

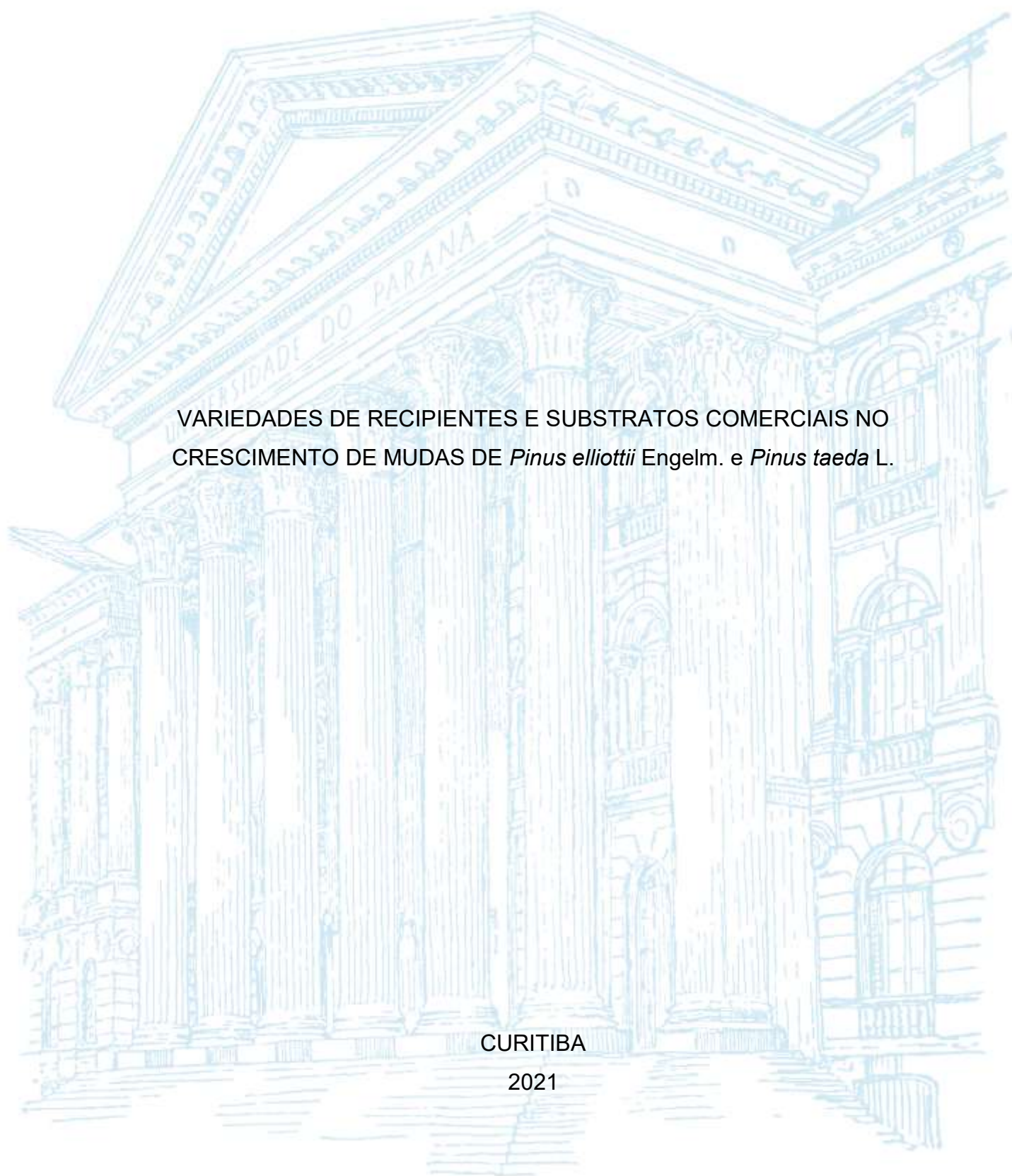
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

BRUNO SANTIAGO CARVALHO

VARIEDADES DE RECIPIENTES E SUBSTRATOS COMERCIAIS NO
CRESCIMENTO DE MUDAS DE *Pinus elliottii* Engelm. e *Pinus taeda* L.

CURITIBA

2021



BRUNO SANTIAGO CARVALHO

VARIÉDADES DE RECIPIENTES E SUBSTRATOS COMERCIAIS NO
CRESCIMENTO DE MUDAS DE *Pinus elliottii* Engelm. e *Pinus taeda* L.

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de graduação em Engenharia Florestal, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Florestal.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Dagma Kratz.
Coorientadora: M^a. Daniele Cristina Pereira de Matos.

CURITIBA

2021

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pelo ensinamento de que nada é impossível, que em sua companhia e redenção, sucede-se conquista, superação e vitória. Em segundo aos meus pais, João Carlos e Zenaide, e a minha vó, Rosa, pela vida, educação, princípios e valores, que me possibilitaram a conclusão de mais um obstáculo. Além disso, por me “estenderem às mãos” sempre que necessário, se tornando um grande combustível a continuidade dessa batalha.

A minha orientadora Dagma Kratz, que me impulsionou à pesquisa, ao conhecimento, assim como pela amizade e conselhos. Agradeço pelo papel fundamental ao meu desenvolvimento enquanto acadêmico, e pelo auxílio na realização desse trabalho com suas precisas e incisivas pontuações.

Aos meus amigos de sala Islaine de Oliveira, Maria Lucia e Vivian Mussolini, que me acompanham desde o início de minha trajetória universitária. Também aos amigos de graduação Felipe Willian, Mirella Wiese, Renata Coutinho, Thaglis Caroline, Vinicius Medrado e Vinicyus Mordaski, pelo apoio e incentivo. Aos amigos de vida Bruna Maria, Anna Clara, Larissa Ruy, Mariane Santiago, Rafael Coelho e Thais Spisila, pela companhia frente as diferentes fases da vida. Amigos, pelo apoio incondicional, pelas palavras reconfortantes, pelos conselhos com sabedoria, meu mais sincero obrigado.

A minha coorientadora Daniele Cristina Pereira de Matos, pela disposição em me auxiliar no desenvolvimento e condução do experimento e trabalho, e à banca examinadora que se dispôs a participação do evento que conclui minha jornada como acadêmico de Engenharia Florestal.

Agradeço também ao Laboratório de Sementes Florestais e Viveiros de Produção de Mudas, da Engenharia Florestal da UFPR, bem como seus membros, por todo o suporte necessário.

Ademais, agradeço a PlantPaper e a Correia Neto, por conceder material para a pesquisa vigente, bem como o corpo de docentes e profissionais, responsáveis pela Engenharia Florestal, por todo amparo.

Enfim eu dedico esse trabalho a todos, pois sem vocês nada disso seria possível. Hoje concluo mais um ciclo, mais capaz, feliz e realizado, o qual jamais esquecerei quem ajudou a proporciona-lo, portanto a vocês, minha total gratidão!

RESUMO

A partir da importância a que está submetida a produção de mudas, utilizando-se de novas tecnologias e manejando fatores, objetivou-se, avaliar e comparar o crescimento das mudas de *Pinus elliottii* Engelm. e *Pinus taeda* L., em diferentes composições fatoriais entre substratos e recipientes, determinando suas melhores interações. As composições fatoriais utilizadas compreendem dois volumes (55 e 110 cm³), dois substratos (a base de turfa; a base de casca de pinus) e três recipientes (Tubete plástico; PlantPaper® e SIS BGC®). Dispostos sob delineamento inteiramente casualizado (DIC), contendo 5 repetições de 15 amostras, totalizam uma unidade amostral de 750 mudas para cada espécie. As variáveis observadas contemplam parâmetros morfológicos, sendo acompanhados até o sétimo mês (210 dias), e analisados sob o teste de normalidade de Shapiro-Wilk, teste de homogeneidade de variância de Bartlett, análise de variância e teste de média de Tukey ($p < 0,05$). Além disso, foi realizado análise de agrupamentos, pelo método de grupos pareados (UPGMA), para avaliar os diferentes volumes, e crescimento acumulado em relação ao tempo para as variáveis altura e diâmetro de colo. Com os resultados, observou-se que as mudas de Pinus encontram melhores resultados morfológicos quando se utiliza substrato a base de turfa. Para recipientes, *Pinus elliottii* não encontra distinção estatística ao nível desses componentes. Já *Pinus taeda*, para 55 cm³, Tubete plástico e SIS BGC®, obtém melhores resultados quando da ausência de interação, e recipiente PlantPaper®, quando ocorre interação entre os fatores. Em 110 cm³, *Pinus taeda* encontra melhores parâmetros morfológicos ao emprego de Tubete plástico. As diferentes volumetrias trazem consequência direta na disponibilidade de água e nutrientes, apresentando a de 110 cm³ melhores resultados, e *P. taeda* maior semelhança às composições avaliadas em relação a *P. elliottii*, pela análise de agrupamento. O crescimento acumulado em relação ao tempo, demonstra a estabilização no crescimento, devendo as mudas ser expedidas a campo quando atingirem cerca de 180 dias. Finalmente, para agregação das raízes, as espécies obtêm melhor agregação no uso de substrato a base de turfa, para 55 e 110 cm³, em Tubete plástico.

Palavras-chave: Produção de mudas. Pinus. Fatorial.

ABSTRACT

Based on the importance to which the production of seedlings is subjected, using new technologies and handling factors, the objective was to evaluate and compare the growth of the *Pinus elliottii* Engelm. seedlings. and *Pinus taeda* L., in different factorial compositions between substrates and containers, determining their best interactions. The factorial compositions used comprise two volumes (55 and 110 cm³), two substrates (peat-based; pine bark-based), and three containers (Plastic tube; PlantPaper® and SIS BGC®). Arranged under a completely randomized design (DIC), containing 5 repetitions of 15, totaling a sample unit of 750 seedlings for each species. The observed variables include morphological parameters, being followed up to the seventh month (210 days), and dispatched under the Shapiro-Wilk normality test, Bartlett's homogeneity of variation test, analysis of variation, and Tukey's average test ($p < 0.05$). Also, cluster analysis was performed, using the paired group method (UPGMA), to assess the different volumes, and accumulated growth over time for the height and color diameter variables. With the results, it was observed that as pine seedlings researched, better morphological results when using the peat-based substrate. For receivers, *Pinus elliottii* finds no distinction at the component level. *Pinus taeda*, for 55 cm³, plastic tube and SIS BGC®, best results when interacting, and PlantPaper® pool, when there is the interaction between factors. At 110 cm³, *Pinus taeda* finds better morphological parameters when using a plastic tube. The different volumetrics have a direct consequence on the availability of water and nutrients, based on 110 cm³ better results, and *P. taeda* is more similar to the compositions evaluated about *P. elliottii*, by cluster analysis. The accumulated growth about time demonstrates the stabilization in growth, and the seedlings should be sent to the field when they reach about 180 days. Finally, for root aggregation, as species obtain better aggregation when using substrate based on peat, for 55 and 110 cm³, in a plastic tube.

Keywords: Seedling production. Pinus. Fatorial.

LISTE DE FIGURAS

FIGURA 1 – SEMENTES DE <i>Pinus elliottii</i> Engelm. (A) E <i>Pinus taeda</i> L. (B) EM ESTRATIFICAÇÃO	25
FIGURA 2 – INSERÇÃO DE CAMADA DE VERMICULITA (A) E ACÍCULA DE PINUS (B), SUPERFICIALMENTE, PARA A PRODUÇÃO DE MUDAS DE <i>Pinus elliottii</i> Engelm. E <i>Pinus taeda</i> L.....	26
Figura 3 – AVALIAÇÃO DE ALTURA (A) E DIÂMETRO DO COLO (B) DAS MUDAS DE <i>Pinus elliottii</i> Engelm. E <i>Pinus taeda</i> L.....	30
FIGURA 4 – NOTAS PARA A AVALIAÇÃO DO PARÂMETRO AGREGAÇÃO DAS MUDAS DE <i>Pinus elliottii</i> Engelm. E <i>Pinus taeda</i> L.....	31
FIGURA 5 – CRESCIMENTO ACUMULADO DE ALTURA (A) E DIÂMETRO DO COLO (B) EM RELAÇÃO AO TEMPO DE MUDAS DE <i>Pinus elliottii</i> Engelm. EM 55 CM ³	39
FIGURA 6 – CRESCIMENTO ACUMULADO DE ALTURA (A) E DIÂMETRO DO COLO (B) EM RELAÇÃO AO TEMPO DE MUDAS DE <i>Pinus elliottii</i> Engelm. EM 110 CM ³	42
FIGURA 7 – CRESCIMENTO ACUMULADO DE ALTURA (A) E DIÂMETRO DO COLO (B) EM RELAÇÃO AO TEMPO DE MUDAS DE <i>Pinus taeda</i> L. EM 55 CM ³ .	47
FIGURA 8 – CRESCIMENTO ACUMULADO DE ALTURA (A) E DIÂMETRO (B) EM RELAÇÃO AO TEMPO DE MUDAS DE <i>Pinus taeda</i> L. EM 110 CM ³	50
FIGURA 9 – ANÁLISE DE AGRUPAMENTO DE <i>Pinus elliottii</i> Engelm. (A.) e <i>Pinus taeda</i> L. (B.) PELO MÉTODO GRUPOS PAREADOS (UPGMA) LEVANDO EM CONSIDERAÇÃO OS ASPECTOS MORFOLÓGICOS	51
FIGURA 10 – QUALIDADE DAS MUDAS NA EXPEDIÇÃO A CAMPO.....	53

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E QUÍMICAS DOS SUBSTRATOS UTILIZADOS, A BASE DE TURFA E À CASCA DE PINUS, PARA A PRODUÇÃO DE MUDAS DE <i>Pinus elliottii</i> Engelm. E <i>Pinus taeda</i> L.	27
TABELA 2 – CARACTERÍSTICAS GERAIS DOS RECIPIENTES UTILIZADOS PARA PRODUÇÃO DE MUDAS DE <i>Pinus elliottii</i> Engelm. e <i>Pinus taeda</i> L.	28
TABELA 3 – COMPOSIÇÃO QUÍMICA E GRANULOMETRIA DO FERTILIZANTE DE LIBERAÇÃO CONTROLADA UTILIZADO PARA A PRODUÇÃO DE MUDAS DE <i>Pinus elliottii</i> Engelm. E <i>Pinus taeda</i> L.	28
TABELA 4 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS PARÂMETROS MORFOLÓGICOS AVALIADOS PARA A PRODUÇÃO DE MUDAS DE <i>Pinus elliottii</i> Engelm., EM DIFERENTES COMPOSIÇÕES FATORIAIS, 210 DIAS APÓS SEMEADURA.....	33
TABELA 5 – TESTE DE MÉDIA DOS PARÂMETROS MORFOLÓGICOS AVALIADOS PARA A PRODUÇÃO DE MUDAS DE <i>Pinus elliottii</i> Engelm., EM DIFERENTES COMPOSIÇÕES FATORIAS, DE 55 CM ³ , 210 DIAS APÓS A SEMEADURA.....	35
TABELA 6 – TESTE DE MÉDIA DOS PARÂMETROS MORFOLÓGICOS AVALIADOS PARA A PRODUÇÃO DE MUDAS DE <i>Pinus elliottii</i> Engelm., EM DIFERENTES COMPOSIÇÕES FATORIAS, DE 110 CM ³ , 210 DIAS APÓS A SEMEADURA.....	40
TABELA 7 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS PARÂMETROS MORFOLÓGICOS AVALIADOS PARA A PRODUÇÃO DE MUDAS DE <i>Pinus taeda</i> L., EM DIFERENTES COMPOSIÇÕES FATORIAIS, 210 DIAS APÓS SEMEADURA.....	43
TABELA 8 – TESTE DE MÉDIA DOS PARÂMETROS MORFOLÓGICOS AVALIADOS PARA A PRODUÇÃO DE MUDAS DE <i>Pinus taeda</i> L., EM DIFERENTES COMPOSIÇÕES FATORIAS, DE 55 CM ³ , 210 DIAS APÓS A SEMEADURA.....	44
TABELA 9 – TESTE DE MÉDIA DOS PARÂMETROS MORFOLÓGICOS AVALIADOS PARA A PRODUÇÃO DE MUDAS DE <i>Pinus taeda</i> L., EM DIFERENTES COMPOSIÇÕES FATORIAS, DE 110 CM ³ , 210 DIAS APÓS A SEMEADURA.....	48

Tabela 10 – NOTAS MÉDIAS PARA FACILIDADE E AGREGAÇÃO DAS RAÍZES DE <i>Pinus elliottii</i> Engelm. e <i>Pinus taeda</i> L. PARA DIFERENTES SUBSTRATOS E VOLUMETRIAS.....	52
---	----

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
1.1 JUSTIFICATIVA	12
1.2 OBJETIVOS	13
1.2.1 Objetivo Geral	13
1.2.2 Objetivos Específicos	13
2. REVISÃO DE LITERATURA	14
2.1 O GÊNERO PINUS	14
2.1.1 <i>Pinus elliotii</i>	15
2.1.2 <i>Pinus taeda</i>	16
2.2 PRODUÇÃO DE MUDAS	17
2.3 RECIPIENTES E SUBSTRATOS	19
2.3.1 Substratos	20
2.3.2 Recipientes	21
3. MATERIAL E MÉTODOS	25
3.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL	25
3.2 PLANEJAMENTO E EXECUÇÃO EXPERIMENTAL	25
3.2.1 Sementes	25
3.2.2 Substratos e recipientes	26
3.2.3 Adubação	28
3.2.4 Definição da unidade experimental	29
3.2.5 Viveiro Florestal	29
3.3 ANÁLISE EXPERIMENTAL	30
3.3.1 Variáveis analisadas e avaliações	30
3.3.2 Análise dos dados	32
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
4.1 <i>PINUS ELLIOTTII</i> ENGELM.	33
4.1.1 Análise de variância	33
4.1.2 Teste de médias e crescimento acumulado para mudas de 55 cm ³	34
4.1.3 Teste de médias e crescimento acumulado para mudas de 110 cm ³	39
4.2 <i>PINUS TAEDA</i> L.	42
4.2.1 Análise de variância	42
4.2.2 Teste de médias e crescimento acumulado para mudas de 55 cm ³	43

4.2.3 Teste de médias e crescimento acumulado para mudas de 110 cm ³	47
4.3 EFEITO DA VOLUMETRIA DOS RECIPIENTES.....	50
4.4 FACILIDADE DE RETIRADA DO TUBETE E AGREGAÇÃO DAS RAÍZES AO SUBSTRATO	52
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	54
5.1 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	55
REFERÊNCIAS.....	56

1. INTRODUÇÃO

O setor de árvores plantadas tem sido representado como um considerável indicador do desenvolvimento econômico, social e ambiental, no Brasil. Isso em partes, atribuído a promoção de mudanças econômicas locais, desdobrando em novas oportunidades de trabalho, geração de renda para a população, assim como contribuição na adaptação e mitigação das mudanças climáticas, e fornecimento de serviços ecossistêmicos (IBA, 2020).

