

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CAMPUS DE CURITIBANOS
DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA, BIODIVERSIDADE E FLORESTAS
CURSO DE ENGENHARIA FLORESTAL

Maurício Mariot de Mello

Utilização dos resíduos da fabricação do papelão como substrato para produção de mudas de *Pinus taeda* L.

Curitibanos, SC

2020

Maurício Mariot de Mello

Utilização dos resíduos da fabricação do papelão como substrato para produção de mudas de *Pinus taeda* L.

Trabalho Conclusão do Curso de Graduação em Engenharia Florestal do Centro de Ciências Rurais da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Florestal.

Orientador: Prof^ª. Dr^ª. Andressa Vasconcelos Flores

Curitibanos, SC

2020

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Mariot de Mello, Maurício
UTILIZAÇÃO DOS RESÍDUOS DA FABRICAÇÃO DO PAPELÃO COMO
SUBSTRATO PARA PRODUÇÃO DE MUDAS DE Pinus taeda L. /
Maurício Mariot de Mello ; orientador, Andressa
Vasconcelos Flores, 2020.
50 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Campus
Curitibanos, Graduação em Engenharia Florestal,
Curitibanos, 2020.

Inclui referências.

1. Engenharia Florestal. 2. ETE. 3. Lodo celulósico. 4.
Pinus. 5. Viveiro florestal. I. Vasconcelos Flores,
Andressa. II. Universidade Federal de Santa Catarina.
Graduação em Engenharia Florestal. III. Título.

Maurício Mariot de Mello

Utilização dos resíduos da fabricação do papelão como substrato para produção de mudas de *Pinus taeda* L.

Este Trabalho Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de “Bacharel em Engenharia Florestal” e aprovado em sua forma final pelo Curso de Engenharia Florestal

Curitiba, 17 de novembro de 2020.



Documento assinado digitalmente
Mário Dobner Junior
Data: 27/11/2020 07:07:53-0300
CPF: 034.250.659-55

Prof. Mário Dobner Júnior, Dr.
Coordenador do Curso

Banca Examinadora:



Documento assinado digitalmente
Andressa Vasconcelos Flores
Data: 26/11/2020 17:09:12-0300
CPF: 001.437.810-81

Prof.ª Andressa Vasconcelos Flores, Dr.ª.
Orientadora

Universidade Federal de Santa Catarina



Documento assinado digitalmente
Julia Carina Niemeyer
Data: 27/11/2020 12:37:14-0300
CPF: 808.859.000-06

Prof.ª Júlia Carina Niemeyer, Dr.ª.
Avaliadora

Universidade Federal de Santa Catarina



Documento assinado digitalmente
Djalma Eugenio Schmitt
Data: 26/11/2020 17:24:26-0300
CPF: 050.180.539-76

Prof. Djalma Eugênio Schmitt, Dr.
Avaliador

Universidade Federal de Santa Catarina

Este trabalho é dedicado à minha filha Estella.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a minha família, em especial a minha mãe Eliete, que não mediu esforços para que eu pudesse chegar até aqui.

Agradeço todos os meus amigos, tanto aos conquistados através da universidade, quanto aos conquistados ao longo de minha jornada na terra, e que de alguma forma contribuíram para realização deste trabalho.

À minha orientadora Andressa Vasconcelos Flores por ter aceitado acompanhar-me neste projeto. O seu empenho foi essencial para a minha motivação à medida que as dificuldades iam surgindo ao decorrer do percurso.

Expresso minha gratidão a todos os profissionais de laboratório e de campo da Universidade Federal de Santa Catarina por todo o apoio e suporte que me deram ao longo da realização do meu trabalho.

Aos professores do curso de Engenharia Florestal que me forneceram todas as bases necessárias para a realização deste trabalho, agradeço com profunda admiração pelo vosso profissionalismo.

