sementes melhoradas. Assim, uma vez que há quantidades insuficientes de sementes de alta qualidade genética, tecnologias alternativas para a reprodução vegetativa dessa espécie são necessárias (Stojicic et al., 1999). Portanto, técnicas de produção de mudas como a enxertia, estaquia e microestaquia são opções interessantes para formação dos pomares clonais (Ishibashi et. al. 2022). No entanto, as pináceas apresentam certa dificuldade no enraizamento, uma vez que naturalmente não rebrotam no fuste vivo ou no toco quando cortadas (Degenhardt et al. 2020). Devido a este gargalo, estudos que envolvem o uso de técnicas de propagação vegetativa associadas a nutrição das mudas para espécies de pinus, são bastante escassos.

O objetivo desse trabalho foi avaliar as taxas de enraizamento, crescimento e produção de minestacas de *Pinus tecunumanii* vs. *Pinus caribaea* var. *hondurensis* em viveiro com uso de condicionadores de substrato, e adubos foliares à base de pescados marinhos, leonardita e algas marinhas.

Material e Métodos

Local de estudo e delineamento experimental

O experimento foi instalado e conduzido no viveiro florestal da Fazenda Fortaleza, pertencente à Resisul Fortaleza Ltda, localizada no Município de Paranapanema, São Paulo (coordenadas 23°17'11" S e 48°49'41" O, altitude de 854 m). Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é definido como Cfa (clima temperado úmido com verão quente), apresentando temperatura média anual de 19,8°C e precipitação anual de 1350 mm.

O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso com 3 repetições, em arranjo fatorial 4x2, isto é, foram testados 4 adubos foliares e 2 condicionadores de substrato em minestacas clonais do híbrido *Pinus tecunumanii* vs. *Pinus caribaea* var. *hondurensis*.

Na casa de vegetação, foram utilizadas 176 plantas por parcela, delimitada por uma bandeja de 176 células. Na fase seguinte, isto é, na casa de sombra, foram utilizadas 166 plantas por parcela. A redução do número de plantas por parcela ocorreu em função da utilização de plantas para as análises destrutivas ao longo do experimento. Enquanto a casa de vegetação apresentava temperatura variando entre 15°C e 25°C e umidade relativa de 90%, a temperatura da casa de sombra variava entre 16°C e 32°C e a umidade relativa era mantida sempre acima dos 60%.

Condicionadores de substrato e adubos foliares utilizados

A minestacas foram produzidas por meio de miniestacas provenientes de matrizes um minijardim clonal, as quais foram coletadas em fevereiro de 2013, com aproximadamente 6 cm, dos ramos apicais das matrizes que continham acículas. Antes do estaqueamento, as miniestacas foram imergidas em solução de fungicida Captan® por 2 minutos, na concentração de 2,0 g.L⁻¹. Foram utilizados tubetes plásticos (polietileno) de 50 cm³ de formato

quadrangular, contendo quatro estrias internas, e perfurados na extremidade inferior. Os tubetes foram preenchidos com substrato comercial composto por turfa de Sphagno (liberação lenta), vermiculita expandida, casca de arroz torrefada, calcário dolomítico, gesso agrícola e fertilizante NPK (traços). A testemunha (T) recebeu apenas o substrato comercial. Os condicionadores de substrato e adubos foliares aplicados nos demais tratamentos estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Condicionadores de substrato e adubos foliares utilizados no experimento.

Fertilizantes	Sigla	Descrição
Condicionadores de substrato	C1	Complexo de aminoácidos oriundos de um processo natural de fermentação enzimática de pescados marinhos, possui matéria orgânica
	C2	Produto orgânico extraído da leonardita
Adubos foliares	AF1	Adubo foliar enriquecido com quitosana (polímetro natural proveniente das carapaças de crustáceos) que é responsável pela produção de enzimas (quitinase e fenilalanina amônia-liase) para fortalecimento das paredes celulares das plantas
	AF3	Produto orgânico extraído da leonardita contendo compostos fenólicos, alto teor quelante, combina-se com Fe, Cu, Ca e Mg para formar complexos estáveis
	AF4	Extrato líquido de algas marinhas (feitos com a planta inteira) da espécie <i>Ascophyllum nodosum</i> . Possui mais de 70 elementos, dentre micronutrientes, macronutrientes, aminoácidos, citoquininas e auxinas
	M2AF	Mistura AF1 + AF3 + AF4