De acordo com a CNA, (Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil, 2016) dentro do setor de árvores plantadas, no Brasil, estão incluídas espécies como Pinus, Eucalipto, Seringueira, Acácia, Paricá, Teca, Araucária, Pópulus, entre outras. Os gêneros *Eucalyptus* e *Pinus*, majoritários, apresentam 77% e 18%, respectivamente, do total de árvores plantadas no Brasil, totalizando cerca de 9 milhões de hectares, em conformidade ao último relatório disposto pela Indústria Brasileira de Árvores.

Ainda em conformidade ao relatório do IBA (2020), o gênero *Pinus*, procede plantios mais numerosos na região Sul, representando 87% do total, onde o Paraná se faz o principal produtor. O Pinus teve sua inserção no Brasil na década de 1930, findando o uso para a silvicultura, tendo o *Pinus elliottii* e o *Pinus taeda*, se destacado em detrimento da facilidade dos tratamentos culturais, rápido crescimento, e reprodução intensa no Sul e Sudeste do Brasil. O primeiro, em início mais destinado a matéria prima para madeira serrada e extração de resina, e o segundo, para papel e celulose (SHIMIZU, 2006).

Outros usos configurados para essas espécies são madeira para construções leves ou pesadas, construção de artefatos navais e moveleiros, bem como laminados, compensados, MDP, MDF, celulose, entre outros (EMERENCIANO, 1990). Ou seja, dentro do ramo florestal, as espécies atendem a um considerável nicho de mercado.

Dentro do dinamismo das operações florestais e de seu setor correlato, está inserido a produção de mudas, os viveiros florestais, essenciais a formação das florestas plantadas. A produção de mudas de qualidade, implica em vários fatores, como por exemplo, a composição do substrato, que é fator de alta relevância, uma vez que fenômenos como germinação das sementes, iniciação radicular e o

enraizamento, estão correlacionados de forma direta às características químicas, físicas e biológicas do substrato (CALDEIRA et al., 2013).

Outro fator implícito a qualidade das mudas, é relatado por Daniel et al. (1982), sendo os recipientes a serem utilizados para sua produção, uma vez que as diferentes tecnologias utilizadas, resultam em diferentes índices de sobrevivência e desenvolvimento das plantas após plantio no campo.

Ou seja, um estudo minucioso da melhor interação de materiais, como por exemplo, substratos e recipientes, findando o maior crescimento inicial de mudas, com qualidade, e de maneira otimizada, é fundamental para melhores resultados na produção de mudas tangentes ao viveiro florestal (NOVAES et al., 2002).

O setor florestal está constantemente em busca de novas tecnologias, em sua cadeia produtiva, em seus desdobros florestais. Dentro do contexto de produção de mudas, viveiros florestais, isso não foi diferente, ocorrendo forte desenvolvimento a partir da década de 1980 (STURION E ANTUNES, 2000). Uma exemplificação é o emprego de novas metodologias, como a composição, para substratos, de compostos orgânicos (casca de pinus, casca de arroz, fibra de coco), e recipientes com diferentes volumetrias e matérias primas (como compostos biodegradáveis, a base de amido, papel e biocompostáveis).

Com base no contexto e problemática exposto acima, o presente trabalho busca avaliar e comparar a produção de mudas de *Pinus elliottii* Engelm. e *Pinus taeda* L., individualmente, em conformidade a diferentes interações, entre substratos e recipientes comerciais, findando na qualidade de mudas das espécies descritas.

1.1 JUSTIFICATIVA

Inicialmente, a avaliação e interação entre diferentes substratos e recipientes, disponíveis e pioneiros no mercado para o crescimento das mudas, é uma temática que pode trazer grande contribuição ao setor florestal, por exemplo, com a qualidade de mudas de espécies florestais, em viveiros, em plantios, implicando na produtividade de povoamentos florestais e no setor madeireiro. Teve-se a escolha das espécies *Pinus elliottii* e *Pinus taeda*, em função do potencial florestal dessas espécies visto no Brasil, bem como da disponibilidade de material para realização do trabalho. Além disso, outra justificativa plausível foi a oportunidade de associar parcialmente o trabalho de conclusão de curso à

sustentabilidade, prática que se procura diariamente no contexto atual do planeta, assim como no setor florestal, testando de substratos advindos de fontes renováveis, orgânicas, e recipientes com embalagens biodegradáveis, ou com menor impacto ao meio ambiente (uma vez que não são de plástico). Enfim, diante a disponibilidade de material, inovação tecnológica, eficiência e qualidade na produção de mudas, frente ao setor florestal, que o trabalho pode trazer, seja pelo fator ambiental (sustentabilidade), econômico (espécies comerciais, eficiência e qualidade), foi escolhida a temática do presente trabalho.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo do presente trabalho, consiste em avaliar o crescimento das mudas de *Pinus elliottii* Engelm. e *Pinus taeda* L., individualmente, em diferentes composições fatoriais entre substratos (a base de turfa; a base de casca de pinus) e recipientes (Tubete plástico; PlantPaper®; SIS BGC®), em dois volumes (55 e 110 cm³), determinando as melhores interações, visando a produção de mudas de qualidade.

1.2.2 Objetivos Específicos

Consiste em caracterizar e quantificar, os parâmetros de mudas das espécies *Pinus elliottii* Engelm. e *Pinus taeda* L., utilizando volumes de 55 e 110 cm³, a serem avaliados em diferentes composições entre substratos e recipientes. Essas variáveis incluem altura, diâmetro do colo, sua relação, massa seca total, incluindo parte aérea e raízes, bem como sua relação, além de Índice de Qualidade de Dickson (IQD). Há também o crescimento acumulado em altura e diâmetro, em relação ao tempo, assim como facilidade e agregação das raízes. É nessa caracterização e quantificação, que se dá o embasamento às avaliações, análises e comparações necessárias, sob critérios estatísticos, tangentes a produção de mudas das espécies correlatas, nas composições fatoriais testadas.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 O GÊNERO PINUS

Em conformidade a EMBRAPA (2020), o gênero *Pinus* compreende mais de 100 espécies, as quais estão atribuídas a um grande potencial a ser explorado no Brasil. Seu registro data de mais de um século, quando foi inicialmente plantado, no entanto, os registros dos primeiros plantios em escala comercial datam a partir da década de 1960, principalmente no Sul e Sudeste do Brasil. Nas décadas consecutivas, foram os plantios comerciais de *Pinus*, o grande fomento ao desenvolvimento da indústria florestal, pela disposição de matéria prima, abastecendo um mercado já então diversificado.

O IBA (2020), totaliza atualmente, 1,64 milhões de hectares de árvores do gênero *Pinus* dispostas em território brasileiro, sendo o estado paranaense majoritário desses plantios, com 87% do total, sendo seguido de Santa Catarina, Rio Grande do Sul, São Paulo e Minas Gerais.

Duas espécies tiveram ênfase quanto às florestas plantadas, sendo *Pinus elliottii* e *Pinus taeda*, uma vez que tiveram excelente adaptação às condições edafoclimáticas brasileiras. Outras espécies desse gênero que ocorrem no Brasil, podem ser exemplificadas por *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, *Pinus oocarpa* e *Pinus tecunumanii* (ZILLER, 2000).

Pertencente à família Pinaceae, as características morfológicas desse gênero, são árvores de tronco retilíneo com ramificação monopodial, de lenho secundário, apresentando traqueídeos e canais resiníferos. Além disso, sua copa se dá por ramos horizontais agrupados em verticilos, e o seu sistema radicular é superficial, o que justifica a possibilidade de sua ocorrência em solos rasos (VALERI et al., 2009).

Ainda segundo o autor, as folhas de *Pinus* são de dois tipos, aciculares e escamiformes. As acículas encontram-se agrupadas em fascículos, cada qual pode compreender de 2 a 5 acículas. Já as flores, são monóicas, sendo as masculinas os estróbilos (alongados e pequenos) formados por escamas estaminais, onde nas faces centrais se encontram os sacos polínicos, e as femininas, os estróbilos (cilíndricos a globosos) formados por escamas opostas e espiraladas. Em relação aos frutos, VALERI et al. (2009), disserta que consistem dos estróbilos ou cones

femininos desenvolvidos logo após a fecundação, onde as escamas carpelares tornam-se maiores e se lignificam, levando até dois anos para serem formados. As sementes da espécie são aladas. Finalmente, o autor caracteriza a madeira da espécie, que apresenta anéis de crescimento bem definidos, elevada capacidade inflamável e baixa densidade, enquanto que a casca, frequentemente, se caracteriza por um ritidoma espesso, áspero e sulcado, com coloração marrom.

Entre a destinação da madeira de *Pinus*, está sua utilização pelas indústrias de madeira, serrados, laminados, chapas (MDF e MDP), resina, bem como papel e celulose. Algumas das características que favorecem a utilização dessa matéria prima, inclui o fato de ser uma madeira de cor clara (variando entre branca e amarelada), ser madeira de fibra longa (apropriada a fabricação de papel), possibilitar a extração de resina (em algumas espécies), sua rusticidade e tolerância, bem como valor ornamental, na arborização e paisagismo, por exemplo. (EMBRAPA, 2020).

2.1.1 *Pinus elliotii*

O *Pinus elliotii* é característico de florestas temperadas, com ocorrência natural no estado da Flórida, mais precisamente no sudeste dos Estados Unidos, entre as latitudes 28° e 33°N, e altitudes de 1000 a 2500 metros, sendo conhecido nessa região como “*Slashpine*” ou “*American-pitch-pine*” (EMERENCIANO, 1990).

Paralelamente ao *Pinus taeda*, o *Pinus elliotii* foi inserido inicialmente no estado de São Paulo, em 1948, buscando adaptação às condições edafoclimáticas brasileiras, o que ocorreu e justifica os plantios da espécie em escala comercial, principalmente em regiões mais frias, dispostas do Sudeste ao Sul, entre São Paulo e Rio Grande do Sul (FOELKEL, 2008). Inclusive, de acordo com Mattos (1972), a espécie foi uma das mais utilizadas para a produção de madeira na década de 1970.

Caracterizando essas informações edafoclimáticas, Emerenciano (1990) disserta em relação ao clima para o *Pinus elliotii* uma precipitação entre 650 a 2500 milímetros, com regime periódico de distribuição de chuvas (dois a quatro meses secos), já a temperatura média anual vigora entre 15 a 24°C. Finalmente, para solo e topografia, a espécie dispõe de solos de estrutura ligeira a pesada, geralmente bem drenados e ácidos, além de suportar alagamentos sazonais curtos, bem como solos

rasos (média de 40 cm) e com presença de fragmentos de material rochoso da rocha mãe.

Exsudação de resina mais abundante pelos cortes e ferimentos na madeira, ramos e agulhas, é uma das características marcantes da espécie (TERRAPINUS, 2016). Além disso necessita de invernos frios, Aguiar (2013), com temperaturas mínimas de zero graus e sem tolerância a períodos secos com déficit hídrico.

Entre a destinação das florestas plantadas de *Pinus elliottii*, está seu uso para produção de resina, o qual produz abundantemente, apresentando também boa qualidade para seus produtos derivados, terebentina e breu. Além da goma resina, seu fim também se destina a serraria (pelas características de sua madeira, como por exemplo bons desdobros mecânicos), produzindo chapas, compensados, laminados, postes e móveis (FOELKEL, 2008).

Ademais dos seus usos, Foelkel (2008), a espécie resineira apresenta muitas vantagens econômicas, promovidas pelo rápido crescimento, alta tolerância ao frio e também aos solos de baixa fertilidade, bem como profundidade. Portanto, há uma disposição de incentivo florestal para a espécie, mas que deve ser procedida de maneira adequada, visto que se enquadra como uma espécie de cunho invasor em regiões tropicais e subtropicais.

2.1.2 *Pinus taeda*

Conhecido como pinheiro-amarelo, pinheiro-rabo-de-raposa, pinheiro-do-banhado, pinos e pinho-americano, ocorre naturalmente entre as latitudes 28°N e 39°N, longitude 75°W a 97°W, e altitude entre 0 a 2400 metros (EMERENCIANO, 1990).

Ainda de acordo ao autor citado, suas características edafoclimáticas contemplam clima úmido, temperaturas moderadas (entre 13 e 19°C), com verões longos e quentes, e invernos temperados. A precipitação média anual para a espécie está situada entre 900 e 2200 milímetros, com regime de chuvas desde periódico a período seco (de até dois meses), ou com distribuição regular ao longo do ano. Para solo e topografia, a espécie cresce em uma grande variedade de tipologias, até mesmo quando desprovidos de boa drenagem, porém ocorre majoritariamente em solos de textura ligeira a pesada, com pH ácido e de drenagem média. Ocasionalmente, tem presença em solos alagados de período curto.

Com densidade entre 0,47 a 0,51 g/cm³, a destinação de sua madeira contempla construções leves ou pesadas, produção de laminados, compensados, MDF e MDP, produção de celulose de fibra longa, bem como biomassa para produção de energia em função do rápido aumento de volume (IUCN, 2016).

P. taeda é a espécie do gênero *Pinus* mais plantada, localizando-se no planalto da região sul do Brasil, onde predomina clima fresco e inverno frio, úmido, sendo sua finalidade a produção de celulose, papel, madeira serrada e painéis (TERRAPINUS, 2016).

2.2 PRODUÇÃO DE MUDAS

Para atender a formação de uma floresta, se faz elementar a produção de mudas de boa qualidade, o que é advindo da utilização de boas práticas de manejo, resultando em distintos graus de sobrevivência, uniformidade e arranque inicial das plantas no campo (ALFENAS et al., 2004).

O sucesso de um empreendimento florestal, para Ribeiro et al. (2001), depende de variáveis como escolha da espécie, finalidade a ser dada à floresta, da procedência das sementes, sobretudo, das mudas encaminhadas ao campo. Devendo essas, apresentar características de resistência às condições edafoclimáticas vigentes e capacidade de desenvolvimento com a expressão de seu potencial de crescimento.

Dentro do avanço tecnológico que está inserido o setor florestal, a produção de mudas de espécies de rápido crescimento, seguiu a mesma tendência, diretamente correlacionado ao avanço da silvicultura, o que trouxe progressos significativos para sua produção, viveiros florestais, a partir da década de 1980 (STURION E ANTUNES, 2000). A partir de então, parâmetros de qualidade necessitaram ser fixados à evolução de sua produção, ao viveiro, pois implicariam no maior controle da qualidade do material propagado, assim como da expressão nas dimensões das mudas, além da época de plantio no campo, e fatores com influência direta na sobrevivência pós-plantio das mudas (FINGER et al., 2003).

Ou seja, o controle de qualidade de mudas, Freitas e Klein (1993), consiste de uma exigência do mercado que as empresas/produtores florestais devem atender, até mesmo porque problemas dessa ordem pode quantificar mortalidade no campo, após os primeiros anos de implantação, com 15% até os dois primeiros

anos, e 20% até o sétimo. Além disso, mudas com qualidade asseguram a minimização dos custos do reflorestamento, em sua cadeia produtiva, ao passo que mudas de qualidade insatisfatória, incluem novos custos em função de medidas adicionais de tratamento pela baixa sobrevivência em campo (FERREIRA, 1997). Ainda, Farias (2006), o padrão de muda influencia no estabelecimento do povoamento, reduzindo tratos culturais de pré e pós plantio, como replantio, capina e coroamento.

Na busca por produtividade aos plantios florestais, um dos desdobros é a pesquisa em relação a qualidade de mudas, realizando-se estudos de melhores recipientes, substratos e adubações, com o estabelecimento de dados, que proporcionem a qualidade requerida, sugerindo a influência desses fatores para o crescimento das plantas (VITORINO et al., 1996). Outros fatores também trazem relação com a qualidade de mudas de espécies florestais, José (2003), e dizem respeito às operações de cultivo, como por exemplo, irrigação, fertilização, repicagem, transplante, sombreamento, espaçamento, podas, seleção, armazenamento, transporte, entre outros.

Alguns dos fatores que se destacam por trazer influência na produção de mudas, são as sementes propriamente utilizadas, assim como o substrato, o recipiente, e a irrigação, refletindo segundo Santos et al. (2000), de maneira direta, na qualidade do produto final.

A classificação das mudas pode ocorrer em conformidade as suas características internas e externas, sendo essas mais empregadas em função da sua facilidade de obtenção, assim como por sofrer influência das técnicas de manejo e do processo de produção de mudas (GOMES et al., 2002). Gomes e Paiva (2004) sugerem a utilização de parâmetros tanto fisiológicos como morfológicos, na determinação da qualidade de mudas florestais, sendo realizados para aquelas que estão prontas, aptas ao plantio. O primeiro correlaciona-se ao estado nutricional, capacidade de absorção de água, variações nos tecidos de reserva, potencial de regeneração de raízes, entre outros. Já o segundo, diz respeito aos mais empregados, em função da praticidade e facilidade de aquisição. Além disso, os parâmetros fisiológicos não proporcionam informações claras e reais sobre a capacidade de sobrevivência e de crescimento das mudas, após o plantio.

A carga genética e a procedência das sementes, assim como as condições ambientais, os métodos e técnicas de produção, as estruturas e os equipamentos

utilizados, além do tipo de transporte das mudas ao campo, são características que estreitam laço com a qualidade morfológica e fisiológica (PARVIAINEN, 1981).

Os parâmetros morfológicos que auxiliam na classificação das mudas produzidas em viveiros, são a altura da parte aérea, assim como sua relação com a parte subterrânea, bem como a quantificação total dessas variáveis, além do peso de matéria seca e verde, e a rigidez da haste (STURION E ANTUNES, 2000). Somado a isso, Gomes e Paiva (2004) dissertam dos parâmetros diâmetro do coleto, peso de matéria seca total, capacidade de enraizamento (peso e comprimento das raízes) e capacidade de assimilação (ramificação, formação das folhas).