RESUMO

A produção do papelão é geradora de resíduos, entretanto, não é consolidada à maneira adequada de descarte ou reutilização destes resíduos de forma segura para o meio ambiente. Gera-se a importância de pesquisas, para sanar o déficit de estudos relacionados ao descarte deste resíduo. O presente trabalho teve por objetivo avaliar a utilização de Resíduos da Indústria do Papelão (RIP) como componente de substrato para a produção de mudas de *Pinus taeda* L. Foram conduzidos dois experimentos independentes em casa de vegetação na Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), localizado no município de Curitibanos, SC. Para avaliação do RIP, no experimento I, foram testados cinco tratamentos sem adubação de cobertura, combinando diferentes proporções de substrato comercial e RIP, sendo estes: testemunha (100% substrato comercial); substrato comercial + RIP 20, 40, 60 ou 80%. Para o experimento II, parte do RIP foi submetida a vermicompostagem com minhocas (*Eisenia andrei* e *Perionyx excavatus*) e também foi utilizado do RIP sem vermicompostagem. Foram realizados 13 tratamentos com adubação de cobertura, combinando diferentes proporções de substrato comercial e RIP. Sendo estes: testemunha (100% substrato comercial); substrato comercial + RIP 20, 40, 60 ou 80%, vermicompostado por *E. andrei*, ou por *P. excavatus*, ou sem vermicompostagem. Foram utilizados tubetes de 175 cm³ como recipientes. A semeadura das sementes de *P. taeda* foi de forma direta, sendo utilizada de 2 sementes por recipiente, depois de germinadas foram desbastadas (quando necessário), deixando-se apenas uma plântula por recipiente, dando preferência pela mais central e vigorosa. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, com 4 repetições, cada repetição foi composta por 20 mudas (experimento I) e 15 mudas (experimento II). Para ambos os experimentos a produção das mudas seguiu o padrão de manejo, com irrigação e limpeza. As mudas foram mensuradas quanto à altura e diâmetro do coleto a cada 30 dias, a partir de 40 dias da semeadura até 190 dias. Ao final deste período foram selecionadas 5 mudas de cada repetição (20 mudas cada tratamento), fracionadas em parte aérea e raízes, pesadas e acondicionadas em sacos de papel identificados e levados à estufa (65°C por 72h), para se obter os parâmetros: massa seca de parte aérea, massa seca de raiz e massa seca total, com base nas informações foi calculado o índice de qualidade de Dickson. Após a tabulação dos dados, foram elaborados gráficos com as médias de crescimento em altura da parte aérea e diâmetro de coleto para avaliação em função do tempo, bem como realizada a ANOVA e teste Scott-Knott ($p < 0,05$) para as variáveis observadas aos 190 dias. Os resultados obtidos em todos os tratamentos demonstraram que quanto maior a proporção do RIP utilizado menor foi o desenvolvimento dos parâmetros analisados, podendo estar relacionado ao déficit de nutrientes ou a indisponibilidade deles por conta de desordem nutricional causada por elementos prejudiciais a esta espécie, por exemplo alta concentração de sódio. Desta forma, conclui-se que a utilização do resíduo não é viável para a confecção de substratos para a produção de mudas de *P. taeda*, do ponto de vista técnico, já que, o crescimento e desenvolvimento inicial das mudas não foram satisfatórios.

Palavras-chave: ETE. Lodo celulósico. Pinus. Viveiro florestal.