As análises químicas do substrato comercial e de cada adubo foliar e condicionador de substrato utilizado no experimento estão apresentadas na Tabela 2. A metodologia utilizada nas análises químicas dos condicionadores de substrato e adubos foliares seguiram a metodologia descrita na Instrução Normativa DAS nº28 do Ministério da

Agricultura, Pecuária e Abastecimento em 27 de janeiro de 2007, a qual dispõe sobre manual de métodos analíticos oficiais para fertilizantes minerais, orgânicos, organominerais e corretivos. As análises químicas foram feitas no Laboratório de Química da Escala Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ), da Universidade de São Paulo.

Tabela 2. Teores de macro e micronutrientes nos adubos e condicionadores de substrato testados.

		Macronutrientes					Micronutrientes					
		g.kg ⁻¹					mg.kg ⁻¹					
		N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu ³	Fe	Mn ⁴	Zn
Substrato comercial	T	15,2	6,3	3,6	92,9	37,1	8,3	59	29,0	>10000	401	134
	C1	5,8	0,5	8,8	8,7	1,2	2,1	80	<LQ	1000	<LQ	14
Condicionador / adubo	C2	0,2	>0,1	0,3	9,0	0,1	0,2	60	<LQ	300	<LQ	1
	AF1	6,4	0,4	57,8	7,3	0,4	21,2	70	<LQ	700	<LQ	15
	AF3	0,2	>0,1	0,3	1,1	0,2	0,6	60	<LQ	200	<LQ	4
	AF4	0,6	>0,1	1,8	1,9	0,8	1,5	70	<LQ	200	<LQ	5

Fonte: Laboratório de Química da ESALQ. Nota: ³Cu LQ = 0,13 mg.kg⁻¹; ⁴Mn LQ = 0,02 mg.kg⁻¹; As especificações dos fertilizantes estão descritas na Tabela 1.

A dose utilizada de cada condicionador de substrato foi de 25 mL em uma única aplicação junto ao substrato, e a dose dos adubos foliares foram de 15 mL para AF1, AF3 e AF4; e de 5 mL de cada um deles quando utilizado os três adubos foliares juntos

(M2AF). Os adubos foliares foram aplicados uma vez por semana durante seis semanas em cada fase de produção (casa de vegetação e casa de sombra) (Tabela 3).

Tabela 3. Concentração dos condicionadores de substrato e adubos foliares utilizados nas duas etapas de produção de minestacas no viveiro.

Cond. de solo	Concentração (mL/l)	Dose por muda (mL/muda)	Adubo foliar	Concentração (mL/l)	Dose por muda (mL/muda)
C1	25	0,047	AF1	15	0,028
C1	25	0,047	AF3	15	0,028
C1	25	0,047	AF4	15	0,028
C1	25	0,047	M2AF	5+5+5	0,028
C2	25	0,047	AF1	15	0,028
C2	25	0,047	AF3	15	0,028
C2	25	0,047	AF4	15	0,028
C2	25	0,047	M2AF	5+5+5	0,028

Nota: As especificações dos fertilizantes estão descritas na Tabela 1.

Avaliações

As avaliações foram feitas durante quatro meses, entre os meses de fevereiro de 2013 a maio de 2013, sendo que as minestacas permaneceram 42 dias na casa de vegetação e 45 dias na casa de sombra. Na casa de vegetação foram amostradas 10 minestacas centrais por repetição, totalizando 30 minestacas. Nessa fase, foi avaliada a taxa de germinação, por meio do teste do cabelo e contagem do número de minestacas enraizadas por tratamento. O teste de cabelo consiste em uma avaliação manual de verificação se a estaca enraizou. Puxa-se a estaca do tubete, se ela sair, essas mudas são posteriormente descartadas; caso contrário, considera-se que a estaca foi enraizada.