São as mensurações de variáveis como altura, diâmetro do colo e biomassa seca das mudas, que permitem a sua avaliação às distintas alterações, relacionadas, por exemplo, à temperatura, luz, recipiente, adubação e substrato (ALMEIDA, 2005). No entanto, é importante frisar que nenhuma variável deve ser utilizada isoladamente como critério de decisão para determinação da qualidade de muda, pela dependência entre as variáveis, apesar do diâmetro do colo ser considerado como um dos melhores indicadores do padrão de qualidade (STURION E ANTUNES, 2000). Até mesmo porque, Daniel et al. (1997), trata-se do parâmetro mais observado para caracterizar a capacidade de sobrevivência da muda no campo, e consta-se de um método não destrutivo (o que não ocorre para outras variáveis como os parâmetros de biomassa, que são destrutivos).

Dentre os indicadores de qualidade de mudas dispostos, está ainda o Índice de Qualidade de Dickson, o qual leva em consideração diversos parâmetros morfológicos e suas relações. Logo, é utilizado na avaliação de mudas por muitos pesquisadores, uma vez que constitui a maior quantidade de atributos da muda (JOSÉ, 2003). Em conformidade a Gomes e Paiva (2004), esse índice é importante porque para seu cálculo, leva em consideração a robustez e o equilíbrio da distribuição da biomassa da muda, ou seja, inclui vários parâmetros ponderados relevantes.

2.3 RECIPIENTES E SUBSTRATOS

A partir da década de 1970, iniciou-se o contexto da importância da produção de mudas de qualidade, com pesquisas em relação a sua produção em

diferentes tipos e tamanhos de recipientes, substratos, manipulação do material, avaliando as respostas a campo. Pesquisas essas que procederam avanços tecnológicos, implicando em diferentes índices de sobrevivência, assim como no desenvolvimento das plantas após plantio no campo (Daniel et al., 1997).

2.3.1 Substratos

Entre as funções do substrato, destaca-se a sustentação da muda, o fornecimento das condições adequadas relacionadas ao sistema radicial, bem como os nutrientes necessários ao desenvolvimento da planta (HARTMANN et al., 2011).

Questões como disponibilidade local, custo e tipo de muda a ser produzida, são preponderantes a composição do tipo de material e a proporção dos componentes, em relação ao substrato. Os fatores intrínsecos dos substratos que afetam o crescimento das plantas, estão condicionados as suas propriedades físicas e químicas, evidenciado a essencialidade de analisar suas características, que varia em função da sua origem e proporção, de acordo a composição (WENDLING et al., 2006).

As propriedades físicas incluem parâmetros como densidade aparente, porosidade total, micro e macroporosidade, sendo essas mais importantes que as químicas, visto o manejo que pode ocorrer para essas (GOMES E PAIVA, 2004). As propriedades químicas, conforme Carneiro (1995), trazem elo a disponibilidade de nutrientes minerais presentes ao substrato, influenciando no crescimento e desenvolvimento das mudas. Entre as propriedades químicas estão potencial hidrogeniônico (pH), condutividade elétrica, nutrientes minerais e matéria orgânica.

A tipologia dos substratos, contempla suas formações com um único constituinte ou pelas suas combinações distintas, sendo as propriedades físicas e químicas não necessariamente a soma de suas partes (HANDRECK E BLACK, 1994; REED, 1996).

Há uma série de materiais que podem ser empregados como substratos, renováveis ou orgânicos, e não renováveis ou minerais. Do ponto de vista comercial brasileiro, a atuação majoritária se dá pelos compostos orgânicos, que ainda que de maneira lenta, dão continuidade a decomposição mesmo após serem embalados e rotulados (ABREU et al., 2012).

Alguns desses podem ser exemplificados por biossólido, casca de arroz carbonizada, fibra de coco e moinha de carvão. Dentro do setor florestal, pelo seu desenvolvimento e geração de um grande volume de subprodutos, outro substrato orgânico visualizado é a casca de pinus, que também começou a ter utilização como substrato para produção de mudas, e vem sendo amplamente utilizado, com viabilidade técnica comprovada (KRATZ et al., 2013). Entretanto, apresenta uma baixa oferta de matéria prima em função da competição com o mercado de energia (ABRAF, 2013).

Entre os componentes não renováveis estão a turfa e a vermiculita, os mais utilizados na produção de mudas florestais e agrícolas. A turfa se caracteriza por ser um sedimento orgânico, a partir da decomposição parcial de material vegetal em um ambiente ácido, de pouca oxigenação e úmido (PETRONI et al., 2000). Porém, trata-se de um componente não renovável, em conformidade a Caldeira et al. (2011).

2.3.2 Recipientes

O sistema de produção de mudas em viveiros florestais, é composto de duas metodologias, mudas de raiz nua, as quais são desprotegidas, e as mudas em recipientes, nos quais o sistema radicular fica envolto a uma embalagem. Essa última metodologia caracteriza menores problemas, evidenciado na baixa incidência de fungos e melhor ergonomia no preparo, o que auxilia na tomada de decisões por parte das empresas florestais, na adoção desse sistema (WALKER et al., 2011).

Para Carneiro (1995), os recipientes devem ser precedidos de atendimento as funções vitais, proporcionando suporte e nutrição das mudas, proteção contra danos vitais, um aumento no índice de sobrevivência das mudas alocadas nos recipientes, assim como na facilidade ao manuseio delas no viveiro, bem como no plantio.

De acordo com Gomes et al. (1991), em meados da década de 90, a pesquisa tangente aos modelos de recipientes foi intensificada, testando mais de 20 modelos para a produção de mudas de espécies florestais. O desdobro dessas pesquisas diz respeito, Carneiro (1995), ao desenvolvimento do sistema radicular, com consequências diretas no desenvolvimento das mudas em escala de campo, quando da utilização de diferentes recipientes.

Dentre as diferentes tipologias disponíveis, teve destaque na produção de mudas, a utilização de recipientes do tipo sacos de polietileno e tubetes de polietileno rígido. Historicamente, os sacos plásticos foram inicialmente os mais utilizados, especialmente nos viveiros pequenos, o que foi atribuído a maior disponibilidade e o menor preço (GOMES et al., 1991).

Alguns dos fatores que favoreceram a substituição dos sacos plásticos por tubetes, em conformidade com Gonçalves (2000), são as vantagens às espécies de rápido crescimento (como as pioneiras, e secundárias iniciais), assim como a qualidade do sistema radicular é melhor, mediante a sua boa formação e ao fato de não apresentarem envelhecimento. Além disso, a utilização desses permite o aumento da mecanização, assim como diminuição no número e intensidade de atividades, no viveiro. O que ainda é dissertado por Wending et al. (2002), traz aumento considerável dos rendimentos operacionais, logo, redução dos custos de produção de mudas.

Por isso, a maioria das empresas do setor florestal, produtoras de mudas de florestas plantadas, como as espécies Eucalipto e Pinus, aderem ao sistema de produção em tubetes (FONSECA, 2012). Os tubetes cônicos, para Mattei (1993), especialmente os com volumetria de 53 cm³, são os majoritariamente utilizados para espécies de rápido crescimento (como *Eucalyptus* sp. e *Pinus* sp.). A implantação comercial de povoamentos florestais de *Pinus* sp. se dá predominantemente pela produção de mudas em tubetes de plástico rígido. Mattei disserta, entretanto, que uma das problemáticas, nesse sistema de produção de mudas, é a deformação do sistema radicular, pelas paredes rígidas, se acentuando pelo pequeno volume suportado, que traz implicações também em escala de campo.

Para mesmo modelo de recipiente e volumetrias diferentes, Parviainen (1981), a maior volumetria caracterizou uma configuração do sistema radicular mais equitativa a mudas provenientes de semeadura direta no campo. Já para Ball (1976), a diminuição da capacidade dos recipientes até o limite mínimo, provoca um aumento na diferenciação do sistema radicular, originando maior quantidade de radículas e pelos absorventes, resultando na melhor probabilidade de obtenção dos nutrientes necessários por parte das plantas.

Ou seja, as dimensões pela qual se dá a produção de mudas, é relevante, uma vez que recipientes com volume acima do indicado implicam em custos desnecessários, elevam as dimensões necessárias ao viveiro, assim como os custos

de transporte, manutenção e distribuição das mudas no campo (CARNEIRO, 1995). Ao passo que recipientes abaixo do indicado, trazem consequências como a aplicação de doses elevadas de nutrientes, em detrimento da lixiviação, proveniente da necessidade de irrigação frequente, assim como prejuízos a fertirrigação, justificado pelos espaços entre os tubetes que podem representar em até 78% da área das bandejas (NEVES *et al.*, 1990).

Estimativas, segundo Zani Filho (1998), dispõem que 30% do investimento às instalações de viveiro, de âmbito florestal, são atribuídos a custos referentes a tubetes. Esse tipo de recipiente necessita de remoção para a realização do plantio, o que de acordo a sua utilização, implica em descarte após algum tempo, gerando resíduo. Isso pode ser uma das variáveis pelas quais, nas últimas décadas, houve a busca pelo desenvolvimento de tubetes com materiais orgânicos, ou seja, com capacidade de degradação, minimizando resíduos e custos (MOREIRA *et al.*, 2011).

Junior (2013), relata ainda que advindo a baixa degradação do polietileno e a exigência crescente da comunidade e órgãos certificadores de produtos e processos, houve uma pressão pela substituição de recipientes que se degradem rapidamente no solo. O uso de recipientes biodegradáveis, apresenta várias vantagens, como por exemplo, processos como lavagem e desinfecção de recipientes e bandejas não se faz necessário, o risco por pragas e agentes fitopatogênicos é reduzido em função de não haver retorno de recipientes ao viveiro.

Além disso, o custo de plantio é reduzido pois não há necessidade em tirar a muda do recipiente, assim como a necessidade de replantio se faz menor, normalmente, atribuída à proteção do sistema radicular que as embalagens biodegradáveis oferecem, e o crédito recebido pela utilização de material não poluidor e proveniente de fonte renovável às empresas, sob a ótica da certificação. Entretanto, é ainda comentado pelo autor citado, uma desvantagem dessa metodologia, a necessidade de aquisição constante da compra desses recipientes, o que a encarece.

A garantia da competitividade e da sustentabilidade do setor florestal, está diretamente condicionada a busca por novas tecnologias conciliadoras de aspectos ambientais e econômicos. Logo, investimentos nos setores de pesquisa e de desenvolvimento, bem como o elo entre a iniciativa privada e o setor público são imprescindíveis. Atualmente, está em vigência vários trabalhos de pesquisa e de

avaliação tecnológica para recipientes alternativos, sendo promissora a tendência da utilização por parte dos materiais denominados biodegradáveis (JUNIOR, 2013).

Um dos recipientes biodegradáveis criado, foi o BGC (Berço Germinador Compostável) produzido sobre a ótica SIS (Sistema Inteligente Sustentável), apresentando 5 pilares: resistência mecânica, inércia, fragmentação, compostabilidade e degradação. Ele apresenta diferenciais, como maior leveza (representando em até 80% menos peso), além de capacidade de ser plantado junto a muda, eliminando a logística reversa e conseqüentemente, uma série de custos de operação. Somam se a isso, o fortalecimento das plantas pela promoção de maior enraizamento, o impedimento de problemáticas como choque pós plantio, destorroamento do substrato e estresse (CAMPO E NEGÓCIO, 2018).

O berço germinador compostável, como disposto pelo seu criador Luiz Neto, não estabelece nenhuma interação com a muda, e com o meio após o plantio. O enraizamento direcionado no solo, já após uma semana ao plantio, é o processo inicial pelo qual se dá a fragmentação do SIS BGC®, favorecendo o bom desenvolvimento do sistema radicial, ocorrendo compostagem no prazo de até 180 dias posterior ao plantio, com conseqüente degradação.

Outro recipiente biodegradável disposto é o PlantPaper®, papel especial, desenvolvido na Europa, 100% natural e ecológico. Esse apresenta resistência natural a fungos, custo-benefício, ausência de derivados de hidrocarbonetos adesivos, além de ótimas condições de cultivo, fornecendo melhor fluxo de ar ao sistema radicular, com desdobro no crescimento sem restrição das raízes finas (PLANTPAPER®, 2019).

Vigo (2017) notou uma melhor saúde para as raízes das mudas quando da utilização desse recipiente, bem como plantas mais fortes e saudáveis, apresentando crescimento mais rápido em seu ambiente natural, ou seja, evidenciaram resultados satisfatórios sob a ótica de qualidade de mudas.

Sua utilização para a produção de mudas, pode ocorrer tanto na propagação vegetativa sexuada e assexuada, sejam espécies de cunho anual ou perene, bem como nos viveiros florestais, silvicultura (incluindo escala de campo), e agricultura. No entanto, o recipiente é característico de melhores resultados quando precedido por espécies de enraizamento lento (OASIS GROWER SOLUTION®, 2021).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL

O experimento foi instalado no viveiro florestal pertencente ao Departamento de Ciências Florestais, da Universidade Federal do Paraná, localizado no Campus Botânico, em Curitiba, (25° 27 '02" Sul e 49° 14' 15" Oeste). A caracterização climática na localidade se dá pela classificação Cfb, em conformidade a Köppen e Geiger, com temperatura média de 17,2 °C, e pluviosidade média anual de 1.630 milímetros (ALVARES et al., 2013).

3.2 PLANEJAMENTO E EXECUÇÃO EXPERIMENTAL

3.2.1 Sementes

A procedência das sementes utilizadas para o experimento foi proveniente de um pomar clonal de 1,5ª geração. Inicialmente, foi realizada a estratificação a frio das sementes de *Pinus elliottii* e *Pinus taeda*, utilizando-se de uma caixa gerbox, uma para cada espécie, na qual as sementes ficaram dispostas entre duas camadas saturadas (com água destilada) de papel germitest (Figura 1), e foram armazenadas em câmara fria por 40 dias.

FIGURA 1 – SEMENTES DE *Pinus elliottii* Engelm. (A) E *Pinus taeda* L. (B) EM ESTRATIFICAÇÃO



FONTE: O autor (2021).

Posteriormente a estratificação, teve-se a semeadura. A semeadura se deu a partir da realização de uma perfuração manual no substrato, inserindo a semente no mesmo, com cuidado e pressionando levemente para baixo em direção ao recipiente. Para cada unidade amostral (recipiente a ser preenchido), foi semeado apenas uma semente em função da alta taxa de germinação da espécie (acima de 90%).

Posteriormente a semeadura, foi sobreposto uma camada de vermiculita (Figura 2A), a fim de assegurar maior umidade, e mais superficialmente ainda, uma camada de acícula de pinus picada (Figura 2B), feita com auxílio de liquidificador, para incorporação de rizobactérias, dessa maneira, as sementes até então expostas superficialmente, foram recobertas.

FIGURA 2 – INSERÇÃO DE CAMADA DE VERMICULITA (A) E ACÍCULA DE PINUS (B), SUPERFICIALMENTE, PARA A PRODUÇÃO DE MUDAS DE *Pinus elliottii* Engelm. E *Pinus taeda* L.



FONTE: O autor (2021).

3.2.2 Substratos e recipientes

Com relação aos substratos, foram testados dois produtos comerciais, substrato a base de turfa e outro a base de casca de pinus. As propriedades físicas e químicas desses, foram realizadas no Laboratório de Sementes Florestais da UFPR, em conformidade às especificações técnicas vigentes, com auxílio de mestrandos e doutorandos, configurando a descrição abaixo (Tabela 1). O substrato a base de turfa apresenta em sua composição vermiculita, resíduo orgânico

industrial classe A, calcário e turfa. Já o a base de casca de pinus, contem composto orgânico, vermiculita, calcário e casca de pinus.

TABELA 1 – CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E QUÍMICAS DOS SUBSTRATOS UTILIZADOS, A BASE DE TURFA E À CASCA DE PINUS, PARA A PRODUÇÃO DE MUDAS DE *Pinus elliottii* Engelm. E *Pinus taeda* L.

Características físicas		
	Pinus	Turfa
Densidade seca (Kg/m ³)	287,77	204,61
Porosidade total (%)	72,7	79,9
Macroporosidade (%)	25,5	30,4
Microporosidade (%)	47,2	49,5
Características químicas		
	Pinus	Turfa
pH	6,7	5,5
CE (dS.cm ⁻¹)	0,2	0,7
Macronutrientes (g/Kg)		
N	4,81	5,91
P	4,22	2,86
K	7,13	6,12
Ca	5,44	6,36
Mg	32,55	17,56
S	4,39	1,67
Micronutrientes (mg/Kg)		
B	26,21	54,96
Fe	2352,52	1620,32
Cu	28,33	17,45
Mn	1000,12	1872,65
Zn	20,32	6,54

Em que: CE = Condutividade elétrica. FONTE: O autor (2021).

Os recipientes utilizados consistem de três variedades, sendo: Tubetes plásticos (volume de 55 e 110 cm³), PlantPaper® (volume de 55 e 110 cm³) e o SIS BGC® (berço germinador compostável) com 55 cm³. As características, bem como a composição desses recipientes, são demonstradas abaixo (Tabela 2). Quando transcorridos cinco meses, realizou-se a realocação das mudas, prática orientada por Mattei (1993), em conformidade ao estágio final das mudas, aumentando o espaçamento entre elas, eliminando o adensamento excessivo. A metodologia

consistiu na utilização alternada das mudas nas bandejas, ou seja, de modo que cada uma contemplasse apenas 50% das mudas dispostas anteriormente.

TABELA 2 – CARACTERÍSTICAS GERAIS DOS RECIPIENTES UTILIZADOS PARA PRODUÇÃO DE MUDAS DE *Pinus elliottii* Engelm. e *Pinus taeda* L.

Recipientes	Composição principal	Ø superior interno (cm)	Altura (cm)	Estrias internas	Orifícios laterais
Tubete 55 cm ³	Polipropileno	2,8	12	Sim, 6 estrias	Não
Tubete 110 cm ³	Polipropileno	3,7	14	Sim, 8 estrias	Não
PlantPaper® 55 cm ³	Papel – fibras de madeira	3,5	6	Não	Sim
PlantPaper® 110 cm ³	Papel – fibras de madeira	3,5	12	Não	Sim
SIS BGC® 55 cm ³	Carbonato de cálcio	2,8	12	Não	Sim

Em que: Ø = Diâmetro. FONTE: O autor (2021).

3.2.3 Adubação

Para a produção de mudas das espécies de *Pinus* vigente, foi utilizado o Fertilizante de Liberação Controlada, FLC, de 6 meses (Tabela 3).