ABSTRACT

The production of cardboard is a waste generator, however, it is not consolidated to the proper way to dispose or reuse this waste in a safe way for the environment. The importance of research is generated, to remedy the deficit of studies related to the disposal of this waste. The present study aimed to evaluate the use of Cardboard Industry Residues (RIP) as a substrate component for the production of *Pinus taeda* L. seedlings. Two independent experiments were conducted in a greenhouse at the Federal University of Santa Catarina (UFSC), located in the municipality of Curitibanos, SC. To evaluate the RIP, in experiment I, five treatments were tested without top dressing, combining different proportions of commercial substrate and RIP, these being: control (100% commercial substrate); commercial substrate + RIP 20, 40, 60 or 80%. For experiment II, part of the RIP was subjected to vermicomposting with earthworms (*Eisenia andrei* and *Perionyx excavatus*) and was also used from the RIP without vermicomposting. 13 treatments were carried out with cover fertilization, combining different proportions of commercial substrate and RIP. These being: control (100% commercial substrate); commercial substrate + RIP 20, 40, 60 or 80%, vermicomposted by *E. andrei*, or by *P. excavatus*, or without vermicomposting. 175 cm³ tubes were used as containers. The seeds of *P. taeda* were sown directly, using 2 seeds per container, after germinating they were thinned (when necessary), leaving only one seedling per container, giving preference to the most central and vigorous. The experimental design was completely randomized, with 4 repetitions, each repetition was composed of 20 seedlings (experiment I) and 15 seedlings (experiment II). For both experiments the seedling production followed the management pattern, with irrigation and cleaning. The seedlings were measured for height and diameter of the collection every 30 days, from 40 days from sowing to 190 days. At the end of this period, 5 seedlings were selected for each repetition (20 seedlings each treatment), fractioned in aerial part and roots, weighed and packed in identified paper bags and taken to the greenhouse (65 ° C for 72h), to obtain the parameters : shoot dry mass, root dry mass and total dry mass, based on the information, Dickson's quality index was calculated. After tabulation of the data, graphs were created with the averages of growth in height of the aerial part and diameter of the collection for evaluation as a function of time, as well as ANOVA and Scott-Knott test ($p < 0.05$) for the variables. observed at 190 days. The results obtained in all treatments showed that the greater the proportion of RIP used, the lower the development of the analyzed parameters, which may be related to the deficit of nutrients or their unavailability due to nutritional disorder caused by elements harmful to this species, for example high sodium concentration. Thus, it is concluded that the use of the residue is not feasible for the preparation of substrates for the production of *P. taeda* seedlings, from a technical point of view, since the growth and initial development of the seedlings were not satisfactory.

Keywords: Cellulosic sludge. ETE. Forest nursery. *Pinus*.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
2	REFERENCIAL TEÓRICO	11
2.1	RESÍDUOS DA INDÚSTRIA DE PAPEL E PAPELÃO	11
2.2	<i>Pinus taeda</i> L.....	12
2.3	PRODUÇÃO DE MUDAS	13
2.4	SUBSTRATO.....	14
2.5	VERMICOMPOSTAGEM DE RESÍDUOS.....	15
3	MATERIAL E MÉTODOS	16
3.1	CARACTERIZAÇÃO DO RESÍDUO DA INDÚSTRIA DE PAPELÃO (RIP) .	16
3.2	EXPERIMENTO I.....	16
3.3	EXPERIMENTO II	18
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	21
4.1	CARACTERIZAÇÃO DO RESÍDUO DA INDÚSTRIA DO PAPELÃO (RIP) .	21
4.2	EXPERIMENTO I.....	23
4.3	EXPERIMENTO II	28
5	CONCLUSÃO.....	36
	REFERÊNCIAS.....	37
	APÊNDICE A	43
	APÊNDICE B.....	45
	ANEXO A.....	47
	ANEXO B	48
	ANEXO C	49
	ANEXO D.....	50

1 INTRODUÇÃO

A indústria do papelão é geradora de resíduos, e o aumento na demanda da produção implicam na geração de grande quantidade deste resíduo. Entretanto, não é consolidada à maneira adequada de descarte ou reutilização destes resíduos de forma segura para o meio ambiente. Como descartar ou reutilizar o material proveniente da indústria do papelão?