Na casa de sombra também foram amostradas 10 minestacas centrais por repetição, totalizando 30 minestacas. Foram avaliadas as alturas totais com régua graduada (cm), Massa Verde da Parte Aérea (MVPA), Massa Seca da Parte Aérea (MSPA), Massa Verde da Raiz (MVR) e Massa Seca Radicular (MSR), com balança analítica (precisão 0,001 g).

Para avaliação da MSPA e do MSR, após a separação das partes aéreas (folhas e caule) e raiz, as minestacas foram dispostas em embalagens de papel submetidas à secagem em estufa a 60°C por 72 horas.

Análises estatísticas

As análises estatísticas foram realizadas com o software R-project. Inicialmente, os testes de homogeneidade de variâncias de Levene's; e de normalidade dos erros de Shapiro – Wilk e Lilie, foram aplicados às variáveis para a validação das pressuposições da análise da variância (ANOVA). Quando os pressupostos não foram atendidos, os dados foram transformados de acordo com a metodologia de Box-Cox e quando todos os pressupostos foram aceitos, as variáveis foram submetidas à ANOVA em nível de significância de 5%. Para comparação das médias foi utilizado o teste de Tukey, em nível de significância de 5%.

Resultados e discussão

Casa de vegetação

Em relação a interação dos fatores na avaliação das taxas de enraizamento das minestacas, não foram observadas diferenças entre os condicionadores de substrato nos adubos foliares AF4 e M2AF. Além disso, os resultados da tabela 4 demonstram que a mistura entre os três adubos foliares (M2AF) promoveu as mais baixas taxas de enraizamento das minestacas. Possivelmente, a mistura entre os três adubos causou alguma interação negativa entre os nutrientes, tal como o antagonismo ou inibição (Silva e Trevizam, 2015), inviabilizando o efeito do adubo na fase de enraizamento das mudas.

Foi observado 100% de enraizamento quando se utilizou o adubo AF4 (à base de alga marinha *Ascophillum nodosum*), independente do condicionador de substrato utilizado (Tabela 4). Garcia et al. (2014) obtiveram resultados negativos com o uso do extrato da alga, ao avaliar o desenvolvimento inicial de porta-enxertos de cajueiro. As variáveis que foram negativamente afetadas foram: número de folhas, comprimento da parte aérea, radicular e total, diâmetro do colo, massa seca e índice de qualidade de Dickson. Em contrapartida, Oliveira et. al. (2011), estudando o uso do extrato de algas (*A. nodosum*) na produção de minestacas de maracujazeiro-amarelo, observaram que 4ml/L do produto proporcionou maior comprimento da parte aérea das mudas e maior produção de folhas. Segundo o autor, este efeito pode ser atribuído a presença natural de citocinina na alga *A. Nodosum*, favorecendo incremento na divisão celular e influenciando diretamente o crescimento da planta.

As combinações do condicionador C1 juntamente com os adubos AF1 e do condicionador C2 com o adubo AF3, também promoveram taxas de enraizamento de 100% (Tabela 4), o que também pode ser interessante para a produção de minestacas com taxas mínimas ou ausentes de mortalidade.

Tabela 4. Taxa de enraizamento de minestacas do híbrido de *P. tecunumanii* vs. *P. caribaea* var. *hondurensis* na interação de condicionadores de substrato e adubos foliares na casa de vegetação.

Condicionador de substrato	Taxa de enraizamento (%) ± Erro padrão			
	Adubo foliar			
	AF1	AF3	AF4	M2AF
C1	100,00% ± 0,00% aA	60,00% ± 11,55% bB	100,00% ± 0,00% aA	46,67% ± 12,02% aB
C2	40,00% ± 10,00% bB	100,00% ± 0,00% aA	100,00% ± 0,00% aA	33,33% ± 3,33% aB

Nota: As letras minúsculas representam diferenças estatísticas entre os condicionadores de substrato dentro do adubo foliar (coluna), enquanto as letras maiúsculas representam as diferenças entre os adubos dentro do condicionador do substrato (linha). Letras iguais representam que não houve diferença significativa a um nível de significância de 5%. As especificações dos fertilizantes estão descritas na Tabela 1.