TABELA 3 – COMPOSIÇÃO QUÍMICA E GRANULOMETRIA DO FERTILIZANTE DE LIBERAÇÃO CONTROLADA UTILIZADO PARA A PRODUÇÃO DE MUDAS DE *Pinus elliottii* Engelm. E *Pinus taeda* L.

Nutrientes	(%)
N	13,00
P ₂ O ₅ [Sol. em CNA + H ₂ O]	6,00
K ₂ O	16,00
MgO	1,40
S	10,00
B	0,02
Cu	0,05
Fe	0,26
Mn	0,06
Mo	0,015
Diâmetro grânulos (mm)	1,5 a 2,8

FONTE: O autor (2021).

A dosagem aplicada consistiu de 2,9 kg/m³, conforme orientações bibliográficas de Neto e Botrel, (2009). Conhecido o volume de substrato necessário a instalação do experimento todo, definiu-se a quantidade (em kg) de FLC correspondente, incorporando-o ao substrato e procedendo uma mistura dos mesmos pelo manuseio manual até uma homogeneidade. Nesse preparo, foi adicionado água para deixar o substrato mais úmido. Dessa maneira, o substrato estava pronto ao acondicionamento nos recipientes, e realizou-se posterior semeadura. A composição química, bem como a granulometria do fertilizante utilizado, é demonstrada acima na tabela 3.

3.2.4 Definição da unidade experimental

A definição da unidade experimental contempla, para cada espécie, uma composição fatorial 2x3, entre substrato (turfa; casca de pinus) e recipiente Tubete plástico; PlantPaper®; SIS BGC®), para volume de 55 cm³, e 2x2, entre substrato (turfa; casca de pinus) e recipiente (Tubete plástico; SIS BGC®), para 110 cm³. Para cada composição fatorial utilizou-se de 5 repetições, as quais apresentavam individualmente 15 amostras, totalizando 75 plantas.

A distribuição do experimento foi de modo aleatório, ou seja, teve-se o delineamento inteiramente casualizado (DIC). Enfim, o experimento totalizou 750 mudas, unidades amostrais em seu todo, para cada espécie de Pinus, totalizando 1.500 mudas para a realização do presente trabalho.

3.2.5 Viveiro Florestal

O experimento foi conduzido em estufa, com cobertura de plástico leitoso. Durante os primeiros 14 dias, fase de germinação das sementes, houve inserção de tela fina para não ocorrência de insetos ou pássaros. Além disso, a estufa apresentava cortina para frio, de tal modo que quando houvesse previsão de geadas, a mesma fosse manuseada para a proteção das mudas.

Em relação ao manejo de irrigação, teve-se uma média de 4 irrigações por dia, com duração que variava as condições climáticas vigentes, entre 10-20 minutos. Para a irrigação foi utilizado microaspersores, com vazão média de 114 litros por hora (L.h⁻¹), sendo esse o manejo realizado até o sétimo mês (210 dias).

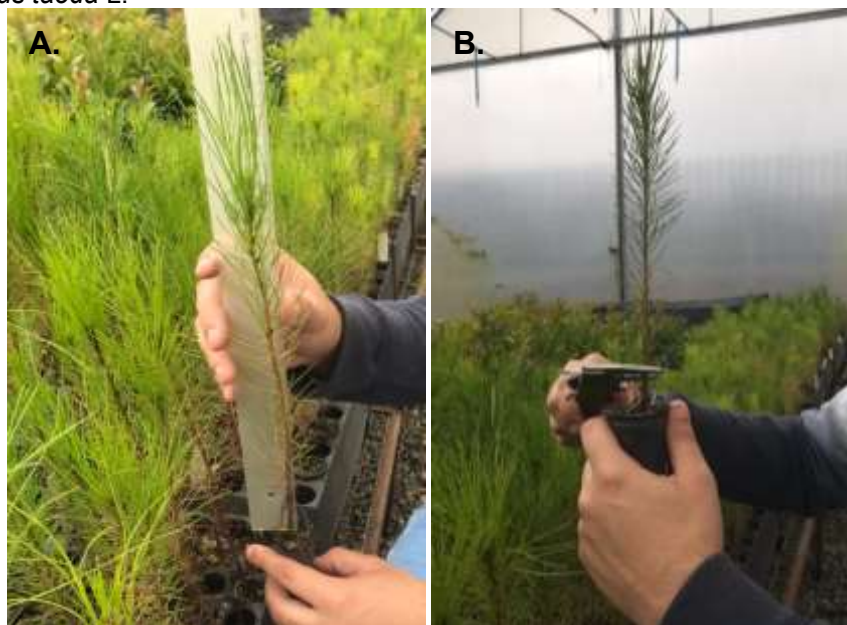
3.3 ANÁLISE EXPERIMENTAL

3.3.1 Variáveis analisadas e avaliações

As variáveis a serem analisadas no experimento foram altura, diâmetro do colo, relação entre altura e diâmetro do colo, massa seca total (raiz e aérea, bem como sua relação), Índice de Qualidade de Dickson (IQD), e facilidade e agregação das raízes.

Para tanto, as variáveis diretamente obtidas foram altura e diâmetro do colo (não destrutivas), e biomassa, facilidade e agregação das raízes (destrutivas), sendo as restantes obtidas indiretamente. Ou seja, relação altura/diâmetro e relação massa seca da parte aérea/raízes, foram quantificadas pela sua razão. Finalmente, o Índice de Qualidade de Dickson (IQD), também variável indireta, foi obtido pela razão entre massa seca total, sendo o denominador a soma das relações altura/diâmetro e massa seca da parte aérea/raízes (GOMES E PAIVA, 2004).

Figura 3 – AVALIAÇÃO DE ALTURA (A) E DIÂMETRO DO COLO (B) DAS MUDAS DE *Pinus elliottii* Engelm. E *Pinus taeda* L.



FONTE: O autor (2021).

Em relação aos parâmetros de avaliação não destrutivos, altura e diâmetro do colo, esses foram levantados mensalmente até o sétimo mês (aproximadamente, 210 dias), até mesmo para a construção do crescimento acumulado em relação ao tempo, utilizando-se de uma régua graduada em centímetros (Figura 3A), e o

paquímetro digital *Electronic Caliper* 1112 (Figura 3B), com precisão de 0,01 milímetros, sendo os dados obtidos transportados a uma planilha base no *software* Excel.

Os parâmetros destrutivos de biomassa, foram realizados ao fim do experimento, sétimo mês, no laboratório de Sementes Florestais, da Universidade Federal do Paraná, em Curitiba, Paraná. Foram escolhidas 5 mudas amostrais por repetição, ou seja, 25 mudas para cada composição fatorial disposta, realizando a lavagem delas, principalmente de suas raízes, com cuidado, para tirar o excesso de substrato. Seguindo a lavagem, ocorreu a separação da parte aérea e das raízes de cada muda, com auxílio de uma tesoura de poda, acondicionando-as em sacos *kraft*. O procedimento posterior se deu pela secagem do material em estufa a 60 °C por 48 horas. Finalmente, os parâmetros de biomassa acondicionados em sacos *kraft* foram pesados, descontando a tara do peso proveniente das embalagens, e a base de dados foi transportada a uma planilha no *software* Excel.

FIGURA 4 – NOTAS PARA A AVALIAÇÃO DO PARÂMETRO AGREGAÇÃO DAS MUDAS DE *Pinus elliottii* Engelm. E *Pinus taeda* L.



FONTE: O autor (2021).

Finalmente, para os parâmetros de facilidade e agregação de raízes, foi utilizada a metodologia descrita por Wendling et al. (2007), utilizando de 5 amostras para cada composição de substrato e recipiente vigente. À facilidade foi atribuído notas de 0 a 10, sendo zero dificuldade máxima e dez o inverso, após bater o tubete na parte superior, três vezes no canto da bandeja. Para agregação das raízes, as

mesmas foram soltas em queda livre a um metro de altura do solo, atribuindo ao torrão uma nota de 0 a 10, em conformidade crescente a sua integridade, ou seja, agregação do substrato. Acima é exemplificado a atribuição de notas para uma das composições, a fim de ilustrar a metodologia empregada (Figura 4).

3.3.2 Análise dos dados

O *software* utilizado para obtenção das análises estatísticas desejadas foi o SISVAR versão 5.8 (*Build* 92). Inicialmente, foi realizado o teste de normalidade para verificação da distribuição normal dos dados, através da metodologia do teste de Shapiro-Wilk, seguido do teste de homogeneidade de variância de Bartlett. As variáveis que não atenderam a premissa de normalidade, apenas a relação massa seca aérea com a massa seca da raiz, para *Pinus elliottii* 55 cm³ e *Pinus taeda* 110 cm³, foram submetidas a transformação dos dados, utilizando da função logarítmica como orientado por Bartlett (1947).

Foi então procedida a análise de variância (ANOVA), e o teste de médias pela aplicação do teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Ao parâmetro crescimento acumulado, foi realizado gráfico com auxílio do *software* Excel, a partir das avaliações mensais de altura e diâmetro.

Outro parâmetro estatístico utilizado para dar maior veracidade quando da análise dos resultados, foi a realização da análise de agrupamento dos componentes, em relação as características morfológicas, pelo método de grupos pareados (UPGMA), utilizando para determinação dos grupos o corte à 50% na distância euclidiana, em conformidade a Albuquerque *et al.* (2006). A ferramenta disposta para tal consistiu do *software* PAST 4.03. Finalmente, para facilidade e agregação das raízes, utilizou-se do valor médio, e desvio padrão, à distribuição de notas.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 *Pinus elliottii* Engelm.

4.1.1 Análise de variância

A análise de variância (ANOVA) inclui os parâmetros finais avaliados, sendo altura (H), diâmetro do colo (DC), relação H/DC, massa seca da parte aérea (MSA), massa seca de raízes (MSR), relação massa seca da parte aérea/raízes (MSA/MSPR), massa seca total (MST), e Índice de Qualidade de Dickson (IQD). Essa caracterização estatística, para as espécies *Pinus elliottii*, está disposta abaixo, sendo distribuída em conformidade as volumetrias de 55 e 110 cm³ (Tabela 4).

TABELA 4 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS PARÂMETROS MORFOLÓGICOS AVALIADOS PARA A PRODUÇÃO DE MUDAS DE *Pinus elliottii* Engelm., EM DIFERENTES COMPOSIÇÕES FATORIAIS, 210 DIAS APÓS SEMEADURA

<i>Pinus elliottii</i> 55 cm ³									
FV	GL	QM							
		H	DC	H/DC	MAS	MSR	MSA/MSR	MST	IQD
S	1	27,411*	0,537**	0,741 ^{ns}	0,427*	0,153**	0,027 ^{ns}	1,091**	0,011**
R	2	5,499 ^{ns}	0,068 ^{ns}	3,212*	0,269*	0,067**	0,044*	0,542**	0,002 ^{ns}
S X R	2	12,260 ^{ns}	0,095 ^{ns}	0,104 ^{ns}	0,251*	0,011 ^{ns}	0,003 ^{ns}	0,354*	0,002 ^{ns}
Erro	24	3,907	0,032	0,6252	0,058	0,007	0,009	0,086	0,001
CV (%)	-	8,96	7,90	8,11	21,09	20,83	20,88	18,97	19,96
<i>Pinus elliottii</i> 110 cm ³									
FV	GL	QM							
		H	DC	H/DC	MAS	MSR	MSA/MSR	MST	IQD
S	1	35,965*	0,955**	1,357 ^{ns}	1,270 ^{ns}	0,130*	0,020 ^{ns}	2,218*	0,019*
R	1	0,001 ^{ns}	0,136 ^{ns}	1,711 ^{ns}	0,039 ^{ns}	0,102 ^{ns}	1,458 ^{ns}	0,269 ^{ns}	0,001 ^{ns}
S X R	1	5,141 ^{ns}	0,206 ^{ns}	0,465 ^{ns}	1,404*	0,022 ^{ns}	0,269 ^{ns}	1,788 ^{ns}	0,010 ^{ns}
Erro	16	69,640	0,087	0,657	0,3125	0,023	0,368	0,438	0,002
CV (%)	-	7,23	10,15	8,09	23,82	21,90	17,61	21,77	22,05

Em que: ^{ns} valor de F não significativo a 5% de probabilidade; * valor de F significativo a 5% de probabilidade; ** valor de F significativo a 1% de probabilidade; CV = coeficiente de variação; FV = fonte de variação; GL = grau de liberdade; R = recipiente; S = substrato. FONTE: O autor (2021).

Embasado na caracterização exposta acima, percebe-se, que de um modo geral, não há interação significativa entre as composições fatoriais substrato e recipiente, ou seja, os fatores são independentes. Exceto para os parâmetros massa seca da parte aérea (MSA) em suas diferentes volumetrias, assim como massa seca

total (MST) em 55 cm³.

Pela análise de variância, verifica-se ainda, que ocorre efeito significativo ($p < 0,05$) na maioria das variáveis analisadas, quando da utilização de diferentes substratos. Com relação aos diferentes recipientes, ocorre menor efeito significativo para as variáveis, mas para as volumetrias de 110 cm³, o efeito significativo ($p < 0,05$) é ausente, o que infere a resultados similares, estatisticamente, quando da utilização de diferentes tipologias. Enfim, os diferentes recipientes e substratos testados, quanto às espécies analisadas, implicam em resultados distintos nos parâmetros morfológicos, o que será melhor detalhado posteriormente, em conformidade ao teste de médias.

Disposto o quadro anova, obteve-se o teste de Tukey, comparando médias. Interações não significativas (fatores independentes) foram comparadas ao nível de médias das marginais do quadro de médias, enquanto interações significativas (fatores dependentes) foram comparadas médias internas do quadrado de médias.

4.1.2 Teste de médias e crescimento acumulado para mudas de 55 cm³

Com relação as variáveis, altura, diâmetro do colo e Índice de Qualidade de Dickson, nota-se que a significância ocorre apenas para o substrato, tendo o composto de turfa melhores resultados. Utilizando desse substrato, as mudas de *Pinus elliottii* apresentam uma altura, diâmetro e IQD, de 23,03 centímetros, 2,41 milímetros e 0,14, respectivamente (TABELA 5).

A relação altura/diâmetro do colo, distintamente, como a ser evidenciado abaixo, apresentou efeito para os recipientes, tendo o Tubete plástico encontrado a maior média, 10,36, e o recipiente PlantPaper® a menor, com 9,23. O parâmetro da relação entre massa seca da parte aérea/raiz, também apresentou significância para os recipientes, mas o valor mais acentuado se deu pela utilização do PlantPaper®, com valor de 3,41, e o menor para SIS BGC®, com 2,52. Diferentemente das outras variáveis, essas estabelecem inversa proporcionalidade a qualidade de mudas, uma vez que a razão menor condiciona uma maior lignificação das mudas, com capacidade maior de sobrevivência no campo (GOMES et al., 2003).

A significância ocorreu para substrato e recipiente, sem interação, na massa seca das raízes, onde apresentou-se um melhor sistema radicial, de 0,49 gramas, quando empregado substrato de turfa, e Tubete plástico. Massa seca da parte aérea

e massa seca total, apresentaram interação entre os fatores, sendo os melhores resultados encontrados para MSA, na interação entre turfa e PlantPaper®, com média de 1,39 gramas, já para MST, teve-se uma biomassa maior para a interação turfa e tubete plástico, caracterizado em 1,95 gramas (Tabela 5).

TABELA 5 – TESTE DE MÉDIA DOS PARÂMETROS MORFOLÓGICOS AVALIADOS PARA A PRODUÇÃO DE MUDAS DE *Pinus elliottii* Engelm., EM DIFERENTES COMPOSIÇÕES FATORIAS, DE 55 CM³, 210 DIAS APÓS A SEMEADURA

Variável	Substrato	Recipiente			Média
		Tubete plástico	PlantPaper®	SIS BGC®	
Altura	Turfa	23,87	23,92	21,29	23,03 A
	Casca de Pinus	21,92	19,81	21,61	21,11 B
	Média	22,89 a	21,87 a	21,45 a	
Diâmetro do colo	Turfa	2,34	2,60	2,28	2,41 A
	Casca de Pinus	2,09	2,13	2,19	2,14 B
	Média	2,21 a	2,37 a	2,23 a	
H/DC	Turfa	10,20	9,18	9,39	9,59 A
	Casca de Pinus	10,51	9,28	9,91	9,90 A
	Média	10,36 a	9,23 b	9,65 ab	
MAS	Turfa	1,38 Aab	1,39 Aa	1,00 Ab	-
	Casca de Pinus	1,26 Aa	0,79 Bb	1,00 Aab	-
	Média	-	-	-	
MSR	Turfa	0,57	0,43	0,43	0,48 A
	Casca de Pinus	0,41	0,23	0,37	0,34 B
	Média	0,49 a	0,33 b	0,40 ab	
MSA/MSR	Turfa	2,47	3,32	2,30	2,70 A
	Casca de Pinus	3,07	3,51	2,74	3,11 A
	Média	2,77 ab	3,41 a	2,52 b	
MST	Turfa	1,95 Aa	1,82 Aab	1,44 Ab	-
	Casca de Pinus	1,68 Aa	1,02 Bb	1,37 Aab	-
	Média	-	-	-	
IQD	Turfa	0,15	0,15	0,12	0,14 A
	Casca de Pinus	0,12	0,08	0,11	0,10 B
	Média	0,14 a	0,11 a	0,12 a	

Em que: letras maiúsculas comparam substrato (linhas) dentro de cada recipiente (colunas) e letras minúsculas comparam recipientes (colunas) dentro de cada substrato (linhas). Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. FONTE: O autor (2021).

É preconizado pela EMBRAPA (2020), que mudas de *Pinus* com padrão adequado ao plantio, devem apresentar os seguintes níveis críticos: altura da parte aérea entre 15 a 30 centímetro, diâmetro do colo de 3 a 4 milímetros, e sistema radicular sadio, ocupando a área interna do recipiente, e apresentando de maneira abundante micorrizas e coloração branca. Caracterização essa, para altura e

diâmetro, que Sturion et al. (2000), corrobora. A produção de mudas de *Pinus elliottii* no volume de 55 cm³, atendeu os parâmetros descritos acima, entretanto, o diâmetro do colo ficou abaixo do determinado pela instituição de pesquisa, o que sugere a princípio, a maior rustificação das mudas, para posterior plantio, necessitando de melhor nível de qualidade. Finalmente, para a relação MSA/MSR, os resultados obtidos convergem ao determinado por Carneiro (1995), com valor médio entre 1,0 a 3,0, que traz um melhor desempenho da muda em escala de campo e nível satisfatório de qualidade.