No Brasil, a produção do papelão chega a utilizar mais de 86% de papel reciclado como matéria-prima (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO PAPELÃO ONDULADO, 2020). Todavia, mesmo com a reciclagem, ainda existe grande produção de resíduos denominados de lodo primário de Estação de Tratamento de Efluentes (ETE) de fábricas de papel. A composição química destes resíduos é influenciada pelas características das aparas que chegam a indústria, sendo que podem ser divididas em aparas naturais (jornais, revistas, papelão, madeira) e aparas brancas (papel branqueado/fibra virgem). De acordo com o tipo de material, há mudanças na composição química dos resíduos (BALBINOT JUNIOR *et al.*, 2006).

Os resíduos da indústria do papelão apresentam-se como uma pasta fibrosa de cor acinzentada, sendo esse lodo classificado como resíduo classe IIA – não inerte (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMA TÉCNICAS, 2004). A empresa geradora é permanentemente responsável pelo resíduo, portanto, é de extrema importância o conhecimento e estudos sobre a geração do resíduo, o seu armazenamento, transporte e disposição final (SOUZA, 2014).

O Resíduo da Indústria do Papelão (RIP) apresenta potencial para ser utilizado na construção civil e agricultura (PINHEIRO, 2008). Além disso, também podem ser utilizados na formulação de substratos para a produção de mudas de espécies florestais caracterizando-se como uma forma segura e adequada para sua reutilização (SANTOS *et al.*, 2014).

A utilização de um vermicomposto destaca-se como alternativa para a composição de substrato (DUARTE *et al.*, 2001). Sendo a vermicompostagem um processo biológico, que utiliza minhocas para acelerar a degradação da matéria orgânica no tratamento de resíduos sólidos orgânicos (CARTEIRO, 2009),

Geralmente, o bom desenvolvimento de mudas depende de um bom substrato, que deve ter características de qualidade física e nutricional ideais para o desenvolvimento vegetal (SILVEIRA *et al.*, 2002), como retenção adequada de água e nutrientes, boa aeração, estabilidade estrutural e sanidade (KÄMPF, 2000). Assim, alguns resíduos industriais podem ser utilizados em associação a substratos comerciais, contribuindo no processo de reduzir o volume de resíduos a serem descartados no ambiente.

Substratos formulados com o lodo de esgoto tem aceitação para produção de mudas de espécies florestais, visto que este resíduo contribui para o fornecimento de nutrientes às mudas, além de contribuir para minimizar a poluição ambiental, já que, geralmente não se tem descarte adequado dos resíduos (SANTOS *et al.*, 2014).

Baseando-se na literatura é possível observar resultados tanto positivos quanto negativos no desenvolvimento de mudas, quando são utilizados diferentes tipos de resíduos na composição dos substratos. Para Trazzi *et al.* (2013) a utilização de esterco de animais é uma fonte viável para mistura com outros substratos para produção de mudas de teca (*Tectona grandis*). Já o lodo de esgoto tratado, quando utilizado para a composição de substrato para a produção de mudas de paricazinho (*Plathymenia reticulata*) resultou na redução do crescimento (SIQUEIRA *et al.*, 2019). Isto demonstra a importância de novas pesquisas envolvendo resíduos como fonte para produção de substrato.

Diante do exposto, e ainda, levando-se em consideração a questão econômica do descarte de resíduos, a utilização na formulação de substratos para produção de mudas constitui uma interessante forma de aproveitamento do mesmo (MOLINA, 2004), e a hipótese testada neste trabalho é de que o RIP pode ser utilizado na composição de substratos para a produção de mudas de *P. taeda*. Desta forma o presente trabalho teve por objetivo avaliar a viabilidade da utilização de diferentes composições de substratos contendo resíduos da indústria do papelão no crescimento inicial e qualidade das mudas de *P. taeda*.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 RESÍDUOS DA INDÚSTRIA DE PAPEL E PAPELÃO

Resíduos são materiais de qualquer natureza, descartados nos processos de produção, transformação, utilização ou consumo, sem valor de mercado estabelecido, podendo ser reciclado (SENAI, 2003). A atividade industrial para produção de papel e papelão, a partir da extração da celulose, está associada à geração de resíduos em diferentes quantidades e composições químicas (MAEDA; COSTA; SILVA, 2010).