As taxas de enraizamento do adubo AF1 aumentaram 60% com o uso combinado do condicionador de substrato C1 em comparação com o C2. Em viveiros comerciais, um incremento de 60% na taxa de enraizamento é bastante expressivo e precisa ser levado em consideração, já que a produção de mudas é feita em larga escala, e altas taxas de mortalidade da produção podem acarretar em elevadas perdas financeiras para o empreendimento (Tabela 4).

Casa de sombra

Não foi observado interação entre os fatores para as médias de altura total das minestacas na fase de casa de sombra (Tabela 5). Além disso, a tabela 5 mostra que os condicionadores de substrato e adubos foliares testados não influenciaram na altura das minestacas, indicando que houve maior atuação destes nas taxas de enraizamento das mudas, do que no crescimento em altura para o híbrido estudado.

Tabela 5. Altura total das minestacas do híbrido *P. tecunumanii* vs. *P. caribaea* var. *hondurensis*, em relação à testemunha, quanto ao uso de condicionadores de substrato e adubos foliares avaliados na fase de casa de sombra.

Condicionador de substrato	Altura total (cm) ± Erro padrão				
	Adubo foliar				
T	10,03 ± 1,03	a	T	10,03 ± 1,03	A
C1	10,10 ± 0,51	a	AF1	9,75 ± 0,50	A
C2	10,07 ± 0,50	a	AF3	10,51 ± 0,50	A
			AF4	10,00 ± 0,51	A
			M2AF	10,08 ± 0,51	A

Nota: As médias seguidas da mesma letra não diferem entre si ao nível de significância de 5%. As especificações dos fertilizantes estão descritas na Tabela 1.

Na avaliação da MVPA e MSPA, enquanto os adubos foliares não apresentaram diferenças ao serem avaliados dentro do condicionador de substrato C1, o AF1 apresentou inferioridade em relação aos demais adubos foliares, dentro do C2 (Tabela 6). Efeito semelhante foi observado para a MVR e MSR. O AF1 é enriquecido com quitosana, que é um polímero natural e pode ser utilizado como materiais biocompatíveis e absorvíveis em tecidos animais e vegetais (Berger et al. 2011). Apesar de ser um adubo desenvolvido para auxiliar no crescimento das mudas, nesse estudo, ao ser combinado com o condicionador de substrato C2, não desempenhou efeitos tão positivos para a produção de biomassa aérea e subterrânea, em comparação aos demais tratamentos (Tabela 6)

Para o MSPA, não houve diferença entre os condicionadores de substratos, independentemente do tipo de adubo foliar utilizado (Tabela 6). Alguns autores, estudando o crescimento de plantas com o uso de fertilizantes orgânicos à base de pescados

marinhos (composto semelhante ao utilizado no condicionador de substrato C1) obtiveram respostas positivas para a produção de biomassa de mudas de cebola alfa tropical (Ishimura et al. 2008) e café (Torres et al. 2011). Esse efeito foi resultado da composição desses fertilizantes, que possuem elevado teor proteico, como demonstrado por Espíndola Filho et al. (1998). Após o processamento de silagem de resíduos de peixes, camarões e bivalves, os autores obtiveram um concentrado protéico-mineral composto por 10% umidade, 50% proteína, 8% de lipídios e 20% de cinza, sendo desta, 5% de cálcio, 2% de fósforo e outros minerais em menores proporções.

As médias de MVR e MSR utilizando o condicionador de substrato C2 foram até 88% maiores quando utilizado o adubo foliar AF4 em comparação com AF1 (Tabela 6). O AF4 possui em sua composição o extrato da alga *A. nodosum*, que atua estimulando o crescimento vegetal e sua composição é rica em macro e micronutrientes,

carboidratos, aminoácidos e promotores de crescimento. Durand et al. (2003) afirmam que plantas pulverizadas com esse extrato, podem sofrer um aumento da atividade do nitrato redutase, uma enzima do metabolismo do nitrogênio, estimulando o crescimento de plantas em condições adversas,

principalmente em deficiência de nitrogênio, o que pode explicar maior produção de biomassa de raízes encontradas em mudas que utilizaram o AF4, mesmo que este possua baixa concentração de N quando comparado ao adubo foliar AF1 (Tabela 2).