Foi possível verificar que o substrato a base de turfa está condicionado, de um modo geral, a um melhor crescimento para as mudas de *Pinus elliottii*, em 55 cm³. Isso pode ser justificado, conforme Wendling et al. (2002), pelas diferenças entre as propriedades físicas e químicas de cada substrato, que variam em conformidade a sua origem e a proporção de seus componentes.

A porosidade (espaço ocupado por água, ar e raízes) é fundamental ao crescimento das mudas em função do sistema radicial exigir alto fornecimento de oxigênio e remoção do gás carbônico formado, devendo o substrato ser suficientemente poroso para a manutenção eficiente das trocas gasosas (KÄMPF, 2005). Além dessas, os poros condicionam o movimento de água e o padrão de drenagem, devendo a porosidade total estar condicionada a faixa de 85%, para não haver limitação ao crescimento das plantas pelo volume (DE BOODT E VERDONCK, 1972). Paralelamente, Lemaire (1995) sugere valores entre 75 a 90%, findando uma melhor aeração, infiltração de água e drenagem.

Logo, uma das justificativas ao encontro de melhor desempenho morfológico pelo uso de substrato a base de turfa, reside em sua maior porosidade total (79,9%), em relação ao substrato a base de casca de pinus (72,7%), como disposto na Tabela 1, e mais próximo aos valores eficientes de porosidade total, configurados pela literatura em relação a porosidade total

A microporosidade traduz a capacidade de retenção de água a uma coluna de 10 centímetros, Kratz e Wendling (2016), portanto, a maior microporosidade atribuída a turfa (49,5%) caracteriza uma maior capacidade de retenção para esse substrato. Outra evidência da melhor capacidade de retenção de água, é atribuída a alta porosidade total associada a baixa densidade (BARBOSA, 2018), que está melhor condicionada ao substrato orgânico em questão.

O manejo de irrigação utilizado, não diferiu para os substratos durante a condução do experimento. Conforme Lopes et al. (2007), substratos de alta capacidade de retenção necessitam de menor número de irrigações, portanto, uma justificativa para os distintos resultados, pode ser que o manejo hídrico utilizado, não atendeu com a mesma eficiência a capacidade de retenção de água necessária ao substrato a base de casca de pinus, o que evidencia a necessidade de manejos de irrigação específicos para essas diferentes tipologias de substrato (SIMÕES et al., 2012). Nesse caso, mais um atributo benéfico a utilização do substrato de turfa, é sua maior autonomia em relação ao manejo de irrigação, justificado pela sua maior capacidade de retenção, com necessidades de intensidade e frequência de irrigação reduzidos, traduzindo-se em um menor custo e um fator mais sustentável (menor utilização de água).

A caracterização física dos substratos é relevante frente as químicas, em função dessas últimas poderem ser corrigidas no viveiro a partir de adubações, por exemplo (GOMES E PAIVA, 2004). Além do que, como evidenciado na Tabela 1, os valores são semelhantes em relação a caracterização química, e ainda que maiores para macronutrientes e micronutrientes no substrato a base de casca de pinus, o crescimento das mudas se deu melhor no substrato a base de turfa, demonstrando a importância do aspecto físico frente ao químico para melhor crescimento.

Quanto a recipientes, ainda que visto a significância para determinados parâmetros, isso ocorreu de maneira isolada, ou seja, para três variáveis, nas quais, inclusive, o melhor resultado foi encontrado para recipientes diferentes, sendo o PlantPaper® para a relação altura/diâmetro, o SIS BGC® para a relação massa seca da parte aérea/raiz e o tubete plástico para massa seca de raízes. Além disso, ocorreu interação entre os fatores para duas variáveis, que novamente ao emprego de uma composição fatorial melhor, diferiram. Ou seja, esses parâmetros restantes que caracterizaram melhores resultados em combinações distintas, não devem ser avaliados conforme os fatores configurados, uma vez que nenhuma variável deve ser utilizada isoladamente como critério da decisão para determinação de qualidade de muda, em função da dependência que as variáveis apresentam (STURION E ANTUNES, 2000).

Entretanto, há uma consideração a ser feita para a variável massa seca das raízes, pelo menor crescimento obtido para o sistema radicial, do ponto de vista estatístico, quando da utilização de recipientes biodegradáveis. Conforme latauro

(2004), e ainda, Ferraz e Cereda (2010), recipientes biodegradáveis muita das vezes estão atribuídos a uma perda de água natural pelo ambiente, a partir da maior área para evaporação associada a transpiração, evidenciando o menor crescimento em relação às mudas precedidas de tubete plástico. Porém, pela inconformidade a outras variáveis e ao configurado por Sturion e Antunes (2000), não há como preponderar individualmente essa variável para a viabilidade do tubete de plástico em detrimento dos biodegradáveis.

Portanto, a produção de mudas de *Pinus elliottii* em recipiente de 55 cm³, em conformidade aos resultados obtidos (Tabela 5), e a inviabilidade de comparação de maneira isolada por parte das variáveis, pode ser precedida tanto de Tubete plástico, como PlantPaper® e SIS BGC®. Tal resultado indica que a utilização por parte de qualquer um desses três, não compromete a qualidade das mudas quanto a sua vida útil no viveiro, embasada em seus parâmetros morfológicos.

A melhor indicação em relação ao uso dessas metodologias, deve ser embasada em fatores econômicos (como custos e processos de produção, insumos necessários, vida útil do produto), sociais (como ergonomia para os trabalhadores) e ambientais (como sustentabilidade).

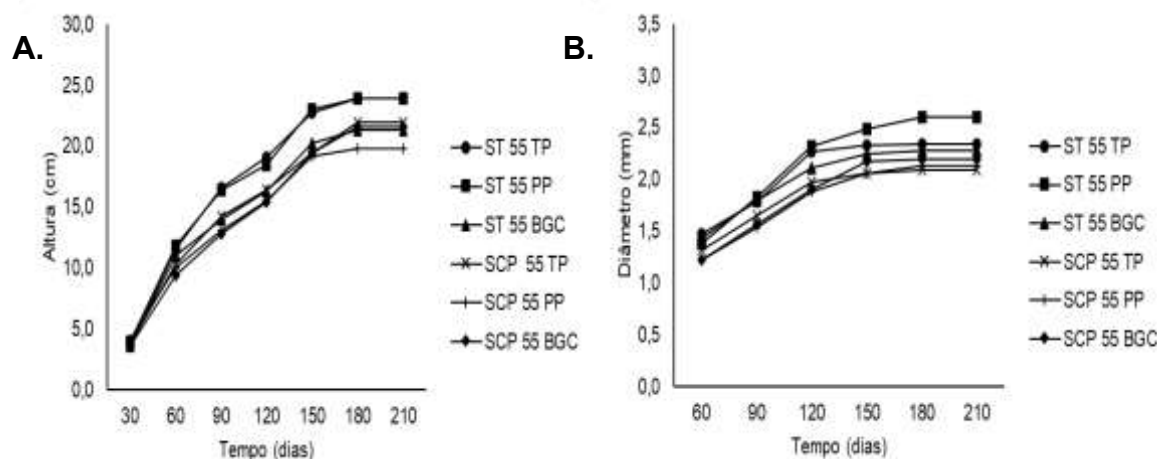
Como disserta Junior (2013), atribuído a questões como a baixa degradação do plástico e a exigência crescente da comunidade e órgãos certificadores de produtos e processos, há um incentivo em relação ao uso de tubetes biodegradáveis (PlantPaper® e SIS BGC®), até mesmo porque, elimina custos no processo e traz resultados satisfatórios, como visualizado anteriormente. No entanto, necessita da compra de recipientes, tem a questão de sua estocagem e o fato da matéria prima ser mais cara.

O crescimento acumulado de altura e diâmetro do colo, em relação ao tempo, exprime melhor caracterização para a composição turfa e PlantPaper®, bem como turfa e Tubete plástico, durante toda a condução e avaliações mensais do experimento, o que além de evidenciar coerência ao encontrado e dissertado acima, exprime o potencial desse substrato desde o princípio, muito provavelmente atribuído as suas características físicas (Figura 5).

Uma característica a ser evidenciada no gráfico abaixo, é a estabilização do crescimento em altura e diâmetro, sendo para o primeiro a partir do sexto mês, e para o segundo desde o quinto, logo, há um indício de que as mudas já estão prontas a serem levadas a campo, sendo o viveiro um fator limitante para a nova

fase de crescimento, esbarrando na conformidade da EMBRAPA (2020), em relação ao diâmetro entre 3 a 4 milímetros para condição adequada ao plantio, e o pressuposto de continuidade das mudas no viveiro até atingir esse padrão.

FIGURA 5 – CRESCIMENTO ACUMULADO DE ALTURA (A) E DIÂMETRO DO COLO (B) EM RELAÇÃO AO TEMPO DE MUDAS DE *Pinus elliottii* Engelm. EM 55 CM³



Em que: ST = Substrato Turfa; SCP = Substrato Casca de Pinus; TP = Tubete Plástico; PP = PlantPaper®; SIS BGC® = Sistema Inteligente Sustentável Berço Germinador Compostável; Números representam volumetrias em cm³. FONTE: O autor (2021).

4.1.3 Teste de médias e crescimento acumulado para mudas de 110 cm³

Como evidenciado na tabela 6, para os parâmetros altura, diâmetro do colo, massa seca de raízes, massa seca total e Índice de Qualidade de Dickson, houve uma distinção significativa ao nível de substrato. Os melhores valores encontrados, preconizando-se a qualidade de mudas, remetem ao substrato de turfa, obtendo-se uma altura de 30,21 centímetros, diâmetro do colo de 3,12 milímetros, massa seca de raízes de 0,77 gramas, massa seca total de 3,38 gramas e Índice de Qualidade de Dickson de 0,26, sendo esses os valores médios.

As variáveis pelas quais há relação, ou seja, H/DC e MSA/MSR, não há significância para os fatores, não havendo distinção ao emprego de diferentes substratos e recipientes, encontrando valores médios entre 9,72 a 10,30, para a primeira variável, e 3,18 a 3,72, para a segunda. Massa seca da parte aérea apresentou efeito significativo para a interação entre substrato e recipiente, tendo maior média a composição turfa e PlantPaper®, com 2,82 gramas (TABELA 6).

A partir de então, é possível inferir que a produção de mudas da espécie, em

recipientes de 110 cm³, atinge melhor nível de qualidade quando precedido o substrato a base de turfa, não encontrando diferença a nível de recipientes, e à maioria da interação dos fatores.

TABELA 6 – TESTE DE MÉDIA DOS PARÂMETROS MORFOLÓGICOS AVALIADOS PARA A PRODUÇÃO DE MUDAS DE *Pinus elliottii* Engelm., EM DIFERENTES COMPOSIÇÕES FATORIAS, DE 110 CM³, 210 DIAS APÓS A SEMEADURA

Variável	Substrato	Recipiente		Média
		Tubete plástico	PlantPaper®	
Altura	Turfa	29,71	30,71	30,21 A
	Casca de Pinus	28,03	27,01	27,52 B
	Média	28,87 a	28,85 a	
Diâmetro do colo	Turfa	2,94	3,31	3,12 A
	Casca de Pinus	2,71	2,67	2,69 B
	Média	2,82 a	2,99 a	
H/DC	Turfa	10,20	9,31	9,75 A
	Casca de Pinus	10,41	10,13	10,27 A
	Média	10,30 a	9,72 a	
MAS	Turfa	2,38 Aa	2,82 Aa	-
	Casca de Pinus	2,40 Aa	1,79 Ba	-
	Média	-	-	
MSR	Turfa	0,81	0,74	0,77 A
	Casca de Pinus	0,72	0,51	0,61 B
	Média	0,76 a	0,62 a	
MSA/MSR	Turfa	3,03	3,80	3,41 A
	Casca de Pinus	3,32	3,63	3,48 A
	Média	3,18 a	3,72 a	
MST	Turfa	3,19	3,56	3,38 A
	Casca de Pinus	3,12	2,29	2,71 B
	Média	3,16 a	2,93 a	
IQD	Turfa	0,24	0,27	0,26 A
	Casca de Pinus	0,23	0,17	0,20 B
	Média	0,24 a	0,22 a	

Em que: letras maiúsculas comparam substrato (linhas) dentro de cada recipiente (colunas) e letras minúsculas comparam recipientes (colunas) dentro de cada substrato (linhas). Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. FONTE: O autor (2021).

Como justificado anteriormente, esse resultado está atribuído possivelmente a melhor caracterização física desse substrato, através de variáveis como porosidade total e capacidade de retenção de água. Inclusive, a partir da diferença visualizada entre a microporosidade dos dois substratos, sendo turfa 49,5% e casca de pinus 47,2%, infere-se que esse último substrato carece de maiores ajustes no manejo hídrico a fim de apresentar o mesmo nível de qualidade obtido pelo outro

substrato, para suas características morfológicas. Já a decisão da escolha do recipiente, pode-se atribuir a outros fatores que devem ser levados em consideração sob a ótica dos viveiros florestais, como custo de produção, vida útil, questões econômicas, ambientais entre outros, uma vez que em relação a qualidade das mudas, não há uma distinção estatística nos parâmetros a serem avaliados, quando do uso dos dois recipientes.

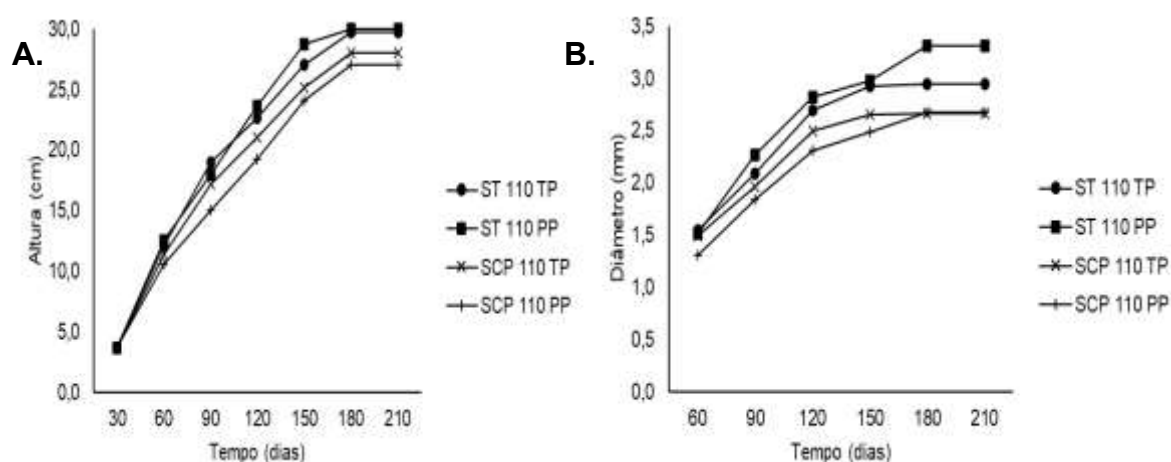
Em relação a variável MSA, ainda que nenhuma variável deva ser utilizada isoladamente como critério de decisão para a determinação de qualidade de muda, ela traz uma observação relevante. Apresentando interação entre os fatores, turfa conjuntamente a PlantPaper® traz melhor resultado, ao passo que dessa interação, quando precedido casca de pinus há o cenário inverno, o que pode ser atribuído a menor capacidade de retenção do mesmo, e a disposição casca de pinus e PlantPaper® não caracterizar o mesmo potencial das paredes do substrato visto para turfa e PlantPaper®, propiciando déficit hídrico em função da alta permeabilidade dos recipientes biodegradáveis (FERRAZ E CEREDA, 2010). Portanto, deve-se chamar atenção a interação proveniente a essa composição, pois o peso da matéria seca da parte aérea traduz um indicativo da capacidade de resistência das mudas (NOVAES et al., 2002).

As mudas atingem a determinação da EMBRAPA (2020), como aptas ao plantio, uma vez que a altura da parte aérea se caracteriza entre os valores médios de 15 a 30 centímetros, diâmetro do colo de 3 a 4 milímetros, e sistema radicular desenvolvido, bem como condiz as determinações de altura, para *Pinus elliottii*, descritas por Bacon et al. (1977) e Sturion et al. (2000). Entretanto, o valor de diâmetro do colo só é atingido quando empregado substrato a base de turfa, o que corrobora esse substrato como melhor à qualidade de mudas vigentes. Quando o substrato utilizado for a base de casca de pinus, alguns dos fatores que podem ser empregados visando uma melhor qualidade de muda produzida, são o maior regime de irrigação pela caracterização física desse substrato, como sua porosidade total e capacidade de retenção de água, assim como maior permanência no viveiro até que se alcance os parâmetros determinados para campo, o que implica em maiores custos quando em comparação ao uso do outro substrato.

Como evidenciado no gráfico abaixo, as curvas de crescimento acumulado de altura e diâmetro do colo em relação ao tempo, confirmam o exposto pela literatura, inferência que pode ser obtida através da estabilidade a que estão sujeitas

as curvas, ao se aproximar do sexto mês, demonstrando a limitação de crescimento das mudas de *Pinus elliottii* em volume de 110 cm³, frente sua continuidade no viveiro. No entanto, o manejo hídrico poderia ser ainda melhor empregado, para casca de pinus, visando valores mais competitivos aos encontrados pela turfa, que a propósito, demonstra o melhor desempenho durante todo o transcorrer do crescimento das mudas, estreitando relação ao obtido pelo teste de médias.

FIGURA 6 – CRESCIMENTO ACUMULADO DE ALTURA (A) E DIÂMETRO DO COLO (B) EM RELAÇÃO AO TEMPO DE MUDAS DE *Pinus elliottii* Engelm EM 110 CM³



Em que: ST = Substrato Turfa; SCP = Substrato Casca de Pinus; TP = Tubete Plástico; PP = PlantPaper®; SIS BGC® = Sistema Inteligente Sustentável Berço Germinador Compostável; Números representam volumetrias em cm³. FONTE: O autor (2021).

4.2 *Pinus taeda* L.

4.2.1 Análise de variância

Realizado para os parâmetros altura (H), diâmetro do colo (DC), relação H/DC, massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca de raízes (MSR), relação massa seca da parte aérea/raízes (MSA/MSPR), massa seca total (MST), e Índice de Qualidade de Dickson (IQD), a análise de variância para a espécie *Pinus taeda*, é disposta em conformidade aos volumes 55 e 110 cm³ (Tabela 7).