O efluente dessas indústrias é mundialmente considerado poluidor, principalmente de ecossistemas aquáticos, e assim causando consequências de longo prazo em todos os níveis tróficos (MARTINS, 2004). Uma das obrigações das empresas florestais é a responsabilidade sobre o resíduo, uma vez em que a empresa geradora é responsável permanentemente pelo mesmo, o resíduo pode ser depositado em aterro ou reutilizado, portanto, é de extrema importância o conhecimento e estudos sobre a geração do resíduo, o seu armazenamento, transporte e disposição final (SOUZA, 2014).

O tipo do tratamento dos efluentes é dependente do processo de industrialização utilizado, podendo ser submetidos a até três níveis. O RIP é resultante do nível primário, sendo um material pastoso, composto por impurezas e fibras não recuperáveis, com aspecto homogêneo, cor marrom escuro, com odor característico e com cerca de 80% de umidade (MAEDA; COSTA; SILVA, 2010).

Os resíduos necessitam ser adequadamente dispostos em aterros industriais ou podem ser aplicados em áreas agrícolas, florestais ou em outros processos industriais. A deposição em aterros gera altos custos, e a utilização dos resíduos como insumo agrícola ou florestal, evita um grande problema ambiental (MAEDA; COSTA; SILVA, 2010).

Alguns tipos de resíduos estão tendo enfoque pelas empresas florestais visando melhorar a produtividade da floresta com a utilização desses materiais e diminuir os custos com a aplicação de fertilizantes químicos, além de minimizar a exportação de nutrientes do sistema (MOLINA, 2004).

Porém, estudos para determinar condições para seu uso seguro são necessários, pois podem existir componentes nestes resíduos que prejudiquem o meio ambiente e conseqüentemente o homem. Dos resíduos gerados em uma fábrica de celulose e papel, os lodos podem corresponder a mais de 50% da massa total (MAEDA; COSTA; SILVA, 2010).

Até o momento, não existe legislação específica para a utilização dos resíduos sólidos gerados por essas indústrias em áreas de produção agrícola ou florestal (MAEDA; COSTA; SILVA, 2010). Uma das possíveis aplicações destes resíduos sólidos é o fornecimento de matéria orgânica para a formulação de substratos para produção de mudas frutíferas e florestais, constituindo uma das formas mais baratas de descarte do mesmo (MOLINA, 2004).

2.2 *Pinus taeda* L

O gênero *Pinus* é composto por árvores gimnospermas pertencente à família Pinaceae representada por cerca de 200 espécies em 11 gêneros com distribuição natural ao longo do Hemisfério Norte. No Brasil as espécies deste gênero são cultivadas principalmente para fins madeireiros, sendo também utilizadas para produção de papel e resina (SOUZA; LORENZI, 2005). É a conífera que ocupa a maior área cultivada no sul e sudeste do Brasil. Os plantios de pinus ocupam 1,6 milhão de hectares e concentram-se principalmente no Paraná (42%) e em Santa Catarina (34%) (IBÁ, 2019).

Dados do Ibá (2019) demonstraram que a produção sustentada de florestas plantadas no Brasil foi de aproximadamente 5,7 milhões de hectares, onde o gênero *Pinus* corresponde a aproximadamente 20,5% das plantações comerciais. Os pinus são de fato fundamentais para a economia de base florestal, sendo o *P. taeda* uma das espécies mais plantadas e comercializadas. Nos estados da região sul, que possuem melhores condições de solo e clima para o crescimento da espécie, a área com plantios de pinus tem se mantido constante nos últimos anos (IBÁ, 2019).

Trianoski (2009) ressalta que embora os reflorestamentos com *P. taeda* tenham sido implantados inicialmente, com o objetivo principal de produzir matéria prima para celulose e papel, seu uso vem se diversificando, sendo que, a espécie pode ser utilizada para a produção de móveis, na construção civil, para a indústria de painéis de madeira, e os resíduos por vezes são aproveitados como biomassa para geração de energia a partir do vapor (REMADE, 2009).