Tabela 6. Massa verde e seca da parte aérea e radicular de minestacas do híbrido de *P. tecunumanii* vs. *P. caribaea* var. *hondurensis* na interação de condicionadores de substrato e adubos foliares na casa de sombra.

Peso	Condicionador de substrato	Adubo foliar			
		AF1	AF3	AF4	M2AF
MVPA	C1	1,29 ± 0,14 aA	1,36 ± 0,10 aA	1,58 ± 0,04 aA	1,41 ± 0,08 aA
	C2	1,00 ± 0,13 bB	1,36 ± 0,10 aA	1,24 ± 0,03 bAB	1,33 ± 0,05 aAB
MSPA	C1	0,41 ± 0,03 aA	0,41 ± 0,04 aA	0,46 ± 0,01 aA	0,41 ± 0,02 aA
	C2	0,31 ± 0,03 aB	0,43 ± 0,03 aA	0,40 ± 0,01 aAB	0,44 ± 0,02 aA
MVR	C1	0,16 ± 0,01 aA	0,18 ± 0,01 aA	0,19 ± 0,01 aA	0,17 ± 0,01 aA
	C2	0,08 ± 0,00 bB	0,14 ± 0,01 aAB	0,15 ± 0,01 bA	0,15 ± 0,01 aA
MSR	C1	0,08 ± 0,00 aA	0,09 ± 0,00 aA	0,09 ± 0,01 aA	0,08 ± 0,00 aA
	C2	0,05 ± 0,00 bB	0,09 ± 0,01 aAB	0,09 ± 0,01 aA	0,09 ± 0,00 aA

Nota: As letras minúsculas representam diferenças estatísticas entre os condicionadores de substrato dentro do adubo foliar, enquanto as letras maiúsculas representam as diferenças entre os adubos dentro do condicionador de substrato. Letras iguais representam que não houve diferença significativa a um nível de significância de 5%. Massa Verde da Parte Aérea (MVPA), Massa Seca da Parte Aérea (MSPA), Massa Verde da Raiz (MVR) e Massa Seca Radicular (MSR). As especificações dos fertilizantes estão descritas na Tabela 1.

A relação (MSPA/MSR) das minestacas variou de 4,39 a 6,06 (Tabela 7). Esses valores são semelhantes àqueles encontrados por Tomazello Filho e Krüger (1980), que avaliando o crescimento de *Pinus caribaea* var. *bahamense* em viveiro, encontraram uma relação de 6,5. Isto é, são necessárias 6,5 g de biomassa aérea para a produção de 1 g de raízes. Segundo Brasileiro et. al. (2008) o peso seco radicular é importante indicador do vigor e da velocidade de estabelecimento de uma planta, uma vez que uma maior área de raiz (comprimento + peso) possibilita um melhor acesso a água disponível no solo. Taiz e Zeiger (2009) relatam que este parâmetro expressa um balanço funcional entre a taxa fotossintética e a absorção de água pelas raízes, que em condições normais, apresenta certo equilíbrio.

A maior média da relação MSPA/MSR foi observada para o adubo foliar AF1 dentro do condicionador C2 (Tabela 7). Essa relação indica que as minestacas submetidas a essa combinação de fertilização tiveram maior estímulo de produção

aérea e provavelmente menor quantidade de fotoassimilados enviados para a formação do sistema radicular. Para Brasileiro et al. (2008), o desenvolvimento de uma planta pode ser estimado, dentre outros fatores, pela quantidade de tecido foliar que ela produz. Quanto maior a quantidade de aérea foliar, maior será a superfície fotossintética ativa, e por consequência maior a produção de energia e fotoassimilados. Dessa forma, uma planta que possui alta capacidade de acumular tecido foliar poderá apresentar grande vantagem competitiva, principalmente no momento crítico durante sua fase de estabelecimento. Entretanto, embora as taxas de fotossíntese tornem-se progressivamente maiores com o aumento da biomassa de folhas da planta (Silva et al. 2020), o pode levar a melhores taxas de crescimento (Rodrigues et al. 2021) uma maior produção de raízes tende a proporcionar maior absorção de água e nutrientes pela planta (Fan et al. 2016), o que afeta diretamente seu desenvolvimento.