Os fatores são majoritariamente independentes, ou seja, na maioria dos casos não há interação entre as composições fatoriais. No entanto, a independência é visualizada para a variável diâmetro do colo (DC), nos dois volumes, assim como para a altura (H) no recipiente de 55 cm³.

Outro desmembramento da análise de variância, tabela 7, é o efeito significativo ($p < 0,05$) para as variáveis analisadas pelo uso de distintos substratos e recipientes. O primeiro encontra-se mais presente, e o segundo mais ausente, caracterizando maior e menor, respectivamente, distinção ao nível dos componentes utilizados. Aos diferentes recipientes e substratos testados, obtém-se distintos parâmetros morfológicos, sendo essa temática melhor discorrida na continuidade do presente trabalho, com auxílio do teste de médias, Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

TABELA 7 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS PARÂMETROS MORFOLÓGICOS AVALIADOS PARA A PRODUÇÃO DE MUDAS DE *Pinus taeda* L., EM DIFERENTES COMPOSIÇÕES FATORIAIS, 210 DIAS APÓS SEMEADURA

<i>Pinus taeda</i> 55 cm ³									
FV	GL	QM							
		H	DC	H/DC	MSPA	MSR	MSPA/MSR	MST	IQD
S	1	8,269 ^{ns}	0,768 ^{**}	4,832 ^{**}	0,298 [*]	0,045 ^{ns}	0,197 ^{ns}	0,591 [*]	0,008 ^{**}
R	2	10,619 [*]	0,428 ^{**}	1,212 [*]	0,327 [*]	0,097 ^{**}	0,407 ^{ns}	0,780 ^{**}	0,006 ^{**}
S X R	2	12,792 [*]	0,165 [*]	0,159 ^{ns}	0,173 ^{ns}	0,011 ^{ns}	2,137 ^{ns}	0,160 ^{ns}	0,001 ^{ns}
Erro	24	2,978	0,033	0,317	0,062	0,011	0,696	0,085	0,001
CV (%)	-	9,86	8,85	6,60	22,44	25,95	28,95	19,19	20,05
<i>Pinus taeda</i> 110 cm ³									
FV	GL	QM							
		H	DC	H/DC	MSPA	MSR	MSPA/MSR	MST	IQD
S	1	5,832 ^{ns}	0,456 [*]	2,211 ^{**}	0,929 ^{ns}	0,2122 [*]	0,015 ^{ns}	2,061 [*]	0,259 ^{**}
R	1	14,416 ^{ns}	0,375 [*]	0,362 ^{ns}	0,055 ^{ns}	0,2645 ^{**}	0,190 ^{**}	0,082 ^{ns}	0,003 ^{ns}
S X R	1	11,461 ^{ns}	0,298 [*]	0,253 ^{ns}	0,045 ^{ns}	0,001 ^{ns}	0,001 ^{ns}	0,061 ^{ns}	0,001 ^{ns}
Erro	16	4,601	0,061	0,239	0,255	0,030	0,107	0,394	0,003
CV (%)	-	9,94	10,23	5,46	25,92	26,34	21,28	24,13	25,11

Em que: ^{ns} valor de F não significativo a 5% de probabilidade; ^{*} valor de F significativo a 5% de probabilidade; ^{**} valor de F significativo a 1% de probabilidade; CV = coeficiente de variação; FV = fonte de variação; GL = grau de liberdade; R = recipiente; S = substrato. FONTE: O autor (2021).

4.2.2 Teste de médias e crescimento acumulado para mudas de 55 cm³

Configurado na tabela 8, as duas primeiras variáveis, altura e diâmetro do colo, apresentam interação entre os fatores, ou seja, as composições dispostas apresentam diferenças ao nível de 5% de probabilidade. A melhor caracterização para esses parâmetros se dá pela configuração substrato de turfa e recipiente PlantPaper®, com valores médios de 20,29 centímetros para altura e 2,59 milímetros para diâmetro.

Massa seca das raízes não encontra significância para nenhum fator, assim como para a interação entre eles, obtendo-se um valor médio entre 0,29 a 0,48 gramas. O que também ocorre com a relação da massa seca da parte aérea/massa seca das raízes, ocorrendo valores médios entre 2,66 e 3,05 (TABELA 8).

Ao nível de substrato, há uma significância para H/D, MSA, MST e IQD. Essas quatro variáveis, descrevem melhores resultados quando utilizado substrato de turfa. Relação altura/diâmetro, massa seca da parte aérea, massa seca total e Índice de Qualidade de Dickson apresentam, respectivamente, valores de 8,13, 1,21 gramas, 1,65 gramas e 0,15, para o melhor substrato.

TABELA 8 – TESTE DE MÉDIA DOS PARÂMETROS MORFOLÓGICOS AVALIADOS PARA A PRODUÇÃO DE MUDAS DE *Pinus taeda* L., EM DIFERENTES COMPOSIÇÕES FATORIAS, DE 55 CM³, 210 DIAS APÓS A SEMEADURA

Variável	Substrato	Recipiente			Média
		Tubete plástico	PlantPaper®	SIS BGC®	
Altura	Turfa	17,77 Aab	20,29 Aa	16,03 Ab	-
	Casca de Pinus	17,35 Aa	16,73 Ba	16,87 Aa	-
	Média	-	-	-	-
Diâmetro do colo	Turfa	2,15 Ab	2,59 Aa	1,94 Ab	-
	Casca de Pinus	1,94 Aa	1,98 Ba	1,80 Aa	-
	Média	-	-	-	-
H/DC	Turfa	8,29	7,83	8,27	8,13 B
	Casca de Pinus	8,99	8,45	9,36	8,93 A
	Média	8,64 ab	8,14 b	8,81 a	
MAS	Turfa	1,40	1,08	1,14	1,21 A
	Casca de Pinus	1,06	0,72	1,25	1,01 B
	Média	1,23 a	0,90 b	1,19 a	
MSR	Turfa	0,55	0,30	0,49	0,44 A
	Casca de Pinus	0,42	0,29	0,39	0,37 A
	Média	0,48 a	0,29 b	0,44 a	
MSA/MSR	Turfa	2,65	3,63	2,61	2,96 A
	Casca de Pinus	2,67	2,47	3,27	2,80 A
	Média	2,66 a	3,05 a	2,94 a	
MST	Turfa	1,95	1,39	1,63	1,65 A
	Casca de Pinus	1,48	1,01	1,64	1,38 B
	Média	1,72 a	1,20 b	1,63 a	
IQD	Turfa	0,18	0,12	0,15	0,15 A
	Casca de Pinus	0,13	0,09	0,13	0,12 B
	Média	0,15 a	0,11 b	0,14 a	

Em que: letras maiúsculas comparam substrato (linhas) dentro de cada recipiente (colunas) e letras minúsculas comparam recipientes (colunas) dentro de cada substrato (linhas). Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. FONTE: O autor (2021).

Paralelamente, ao nível de recipiente, a significância ($p < 0,05$) é visualizada para os parâmetros H/D, MSA, MSR, MST e IQD. A caracterização mais quantitativa dessas variáveis se dá pelo emprego de Tubete plástico e SIS BGC®, que não apresentam diferença estatística, obtendo valores de 1,23 e 1,19 gramas para massa seca da parte aérea, respectivamente, 0,48 e 0,44 gramas para massa seca de raízes, 1,72 e 1,63 gramas para massa seca total, e 0,15 e 0,14 para índice de Qualidade de Dickson. Para H/D, pela inversa proporcionalidade à qualidade de mudas, encontra-se valores médio de 8,14 para recipientes PlantPaper®.

Do ponto de vista da interação entre substrato e recipiente, houve um melhor desempenho no diâmetro e altura, com a composição turfa e PlantPaper®. A justificativa reside possivelmente nas melhores propriedades físicas do substrato em questão, como demonstrado na tabela 1 e descrito anteriormente, conjuntamente ao recipiente PlantPaper®. Assim como, por sua composição majoritária de papel – fibras de madeira e orifícios, que promovem um diferencial considerável na saúde das raízes das mudas, conforme Vigo (2017), e melhor fluxo de ar no sistema radicular, permitindo o crescimento de raízes finas sem restrições, de acordo com PlantPaper® (2019), o que auxilia na obtenção de melhores resultados para altura e diâmetro. Outro fator a ser explícito, é a configuração que a interação do substrato em questão, favorece benéficamente às paredes do recipiente biodegradável, evitando o fenômeno “esponja” indesejável e que promove o déficit hídrico comumente visualizado ao recipiente biodegradável (latauro, 2004). Além disso, a relação H/D, variável sem interação, corrobora essa composição, ao nível de significância para os fatores substrato e recipiente, caracterizado pela maior lignificação da muda, e maior qualidade pelo potencial de capacidade em sobreviver no campo (GOMES et al., 2004).

Levando em consideração o substrato, disposto individualmente, novamente o analisado é que o a base de turfa, apresenta, de uma maneira geral, melhor nível de qualidade às mudas de Pinus, nesse caso à espécie *Pinus taeda*. Tal justificativa, como já discorrido anteriormente, reside nas suas melhores propriedades físicas em comparação as caracterizadas para casca de pinus, conforme tabela 1 (porosidade total e capacidade de retenção), com consequência direta no regime de manejo. Para recipientes, o Tubete plástico e o SIS BGC® encontraram, majoritariamente, melhor desempenho para os aspectos morfológicos analisados, avaliando-se o fator isoladamente. A justificativa pode ser atribuída às estrias internas que o tubete

plástico apresenta, direcionando as raízes ao fundo do recipiente, evitando enovelamento e o desenvolvimento em forma espiral, implicando na boa formação do sistema radicular (DAVIDE E FARIA, 2008). O SIS BGC®, também configura o direcionamento das raízes, possibilitando resultados semelhantes ao nível do componente radicial (NETO, 2018).

Portanto, a produção de mudas de *Pinus taeda* 55 cm³, em relação a recipientes, ocorre de acordo com diferentes arranjos desdobrados em diferentes parâmetros morfológicos. Utilizando das variáveis correlacionadas a massa seca e Índice de Qualidade de Dickson, há um melhor condicionamento a qualidade de mudas quando utilizado Tubete plástico e SIS BGC®, uma vez que o peso de matéria seca da parte aérea é um bom parâmetro para determinação da qualidade de mudas, assim como seus outros parâmetros de matéria seca (SCHMIDT-VOGT, 1966; CARNEIRO, 1976). Além do que, o Índice de Qualidade de Dickson, constitui-se da variável com a maior quantidade de atributos da muda, conforme José (2003), e leva em consideração a robustez e o equilíbrio da distribuição da biomassa da muda (GOMES E PAIVA, 2004).

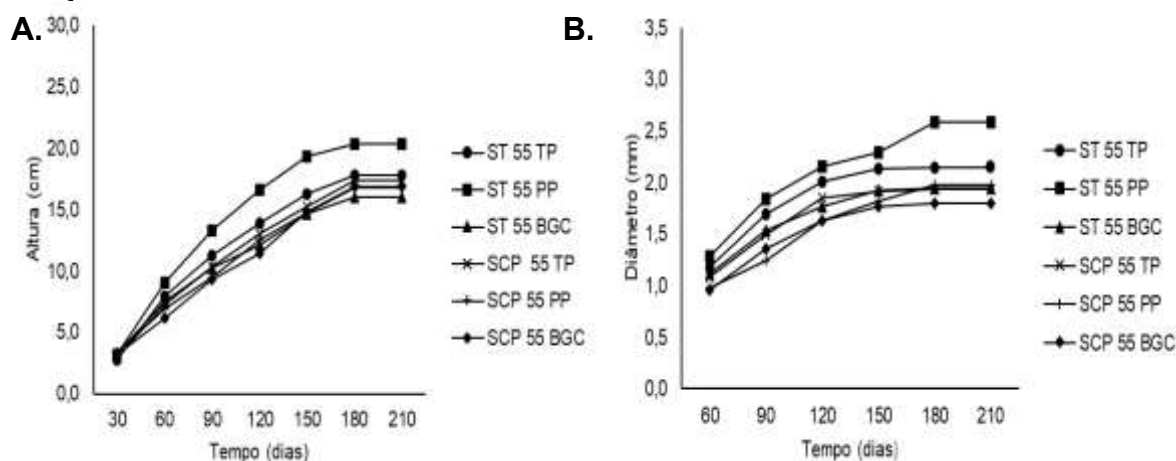
Entretanto, ao nível das variáveis de crescimento em altura e diâmetro, a partir de sua interação, bem como da variável de sua relação, ocorre uma predileção pelo recipiente PlantPaper®, principalmente quando estabelecido a interação com a composição de substrato de turfa, pelo potencial fator benéfico às paredes do recipiente em questão, proporcionando menor déficit hídrico e menor perda em relação a evaporação associada a transpiração. Esses parâmetros, conforme Daniel et al. (1997), são os mais observados, e de fácil obtenção a qualidade de mudas no campo, além do que se consta de método não destrutivo. Ou seja, precedidos de independência, os recipientes Tubete plástico e SISBGC®, apresentam melhor resultado a produção de mudas, ao passo que quando da dependência dos fatores, ou seja interação, ocorre melhor desempenho de produção para PlantPaper® conjuntamente a turfa.

Dentro do critério estabelecido pela EMBRAPA (2020), as mudas apresentam padrão adequado ao plantio para altura da parte aérea e sistema radicular, mas não para diâmetro do colo. Os valores encontrados no trabalho, para essas variáveis, condizem aos determinados por Carneiro (1976), com 15 centímetros de altura, e 2,3 milímetros para diâmetro do colo. Thomas (2007) encontrou 2,67 milímetros para diâmetro do colo, 10,7 para relação altura/diâmetro

do colo, 1,76 gramas para massa seca da parte aérea e 0,56 gramas para massa seca de raízes. Além disso, há coerência aos resultados obtidos por Carneiro (1996), para MSA/MSR, com equilíbrio na faixa entre 1,0 a 3,0. Valores esses que demonstram a versatilidade das variáveis morfológicas frente as composições que se utiliza, e ao manejo realizado, encontrando conformidade ou não, de acordo a adoção semelhante dessas práticas, logo, a necessidade por maneja-las sob a ótica da tecnologia a fim de obter maior qualidade para a produção de mudas.

Plotando o crescimento acumulado das variáveis altura e diâmetro do colo em relação ao tempo, é possível perceber novamente a estabilidade a que as mudas estão submetidas pela sua permanência em viveiro. Logo, não há uma falta de conformidade para plantio ao campo, e a sua permanência consta-se de um fator limitante ao crescimento das mudas. Outra evidência interessante, é o melhor crescimento acumulado durante toda a condução do experimento, para a composição turfa e PlantPaper®, fenômeno que converge ao teste de médias configurado, e justificado pela interação entre esses componentes para altura e diâmetro do colo (Figura 7).

FIGURA 7 – CRESCIMENTO ACUMULADO DE ALTURA (A) E DIÂMETRO DO COLO (B) EM RELAÇÃO AO TEMPO DE MUDAS DE *Pinus taeda* L. EM 55 CM³



Em que: ST = Substrato Turfa; SCP = Substrato Casca de Pinus; TP = Tubete Plástico; PP = PlantPaper®; SIS BGC® = Sistema Inteligente Sustentável Berço Germinador Compostável; Números representam volumetrias em cm³. FONTE: O autor (2021).

4.2.3 Teste de médias e crescimento acumulado para mudas de 110 cm³

As variáveis H e MSA, não encontram significância alguma, obtendo para suas variáveis valores médios entre 20,72 a 22,42 centímetros, e 1,73 a 2,16

gramas, respectivamente. Ainda há interação entre os fatores ocorre para diâmetro do colo, caracterizando a composição turfa e PlantPaper®, como mais benéfica ao seu crescimento, com valor de 2,83 milímetros. (TABELA 9).

TABELA 9 – TESTE DE MÉDIA DOS PARÂMETROS MORFOLÓGICOS AVALIADOS PARA A PRODUÇÃO DE MUDAS DE *Pinus taeda* L., EM DIFERENTES COMPOSIÇÕES FATORIAS, DE 110 CM³, 210 DIAS APÓS A SEMEADURA

Variável	Substrato	Recipiente		Média
		Tubete plástico	PlantPaper®	
Altura	Turfa	20,51	23,72	22,11 A
	Casca de Pinus	20,94	21,12	21,03 A
	Média	20,72 a	22,42 a	
Diâmetro do colo	Turfa	2,31 Ab	2,83 Aa	-
	Casca de Pinus	2,26 Aa	2,29 Ba	-
	Média	-	-	
H/DC	Turfa	8,87	8,37	8,62 B
	Casca de Pinus	9,31	9,26	9,29 A
	Média	9,09 a	8,82 a	
MAS	Turfa	2,06	2,26	2,16 A
	Casca de Pinus	1,73	1,74	1,73 A
	Média	1,89 a	2,00 a	
MSR	Turfa	0,87	0,65	0,76 A
	Casca de Pinus	0,67	0,43	0,55 B
	Média	0,77 a	0,54 b	
MSA/MSR	Turfa	2,37	3,78	3,08 A
	Casca de Pinus	2,58	4,20	3,39 A
	Média	2,48 b	3,99 a	
MST	Turfa	2,93	2,91	2,92 A
	Casca de Pinus	2,40	2,16	2,28 B
	Média	2,67 a	2,54 a	
IQD	Turfa	0,26	0,24	0,25 A
	Casca de Pinus	0,20	0,16	0,18 B
	Média	0,23 a	0,20 a	

Em que: letras maiúsculas comparam substrato (linhas) dentro de cada recipiente (colunas) e letras minúsculas comparam recipientes (colunas) dentro de cada substrato (linhas). Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. FONTE: O autor (2021).

Com relação a significância para substratos ($p < 0,05$), demonstrado acima, ela é apresentada para os seguintes parâmetros, H/D, MSR, MST e IQD, novamente, obtendo melhor qualidade de muda quando precedido o uso do substrato a base de turfa. A relação altura/diâmetro do colo apresenta valor de 8,62, já a massa seca de raízes 0,76 gramas, massa seca total 2,92 gramas, e Índice de Qualidade de Dickson 0,25. Já para recipientes, ocorre significância nos parâmetros

MSA/MSR e MSR, obtendo o Tubete plástico melhores resultados com 2,48 e 0,77 gramas, respectivamente.

Assim como visualizado quando da utilização em volumetria 55 cm³, a produção de mudas de *Pinus taeda* em recipientes de 110 cm³, alcança melhores resultados e nível de qualidade de muda para o substrato turfa, em função de sua caracterização física e regime de manejo utilizado.