Tabela 7. Relação MSPA/MSR de minestacas do híbrido de *P. tecunumanii* vs. *P. caribaea* var. *hondurensis* na interação de condicionadores de substrato e adubos foliares na casa de sombra.

Condicionador de substrato	Adubo foliar			
	AF1	AF3	AF4	M2AF
C1	4,59 ± 0,39 aA	4,66 ± 0,58 aA	4,87 ± 0,24 aA	5,09 ± 0,35 aA
C2	6,06 ± 0,68 bA	5,04 ± 0,09 aAB	4,39 ± 0,18 aB	4,68 ± 0,19 aAB

Nota: As letras minúsculas representam diferenças estatísticas entre os condicionadores de substrato dentro do adubo foliar, enquanto as letras maiúsculas representam as diferenças entre os adubos dentro do condicionador de substrato. Letras iguais representam que não houve diferença significativa a um nível de significância de 5%.

Conclusões

O uso de adubos foliares associados a condicionadores de solo é uma alternativa viável para promover melhores taxas de crescimento e produção de biomassa em mudas de pinus em viveiro.

Agradecimentos

À Resisul Agroflorestal Ltda pela cedência da área de estudo e pelo apoio às atividades desta pesquisa.

Referências

Aguiar AV, Souza VA, Fritzsons E, Pinto Junior JE (2011). Programa de melhoramento de pinus da Embrapa Florestas. *Documento 233*. Colombo: Embrapa Florestas, 83 p.

Aroni AS (2005). *Avaliação da biomassa e qualidade da madeira do híbrido Pinus tecunumanii x Pinus caribaea var. hondurensis pela técnica de atenuação da radiação gama do 'INTPOT Am'*. Tese (doutorado), Universidade Estadual Paulista, 136 p.

Berger LRR, Stamford TCM, Stamford NP (2011). Perspectiva para o uso da quitosana na agricultura. *Revista Iberoamericana de Polímeros*, 12(4):95-215.

Brasileiro MS, Carvalho MA, Karia CT (2008). Correlação entre peso de sementes e vigos e velocidade de germinação em *Stylosanthes guianensis* (Aubl.) Sw. In: IX Simpósio Nacional Cerrado, 2008, Brasília. Anais...Brasília: Embrapa, 6p.

Degenhardt D, Quisen R, Alcântara GB (2020). Micropropagação de *Pinus caribaea Morelet var. hondurensis Barr. & Golf*. Comunicado Técnico 447, Colombo: Embrapa Florestas, 9 p.

Durand N, Briant X, Meyer C. (2003). The effect of marine bioactive substances (NPRO) and exogenous cytokinis no nitrato reductase activity in *Arabidopsis thaliana*. *Physiologia Plantarum*, 119: 489-493.

Ehlers T, Arruda GOSF (2014). Efeitos do pó de rocha basáltica adicionado em substratos para mudas de *Pinus elliottii*. *Revista de Ciências Agroveterinárias*, 13(3):310-317.

Espíndola Filho A (1998). *Aproveitamento de resíduos sólidos de pescado como fertilizante marinho*. Dissertação (Mestrado). Universidade Presbiteriana Mackenzie, 98 p.

Fan J, Mcconkey B, Wang H, Janzen H (2016). Root distribution by depth for temperate agricultural crops. *Field Crops Research*, 189: 68–74.

Fritzsons E, Aguiar AVL, Wrege, MS, Grabias J, Rossi M, Mantovani LE (2012). Zoneamento climático de *Pinus tecunumanii* para fins de plantio experimental no estado de São Paulo. *Pesquisa Florestal Brasileira*, 32(71):341-354.