Já para os recipientes, em função da melhor relação entre massa seca da parte aérea/raízes, assim como do melhor crescimento do sistema radicial (MSR), há uma melhor disposição pelo recipiente Tubete plástico. Isso é proveniente possivelmente, do direcionamento das raízes ao fundo do recipiente, que o mesmo propicia, bem como o bom desenvolvimento do sistema radicial com consequências positivas ao crescimento da massa seca das raízes e da parte aérea (DAVIDE E FARIA, 2008). Porém, para diâmetro do colo, variável que apresenta interação entre os fatores ($p < 0,05$), há melhor resposta ao emprego conjunto de turfa e PlantPaper®, o que pode ser justificado a distribuição do substrato nas paredes do recipiente, auxiliando na menor perda de água para o meio, favorecendo o crescimento do diâmetro do colo.

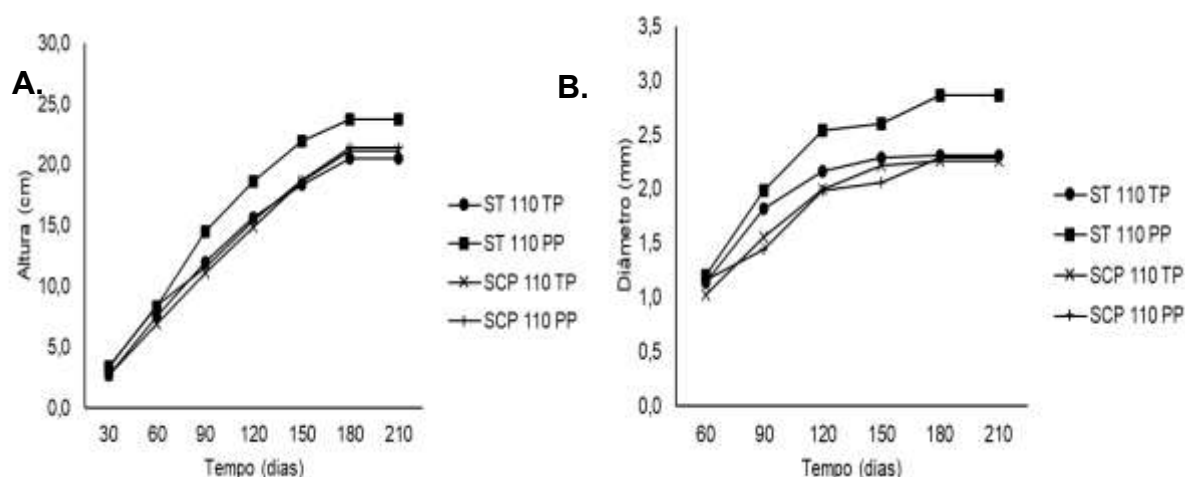
Como discorrido por Sturion e Antunes (2000), nenhuma variável deve ser utilizada isoladamente como critério de decisão para a determinação da qualidade de mudas, portanto, ainda que diâmetro exprima um importante parâmetro de qualidade, conforme Carneiro (1995), a melhor escolha se dá pelo recipiente tubete plástico, em virtude das variáveis, MAS/MSR e MSR. Até mesmo porque, baixas relações de massa seca da parte aérea/raízes é um indicativo da pequena superfície de absorção em comparação a superfície de transpiração, acarretando prejuízos à resistência das mudas (BOYER E SOUTH, 1987).

As composições avaliadas atendem ao configurado pela EMBRAPA (2020) como mudas de qualidade satisfatória, esbarrando apenas em relação ao diâmetro do colo, mas a variável encontra conformidade ao visualizado por Carneiro (1976), conjuntamente a altura. Finalmente, para a relação massa seca da parte aérea e das raízes, há uma disposição fora da faixa descrita por Carneiro (1995), a qual pode ser um indicativo de que a muda já deveria ter sido plantada a campo, ou seja, o acondicionamento em recipiente, pode apresentar-se como fator limitante ao crescimento das mudas em questão, quando transcorridos 210 dias.

Fato esse que pode ser corroborado ao encontrado pelo crescimento

acumulado em altura e diâmetro em relação ao tempo, os quais demonstram que houve uma estabilidade de crescimento frente as diferentes composições fatoriais ao se aproximarem do sexto mês, e isso demonstra a limitação de crescimento das mudas em viveiro florestal, devendo as mesmas ser expedidas a campo para melhor desempenho de crescimento (FIGURA 8).

FIGURA 8 – CRESCIMENTO ACUMULADO DE ALTURA (A) E DIÂMETRO (B) EM RELAÇÃO AO TEMPO DE MUDAS DE *Pinus taeda* L. EM 110 CM³



Em que: ST = Substrato Turfa; SCP = Substrato Casca de Pinus; TP = Tubete Plástico; PP = PlantPaper®; SIS BGC® = Sistema Inteligente Sustentável Berço Germinador Compostável; Números representam volumetrias em cm³. FONTE: O autor (2021).

Fato esse que pode ser corroborado ao encontrado pelo crescimento acumulado em altura e diâmetro em relação ao tempo, os quais demonstram que houve uma estabilidade de crescimento frente as diferentes composições fatoriais ao se aproximarem do sexto mês, e isso demonstra a limitação de crescimento das mudas em viveiro florestal, devendo as mesmas ser expedidas a campo para melhor desempenho de crescimento (FIGURA 8).

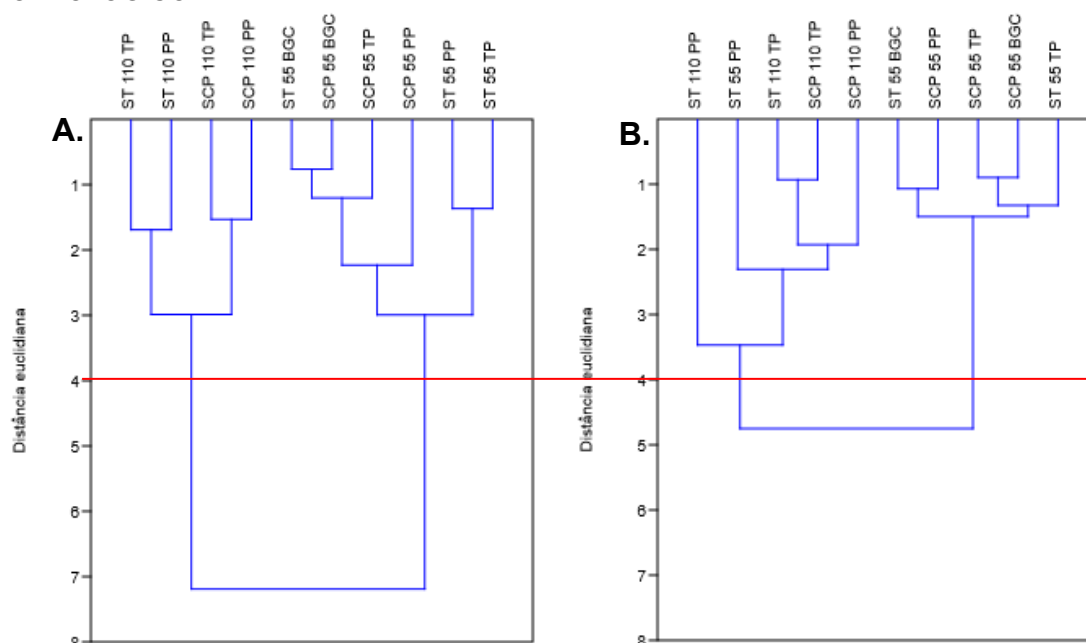
4.3 EFEITO DA VOLUMETRIA DOS RECIPIENTES

A análise de agrupamento dos componentes, em relação aos arranjos entre substratos e recipientes, formou 2 grupos, a um corte de 50% da distância euclidiana, como configurado na figura abaixo, para *Pinus elliottii* (FIGURA 9.A) e *Pinus taeda* (FIGURA 9.B).

A partir de então, é possível observar de uma maneira holística que recipientes de 55 e 110 cm³, das duas espécies de *Pinus* pesquisadas, se

distinguem, fato que é corroborado pela literatura, embasado em melhores componentes morfológicos obtidos, quando da produção em maiores volumetrias, advindos ao maior espaçamento entre as plantas, maior disponibilidade de água e nutrientes para um mesmo regime de fertilização e irrigação (BRISSETE, 1990; DOMINGUEZ-LERENA et al., 2006; SOUTH et al., 2005). Além de que, maiores volumes, caracterizam uma melhor distribuição do sistema radicial (PARVIAINEN, 1981). Portanto, foi adotada a metodologia de avaliar a produção de mudas das duas espécies, em diferentes volumes separadamente.

FIGURA 9 – ANÁLISE DE AGRUPAMENTO DE *Pinus elliottii* Engelm. (A.) e *Pinus taeda* L. (B.) PELO MÉTODO GRUPOS PAREADOS (UPGMA) LEVANDO EM CONSIDERAÇÃO OS ASPECTOS MORFOLÓGICOS



Em que: ST = Substrato Turfa; SCP = Substrato Casca de Pinus; TP = Tubete Plástico; PP = PlantPaper®; SIS BGC® = Sistema Inteligente Sustentável Berço Germinador Compostável; Números representam volumetrias em cm³. FONTE: O autor (2021).

Porém, para a espécie *Pinus taeda*, a composição turfa e PlantPaper®, na volumetria 55 cm³, se aproximou a composições de 110 cm³. Como configurado anteriormente, e em disposição às tabelas 8 e 9, isso pode ser atribuído a mesma caracterização de melhor substrato e recipiente para os dois volumes, em determinados parâmetros morfológicos, bem como pela possibilidade de não haver prejuízo em relação ao sistema radicial quando dessa composição.

A espécie *Pinus elliottii*, em relação a *Pinus taeda*, ao nível de 25% apresenta maior nível de grupos, 5 para a primeira espécie e 4 para a segunda. Ou

seja, *P. taeda* apresenta maior similaridade ao emprego das composições avaliadas, em comparação a *P. elliottii*.

4.4 FACILIDADE DE RETIRADA DO TUBETE E AGREGAÇÃO DAS RAÍZES AO SUBSTRATO

De acordo com Boene et al. (2013), os parâmetros facilidade de retirada do tubete e agregação das raízes, tem sido utilizado como um indicador da qualidade de mudas, avaliando a eficiência dos fatores testados no momento de expedição das mudas.

Abaixo é demonstrado a distribuição de notas médias tangentes a esses dois parâmetros, sendo realizados apenas ao recipiente Tubete plástico nas duas volumetrias dispostas, 55 e 110 cm³, e ao nível dos dois substratos configurados, pois os recipientes PlantPaper®, e SISBGC®, são diretamente transplantados com suas embalagens, o que pode ser atribuído a uma vantagem desses, por ausência de questões, dissertadas por Wendling e Delgado (2008), como destorroamento, exposição das raízes, ressecamento e comprometimento do sistema radicial.

Tabela 10 – NOTAS MÉDIAS PARA FACILIDADE E AGREGAÇÃO DAS RAÍZES DE *Pinus elliottii* Engelm. e *Pinus taeda* L. PARA DIFERENTES SUBSTRATOS E VOLUMETRIAS

<i>Pinus elliottii</i>				
Substrato	55 cm ³		110 cm ³	
	Facilidade	Agregação	Facilidade	Agregação
Turfa	9,9 (±0,316)	8,4 (±1,075)	9,9 (±0,316)	8,2 (±0,632)
Casca de Pinus	10 (±0)	7,1 (±1,197)	9,9 (±0,316)	7,3 (±1,337)
<i>Pinus taeda</i>				
Substrato	55 cm ³		110 cm ³	
	Facilidade	Agregação	Facilidade	Agregação
Turfa	10 (±0)	8,4 (±0,699)	10 (±0)	8,6 (±0,699)
Casca de Pinus	9,9 (±0,316)	7,4 (±0,966)	9,2 (±1,03)	7,2 (±1,135)

FONTE: O autor (2021).

Como trata-se de um parâmetro qualitativo, e que tem avaliação em conformidade a observação individual, houve apenas médias e desvio padrão para

embasar a tomada de decisão pela melhor composição de substrato e recipiente, nesse caso levando-se em consideração a expedição de mudas (TABELA 10).

Como visualizado acima, do ponto de vista da facilidade de retirada das mudas, não houve dificuldade para os diferentes substratos e volumes, o que é positivo mediante à agilidade proporcionada no momento da expedição, e dificuldade a desintegração do torrão quando do transplante ao campo (WENDLING et al., 2007). Para a variável agregação das raízes, foi possível perceber que houve melhor agregação quando utilizado o substrato a base de turfa, o que corrobora aos melhores parâmetros morfológicos, discutidos anteriormente, quando de sua utilização. A agregação das raízes requer torrões de alta agregação, evitando seu rompimento, bem como sua exposição de raízes com consequência direta no ressecamento e dificuldade de sobrevivência (WENDLING & DELGADO, 2008).

Portanto, para *Pinus elliottii* e *Pinus taeda*, o substrato turfa, proporciona, aos dois volumes, um melhor nível de qualidade para as mudas em relação a agregação das raízes. Já em relação aos recipientes biodegradáveis, PlantPaper® e SIS BGC®, não há a ocorrência de fenômenos tangentes a perda de agilidade proporcionada no momento da expedição, dificuldade a desintegração do torrão quando do transplante ao campo, rompimento dos torrões, exposição das raízes, uma vez que são expedidos com a embalagem, se degradando no solo. A figura abaixo 10, demonstra tal configuração, o Tubete plástico com decréscimo em relação a sua agregação, e os recipientes biodegradáveis intactos, referentes para a etapa de plantio em campo.

FIGURA 10 – QUALIDADE DAS MUDAS NA EXPEDIÇÃO A CAMPO



FONTE: O autor (2021).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base no objetivo proposto é possível apontar algumas considerações. Em relação a espécie *P. elliotii*, houve melhor resultado pelo uso de substrato a base de turfa, justificado potencialmente pela sua caracterização física mais adequada, que traz influência direta no manejo de irrigação. Para recipientes, não houve distinção entre os diferentes componentes, Tubete plástico, PlantPaper® e SIS BGC®, devendo a tomada de decisão ser embasada em critérios econômicos, sociais e ambientais, sendo esse último uma grande vantagem dos recipientes biodegradáveis.

A espécie *P. taeda* precede a mesma conclusão ao nível dos substratos utilizados, ou seja, viés do composto a base de turfa. Os diferentes parâmetros morfológicos encontram melhores resultados para distintos recipientes, em volumetria 55 cm³, mas em conformidade a classificação de qualidade de mudas, há predileção por Tubete plástico e SISBGC®, quando da ausência de interação, e PlantPaper®, quando há interação para os fatores. Em relação ao primeiro, sua atribuição é devida ao direcionamento das raízes, com a formação de um bom sistema radicular, e o segundo a distribuição de substrato nas paredes do recipiente, que auxiliam na menor perda de água para o meio, favorecendo o crescimento morfológico. Para volumetria de 110 cm³, tubete plástico encontra melhores resultados pela configuração de um melhor sistema radicial formado.

Quanto a utilização das duas volumetrias, a maior traz melhores valores às variáveis morfológicas, o que é atribuído conforme literatura, ao maior espaçamento, disponibilidade de água e nutrientes. Já em relação a análise de agrupamento, mudas de *Pinus taeda* encontram maior nível de similaridade às diferentes composições fatoriais avaliadas em comparação a *Pinus elliotii*, tendo 4 e 5 grupos, respectivamente, pelo corte de 50% da distância euclidiana.

A produção de mudas do presente trabalho atinge nível de qualidade satisfatório em sua produção de acordo a literatura. No entanto, a partir das curvas de altura e diâmetro em relação ao tempo, é possível observar que com o transcorrer do tempo (média de 180 dias), ocorre estabilização no crescimento, evidenciando que a manutenção em viveiro dessas mudas é um fator limitante ao seu potencial de crescimento.

Esse parâmetro de crescimento acumulado demonstrado, encontra melhores resultados para as espécies na composição turfa e PlantPaper® durante toda a condução do experimento. Finalmente, para facilidade e agregação das raízes, há uma vantagem pelo uso de PlantPaper® e SIS BGC®, pois são diretamente plantados em campo, evitando fenômenos indesejáveis de destorroamento e exposição de raízes, por exemplo. Com relação ao tubete plástico, ambas as espécies encontram melhor agregação quando utilizado substrato a base de turfa, para 55 e 110 cm³.

5.1 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Como dissertado, ao nível de desempenho, os recipientes muita das vezes não apresentam grande distinção, ou configuram isoladamente uma melhor tipologia considerando a parcialidade de fatores. Portanto, avaliado sob os parâmetros morfológicos de mudas, uma recomendação para trabalhos futuros seria a avaliação desses componentes sob a ótica econômica (insumos, custo de produção, processo produtivo, por exemplo) e avaliação em campo, na silvicultura (sobrevivência, replantio, sistema radicular, crescimento da parte aérea, por exemplo). Desse modo haveria um melhor auxílio pela tomada de decisão da adoção dessas composições fatoriais, em escala comercial pelo setor florestal, afim de melhores resultados, produtividade, eficiência e otimização.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS (ABRAF). **Anuário estatístico da ABRAF 2013: ano base 2012**. Brasília: ABRAF, 2013. 148 p.
- ABREU, M. F. de; DIAS, R. da S.; ABREU, C. A. de; GONZALES, A. P. Reavaliação dos critérios constantes na legislação brasileira para análises de substratos. **Bragantia**, Campinas, v. 71, n. 1, p.106-111, 2012.
- AGROSOLO**. Disponível em: <https://www.agroso.com.br/substrato-para-plantas-carolina-ii-45-litros-carolina-soil>. Acesso em 09/01/2021.
- AGUIAR, Ananda V.; SOUSA, Valderês A.; SHIMIZU, Jarbas Y. Espécies de Pinus mais plantadas no Brasil. **Revista da Madeira** – Edição N.º 135. Maio 2013.
- ALBUQUERQUE, M. A.; FERREIRA, R. L. C.; SILVA, J. A. A.; SANTOS, E. S.; STOSIC, B.; SOUZA, A. L. Estabilidade em análise de agrupamento: estudo de caso em ciência florestal. **R. Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 2, p. 257-265, 2006.
- ALFENAS, A.C. et al. **Clonagem e doenças do eucalipto**. Viçosa: UFV, 2004.
- ALMEIDA, L. S. **Avaliação morfológica de mudas de *Allophylus edulis* (A. St.-Hil., A. Juss. & Cambess.) Radl. (Vacum) e *Schinus terebinthifolius* Raddi (Aroeira) produzidas em diferentes substratos**. 105 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.
- ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS P.C.; GONÇALVES J.L.M. Mapa de classificação climática de Gerd S. Köppen para o Brasil. **Meteorologische Zeitschrift**, 2013, 22 (6), p. 711-728.
- BACON, G. J.; HAWKINS, P. J.; JERMYN, D. Morphological granding studies with 1-0 slash pine seedlings. **Aust. Forestry**, Queensland, v. 40, p. 293-303, 1977.
- BALL, J. B. Recipientes plásticos y enroillamiento de raíces. **Unasyva**, v.111, n.28, p.5-27, 1976.
- BARBOSA, J. R. L.; RIGON, F.; CONTE, A. M.; SATO, O. Caracterização de atributos físicos de substratos para fins de produção de mudas. **Revista Cultivando o Saber**, Cascavel, v. 11, n. 1, p.13-25, 2018. Disponível em: https://www.fag.edu.br/upload/revista/cultivando_o_saber/5ab39af2b5694.pdf. Acesso em 27/02/2021.
- BARTLETT, M. S.; KENDALL, D. G. The statistical analysis of variance: heterogeneity and the logarithmic transformation. **Journal of the Royal Statistical Society**, Edinburgh, Vol. 7, Issue 1, pp. 128-138, 1946.

BOENE, H. C. A. M., NOGUEIRA, A. C., SOUSA, N. J., KRATZ, D., & de Souza, P. V. D. (2013). Efeitos de diferentes substratos na produção de mudas de *Sebastiania commersoniana*. **Floresta**, 43(3), 407-420.

Boyer, J. N.; SOUTH, D; B; Excessive seedling height, high shoot-top root ratio and benommy root dop reduce survival of stored loblolly pine seedling. **Tree Planters' Notes**, Washington, D.C., v. 38, n 4, p. 19-22, 1987.

BRISSETTE, J.C. **Development and function of the roots systems of southern pine nursery stock**. In: Southern Nursery Conferences, 1991, Biloxi. Anais. New Orleans: SNA, 1991. p.67-81.

CALDEIRA, Marcos Vinicius et al. Lodo de esgoto e vermiculita na produção de mudas de eucalipto. Pesquisa Agropecuária Tropical (**Agricultural Research in the Tropics**), p. 10-15, 2013.

CALDEIRA, M. V. W.; WENDLING, I.; PENCHEL, R. M.; GONÇALVES, E. O.; KRATZ, D.; TRAZZI, P. A. Propriedades de substratos para produção de mudas florestais. In: CALDEIRA, M. V. W.; GARCIA, G. O.; GONÇALVES, E. O.; ARANTES, M. D. C.; FIEDLER NC (Eds.) Contexto e Perspectivas da Área Florestal no Brasil. Alegre: **Suprema**, 2011, p.141-160.

CAMPO & NEGÓCIO. **Correia Neto apresenta Berço Germinador Compostável**. Maio 2018. Disponível em: <https://revistacampoenegocios.com.br/correia-neto-apresenta-berco-germinador-compostavel/>. Acesso em 19/01/2021.

CARNEIRO, J. G. A. Produção e controle de qualidade de mudas florestais. Curitiba: **UFPR/FUPEF**, 1995. 451 p.

CARNEIRO, J. G. de A. **Determinação do padrão de qualidade de mudas de Pinus taeda, L. para plantio definitivo**. Curitiba, 1976. 70 f. Dissertação (Mestrado em Silvicultura). Curso de Engenharia Florestal. Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

CONFEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO BRASIL. Disponível em: <https://www.cnabrazil.org.br/noticias/o-brasil-e-um-dos-maiores-produtores-de-florestas-plantadas-do-mundo>. Acesso em 09/01/2021.

DANIEL, O. et al. Aplicação de fósforo em mudas de *Acacia mangium* Willd. **Revista Árvore**, v. 21, n. 2, p. 163-168, 1997.

DANIEL, T.; HELMS, J.; BACKER, F. Princípios de silvicultura. 2. ed. México: **McGraw-Hill**, 1982. 492 p.

DAVIDE, A. C.; FARIA, J. M. R. Viveiros florestais. In: DAVIDE, A. C.; SILVA, E. A. A. **Produção de sementes e mudas de espécies florestais**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2008. p.83-124.

DE BOODT, M.; VERDONCK, O. The physical properties of the substrates in horticulture. **Acta Horticulturae**, v.26, p.37-44, 1972.

DOMINGUEZ-LERENA, S.; SIERRA, N.H.; MANZANO, I.C.; BUENO, L.O.; RUBIRA, J.L.P.; MEXAL, J.C. Container characteristics influence *Pinus pinea* seedling development in the nursery and field. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v.221, p.63-71, 2006.

EMBRAPA. **Transferência de tecnologia - Pinus**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/florestas/transferencia-de-tecnologia/pinus/perguntas-e-respostas>. Acesso em 07/02/2021.

EMERENCIANO, Dartagnan Baggio. **Avaliação da Produção e Economicidade de um Desbaste em um Ensaio para Povoamentos de *Pinus elliottii* e *Pinus taeda***. Curitiba, 1990.

FARIAS, J. A. **Contribuição para a silvicultura de *Luehea divaricata* Martius et Zuccarini (Açoita-cavalo)**. 69 f.: il. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2006.

FERRAZ, M. V.; CEREDA, M. P. Determinação das características morfológica de petúnias comuns (petunia x hybrida) cultivadas em tubetes biodegradáveis. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 9, n. 1, p. 93-107, 2010.

FERREIRA, C. A. G.; DAVIDE, A.C.; CARVALHO, L.R. Relações Hídricas em Mudas de *Eucalyptus citriodora* Hook., em Tubetes, Aclimatadas por Tratamentos Hídricos. **Revista Cerne**, Lavras, Minas Gérias, v. 05, n. 02, p. 95-104, 1999.

FINGER, C.A.G.; SCHNEIDER, P.R.; GARLET, A.; ELEOTERIO, J.R.; BERGER, R. Estabelecimento de povoamentos de *Pinus elliottii* Engelm pela sementeira direta a campo. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 13, n.1, p.107-113, jun. 2003.

FLORESTAL PLAST. Disponível em: <https://www.florestalplast.com.br/loja/tubetes/tubete-53cm³/>. Acesso em 09/02/2021.

FOELKEL, Ester; FOELKEL, Celso. **Os Pinus no Brasil**. Pinus letter. Edição n.º 4. Abril 2008. Disponível em: http://www.celso-foelkel.com.br/pinus_04.html. Acesso em 12/01/2021.

FONSECA, M. D. S. **Influência do tamanho do recipiente na qualidade de mudas de três espécies de eucalipto**. 2012. 48 f. Monografia (Graduação) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas. il.

FREITAS, A. J. P.; KLEIN, J. E. M. **Aspectos técnicos e econômicos da mortalidade de mudas no campo**. In: CONGRESSO FLORESTAL PANAMERICANO (1.:1993:Curitiba); CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO (7.:1993: Curitiba). Anais. São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 1993. p. 736.

GOLZALEZ ROQUE, A. et al. Estudio sobre el comportamiento en vivero de *Pinus caribea* Var. *caribea* en envases de polietileno de 12 dimensiones diferentes. **Revista Baracoa**, Havana, v.18, n.1, p.39-51,1988.

GOMES, J. M.; COUTO L.; BORGES, R.C.G. et al. Efeitos de diferentes substratos na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maidem, Win-strip. **Árvore**, Viçosa, v.15, n.1, p. 35-42, 1991.

GOMES, J. M.; PAIVA, H. N. **Viveiros florestais: propagação sexuada**. 3. ed. Viçosa, MG: UFV, 2004. 116 p.

GOMES, J. M.; COUTO, L.; LEITE, H. G.; XAVIER, A.; GARCIA, S. L. R. Parâmetros morfológicos na avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, v. 26, n. 6, p. 655-664, 2002.

GONÇALVES, J. L. M., SANTARELLI, E. G., NETO, S. P. M. & MANARA, M. P. Produção de mudas de espécies nativas: substrato, nutrição, sombreamento e fertilização. In Nutrição e fertilização florestal. Editado por J. Leonardo de M. Gonçalves, Vanderlei Benedetti. Piracicaba: **IPEF**, 2000. 427p.

GONÇALVES, J.L.M. & POGGIANI, F. **Substratos para produção de mudas florestais**. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 13., Águas de Lindóia, 1996. Resumos. Piracicaba, Sociedade Latino Americana de Ciência do Solo, 1996. CD-Rom.

HANDRECK, K. A.; BLACK, N. D. **Growing media for ornamental plants and turf**. University of New South Wales Press, Randwick, Australia, 1994.

HARTMANN, H. T.; KESTER, D. E.; DAVIES JR, F. T.; GENEVE, R. Plant propagation: principles and practices. 8th. ed. Boston: **Prentice-Hall**, 2011. 915 p.

IATAURO, A. R. **Avaliação energética da substituição de tubetes de plástico por tubetes biodegradáveis na produção de mudas de aroeira - *Schinus terebinthifolius* Raddi**. Botucatu: Faculdade de Ciências Agrônômicas, UNESP, 2004. 59p. Dissertação (Mestrado) em Agronomia.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. Disponível em: <https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/relatorio-iba-2020.pdf>. Acesso em 09/01/2021.

IUCN – Global Species Programme Red List Unit. Disponível em: <http://www.iucnredlist.org>. Acesso em 12/02/2021.

JOSÉ, A. C. **Utilização de mudas de espécies florestais produzidas em tubetes e sacos plásticos para revegetação de áreas degradadas**. 101 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2003.

JUNIOR J. C. A. Recipiente biodegradável para mudas florestais. **Revista Opiniões**. 2013. Disponível em: <https://florestal.revistaopinioes.com.br/revista/detalhes/25-recipiente-biodegradavel-para-mudas-florestais/>. Acesso em 18/01/2021.

KÄMPF, A. N. Substrato. In: KÄMPF, A. N. Produção comercial de plantas ornamentais. 2ª edição, Guaíba: **Agrolivros**, 2005. p. 45 - 72.

KNAPIK, G.J. **Utilização do pó de basalto como alternativa à adubação convencional na produção de mudas de *Mimosa scabrella* Benth e *Prunus sellowii* Koehne.** 2005.163p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

KRATZ, D.; WENDLING, I. Crescimento de mudas de *Eucalyptus camaldulensis* em substratos à base de casca de arroz carbonizada. **Ceres**, v. 63, n. 3, pág. 348-354, 2016.

KRATZ, D.; WENDLING, I.; NOGUEIRA, A. C.; SOUZA, P. V. D. Propriedades físicas e químicas de substratos renováveis. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 37, n. 6, p. 1103- 1113, 2013a.

LEMAIRE, F. Physical, chemical and biological properties of growing medium. **Acta Hort.**, Wageningen, v. 396, p. 273-284, 1995.

LOPES, J. L. W.; GUERRINI, I. A.; SAAD, J. C. C. Qualidade de mudas de eucalipto produzidas sob diferentes lâminas de irrigação e dois tipos de substrato. **Revista Árvore**, Viçosa, v.31, n.5, p.835-843, 2007.

MATTEI, V.L. **Comparação entre semeadura direta e plantio de mudas produzidas em tubetes, na implantação de povoamentos de *Pinus taeda* L.** Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) Curitiba, UFPR,1993, 149p.

MATTOS, J. R. Espécies de *Pinus* cultivadas no Brasil. São Paulo: **Chácaras e Quintais**, [s.d.].

MOREIRA, E. J. C.; MAYRINCK, R. C.; MELO, L. A.; TEIXEIRA, L.A.F.; DAVIDE, A.C. **Desenvolvimento de mudas de angico vermelho no campo produzidas em tubetes biodegradáveis.** X Congresso de Ecologia do Brasil, 16 a 22 de setembro de 2011, São Lourenço – MG.

NETO, Alfredo Wilsen; BOTREL, Maria Carolina Gaspar. Doses de fertilizante de liberação lenta na produção de mudas de *Pinus*. **Agrarian**, Dourados, v. 2, n. 3, p. 65-72, set. 2009.

NEVES, J.C.L., GOMES, J.M. & NOVAIS, R.F. Fertilização mineral de mudas de eucalipto. In: Barros, N.F., Novais, R. F. (eds.) *Relação solo-eucalipto*. Viçosa, MG, **Folha de Viçosa**, 1990, 330p.

NOVAES, A. B. et al. Avaliação do potencial de regeneração de raízes de mudas de *Pinus taeda* L., produzidas em diferentes tipos de recipientes, e o seu desempenho no campo. **Revista Árvore**, v.26, n.6, p.675-681, 2002.

OASIS GROWER SOLUTIONS®. **Produto Overview Oasis® PlantPaper®.** Disponível em: https://oasisgrowersolutions.com/wp-content/uploads/2020/01/OGS_PlantPaper_ProductOverview_1.20.pdf. Acesso em 27/02/2021.

PARVIAINEN, J. O desenvolvimento radicular das mudas florestais no viveiro e no local de plantio. In: SEMINÁRIO DE SEMENTES E VIVEIROS FLORESTAIS, 1981, Curitiba. Anais... Curitiba: **FUPEF**, 1981, v.2, p.111-130.

PLANTPAPER® LETS GROW TOGETHER. **O sistema PlantPaper**. Disponível em: <https://plantpaper.com/page/our-system>. Acesso em 15/02/2021.

PLANTPAPER® LETS GROW TOGETHER. **Aroma Riserva ® & PlantPaper - parceria de alta qualidade em nome da sustentabilidade**. Disponível em: <https://plantpaper.com/blog/press-releases-1/post/aroma-riserva-plantpaper-portuguese-6>. Acesso em 15/02/2021.

PETRONI, S. L. G.; PIRES, M. A. F.; MUNITA, C. S. Adsorção de zinco e cádmio em colunas de turfa. **Química Nova**, São Paulo, v. 23, n. 4, p. 477-481, 2000.

REED, D. W. A grower's guide to water, media and nutrition for greenhouse crops. **Ball Publishing**, Batavia, USA, 1996. 314p.

RIBEIRO, G.T. et al. Produção de mudas de Eucalipto. Viçosa: **Aprenda Fácil Editora**, 2001. 122 p.: il.

SANTOS, C. B. et al. Efeito do volume de tubetes e tipos de substratos na qualidade de Mudas de *Cryptomeria japonica* (L.f.) d. Don. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 10, n. 2, p. 1-15, 2000.

SEMENTES CAIÇARA. **Importação e Exportação de Sementes**. Disponível em: <http://www.sementescaicara.com>. Acesso em 12/01/2021.

SCHMIDT-VOGT, H. Wachstum und qualitaet von forstpflanzen. 2. ed. Munique: **Bayerischer Landwirtschaftsverlag**. 1966. 210 p.

SHIMIZU, Jarbas Yukio. Pinus na silvicultura brasileira. **Revista da Madeira**, v. 16, n.9, p: 4 -14, 2006.

SIMÕES; D.; SILVA, R. B. G da.; SILVA, M. R da. Composição do substrato sobre o desenvolvimento, qualidade e custo de produção de mudas de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden x *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake. **Ciência Florestal**, v. 22, n. 1, p. 91- 100. 2012.

SOUTH, D.B., HARRIS, S.W., BARNETT, J.P. Effect of container type and seedling size on survival and early height growth of *Pinus palustris* seedlings in Alabama, U.S.A. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v.204, n.2, p.385-398, 2005.

STURION, J. A.; ANTUNES, J. B. M. Produção de mudas de espécies florestais. In: GALVÃO, A. P. M. (Org.) Reflorestamento de propriedades rurais para fins produtivos e ambientais: um guia para ações municipais e regionais. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia; Colombo: **Embrapa Florestas**, 2000.

TERRAPINUS. Disponível em: <http://www.terrapinus.com.br>. Acesso em 12/01/2021.

THOMAS, R. **Crescimento e nutrição de mudas de Pinus taeda L. no Estado do Rio Grande do Sul.** 2007. 64 f. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) –Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

THOMAS, R. et. al. Determinação do melhor substrato para produção de mudas de Pinus taeda L. In: CONGRESSO FLORESTAL ESTADUAL DO RIO GRANDE DO SUL, 9., 2003, Nova Prata-RS. **Anais...** Nova Prata: Prefeitura Municipal de Nova Prata/UFSM/FATEC/PPGEF, 2003. CD-ROM.

VALERI S. V.; PAULA R. C. **Síntese das principais características do gênero Pinus.** Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2009.

VIGO, R. Aroma Reserva® & PlantPaper parceria de alta qualidade em nome da sustentabilidade. **PlantPaper lets grow together**, 2007. Disponível em: <https://plantpaper.com/blog/press-releases-1/post/aroma-riserva-plantpaper-portuguese-6>. Acesso em 09/02/2021.

VITORINO A.C.T.; ROSA J.E.J.; Daniel O. Influência de diferentes combinações de doses de n-p-k no crescimento de mudas de *Eucalyptus grandis* produzidas em tubetes. **Revista Científica (UFMS)**, Campo Grande, v.3, n.1, p.27-13, 1996.

WENDLING, I.; DUTRA, L. F.; GROSSI, F. Produção de mudas de espécies lenhosas. Colombo: **Embrapa Florestas**, 2006. 1 CD-ROM. (Embrapa Florestas. Documentos, 130).

WENDLING, I.; DELGADO, M. E. Produção de mudas de araucária em tubetes. Colombo: **Embrapa Florestas**, 2008. 8 p. (Embrapa Florestas. Comunicado técnico, 201).

WENDLING, I.; FERRARI, M. P.; GROSSI, F. Curso intensivo de viveiros e produção de mudas. Colombo: **Embrapa Florestas**, 2002. 48p. (Embrapa Florestas. Documentos, 79).

WENDLING, I.; GUASTALA, D; DEDECEK, R. Características físicas e químicas de substratos para produção de mudas de *Ilex paraguariensis* St.-Hil. **Árvore**, Viçosa, v. 31, p. 209 - 220, 2007.

ZANI FILHO, J. (1998). Fundamentos para estruturação de um viveiro florestal. Curso de produção de mudas de espécies florestais exóticas e nativas. Piracicaba: **IPEF/ESALQ-USP**.12p.

ZILLER, S. R. **A Estepe gramíneo-lenhosa no segundo planalto do Paraná: diagnóstico ambiental com ênfase a contaminação biológica.** 177 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2000.