Garcia KGV, Silva CP, Cunha CSM, Nascimento CDN, Tosta, MS (2014). Extrato da alga *Ascophyllum nodosum* (L.) no desenvolvimento de porta enxertos de cajueiro. *Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer*, 10(18).

Gonçalves JLM, Benedetti V (2000). *Nutrição e fertilização florestal*. Piracicaba: IPEF, p. 427.

IBÁ – Indústria Brasileira de Árvores. *Relatório Anual IBÁ* (2021). 93 p.

Ishibashi V, Flôres Junior PC, Martinez DT, Coelho ASG, Higa AR (2022). Estratégias de seleção genética para silvicultura clonal em *Pinus caribaea var. hondurensis*. *Scientia Forestalis*, 50:e3858.

Ishimura I, Tivelli SW, Alves HS (2008). Avaliação da cebola Alfa Tropical em sistema orgânico de produção para as condições de verão de São Roque, SP. *Horticultura Brasileira*, 26(2):4974-4981.

Kondo YR, Kaschuk G, Cruz SP (2021). Inoculation of plant growth-promoting bacteria in *Pinus taeda* seedlings. *Agropecuária Catarinense*, 34(3):93-98.

Lima Filho P, Leles PSS, Abreu AHM, Silva EV (2019). Produção de mudas de *Ceiba speciosa* em diferentes volumes de tubetes utilizando o biossólido como substrato. *Ciência Florestal*, 20(1):27-39.

Malavolta E (2006). *Manual de nutrição mineral de plantas*. São Paulo: Agronômica Ceres, p. 638.

Melo MM (2020). *Utilização dos resíduos da fabricação do papelão como substrato para produção de mudas de Pinus taeda L.* TCC (Curso de Engenharia Florestal). Universidade Federal de Santa Catarina, 52 p.

Oliveira LAA, Goes GB, Melo IGC, Costa ME, Silva RM (2011). Uso do extrato de algas (*Ascophyllum nodosum*) na produção de mudas de maracujazeiro amarelo. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, 6(2): 01-04.

Rodrigues GG, Silva LD, Nouvellon Y (2021). Production and carbon allocation in clonal Eucalyptus plantations under different planting spacings. *Forest Ecology and Management*, 433:119249.

Silva MLS, Trevizam AR (2015). Interações iônicas e seus efeitos na nutrição das plantas. *Informações Agronômicas* n° 149. 7 p.

Silva C, Cechin NF (2020). Manejo da Irrigação na Produção de Mudanças de *Pinus taeda* L. em viveiro florestal. *Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão*, 11(2):30.

Silva JRJ, Cairo PAR, Bomfim RAA (2020). Morphological and physiological changes during leaf ontogeny in genotypes of Eucalyptus young plants. *Trees*, 34:759–769.

Silva RF, Marco R, Ros CO, Almeida HS, Antonioli ZI (2017). Influência de diferentes concentrações de vermicomposto no desenvolvimento de mudas de eucalipto e pinus. *Floresta e Ambiente*, 24:e20160269.

Stojicic D, Budimir S, Culafic L (1999). Micropropagation of *Pinus heldreichii*. *Plant Cell Tissue Organ Cult*, 59:47-150.

Taiz L, Zeiger E (2009). Fisiologia vegetal. 4.ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. p. 819.

Tomazello Filho M, Krugner TL (1980). Formação de ectomicorrizas e crescimento de mudas de *Pinus caribaea* var. *bahamensis* em solo de viveiro infestado artificialmente com *Thelephora terrestris* e *Pisolithus tinctorius* no litoral sul da Bahia. *IPEF*, 21:21-37.

Torres AJ, Bregagnoli M, Monteiro JMC, Carvalho CAM (2011). Desenvolvimento de mudas de cafeeiro tratadas com bioestimulante fermentado. In: 7º Simpósio de Pesquisa dos cafés do Brasil. 2011: Araxá - MG. Anais... Brasília, D.F: Embrapa - Café, 2011. p. 1-4.

Zanella LB, Franciscon L, Grunennvaldt RL, Tomasi JC, Degenhardt-Goldbach J (2018). Micropropagação de *Pinus tecunumanii*. *Ciência Florestal*, 28(2): 651-660.