As árvores de *P. taeda* podem passar de 30 m de altura, seu tronco ereto possui casca gretada, seus ramos são acinzentados e acículas de coloração verde-escura são agrupadas a cada três, com comprimento variando de 15 a 20 cm. Conta com a produção de massiva quantidade de sementes pequenas e aladas dispersas pelo vento a longas distâncias (FOELKEL, 2008).

A obtenção de sementes deve ser feita por meio da coleta dos cones na planta de pinus, e levadas para processamento em local adequado recebendo o máximo de ventilação possível,

evitando sementes ardidadas e auxiliando na deiscência do fruto. Os outros procedimentos de armazenamento asseguram sua viabilidade por longo período (CANCELA, 2007).

2.3 PRODUÇÃO DE MUDAS

A produção de mudas florestais é uma atividade rentável (LEMOS; MARANHÃO, 2008), sendo que, as mudas são destinadas principalmente para a recuperação e restauração de áreas degradadas e reflorestamento, e em menor escala, utilizam-se mudas nativas para ornamentação e arborização de espaços urbanos e rurais (BELLEI, 2013).

A produção de mudas é realizada nos viveiros florestais, conhecido como um “berçário de plantas ou berçário de florestas”. A principal função de um viveiro é fornecer mudas de qualidade, propiciando às plantas condições de desenvolvimento para que possam expressar o seu potencial genético de melhor forma. O bom desempenho do viveiro se deve a um bom material propagativo, ambiente que forneça luz e água com qualidade, sistemas de irrigação, coberturas adequadas e controle fitossanitário (GÓES, 2006). O manejo adotado em um viveiro varia em função do sistema escolhido, que pode ser a céu aberto, hidropônico, em leito de areia, em tubetes, devendo considerar a espécie escolhida, o tipo de propagação, a produtividade anual e o espaçamento adotado (ALFENAS *et al.*, 2009).

A qualidade das mudas tem grande importância no sucesso do reflorestamento, e o principal atributo para obtenção de boas mudas, quando estas são de origem seminal, é a qualidade fisiológica, baseado na capacidade germinativa e vigor dos lotes de sementes (GONÇALVES; PAULA; DESMATLÊ, 2008). Para determinar a qualidade das mudas florestais, observam-se parâmetros morfológicos e fisiológicos, esses são influenciados pela genética e procedência das sementes, pelas condições ambientais e técnicas de produção que vão desde a semeadura à entrega das mudas prontas para plantio (GOMES *et al.*, 2002).

Os principais parâmetros observados nos viveiros para determinar a qualidade das mudas produzidas são a altura de parte aérea e diâmetro de coleto, pela facilidade de serem obtidos e por não serem métodos destrutivos (THOMAS, 2007). Gomes *et al.* (2002), ressaltam que estes dois parâmetros apresentam contribuição relativa para a avaliação da qualidade da muda de cerca de 80%.

Um fator determinante para a produção de mudas é o substrato, que tem a função de sustentação da planta e fornecimento de nutrientes. O substrato é composto por uma parte sólida com partículas minerais e orgânicas, parte líquida com a solução do solo, e por fim uma parte

gasosa composta por ar (GOMES *et al.*, 2002). Além disso, o desenvolvimento do sistema radicular de uma planta é influenciado pela aeração do solo, e por isso é necessário que um substrato possua alta porosidade, pois nestes espaços haverá a presença de água contendo várias substâncias dissolvidas (STURION, 1981). Segundo Sturion (1981), se a aeração for deficiente, a alta compactação ou excesso de água, o sistema radicular será prejudicado em seu desenvolvimento. Esse dado pode ser determinado pela comparação com outras raízes em perfeitas condições de aeração do solo, estas devem apresentar cor clara, serem longas, e possuírem grande quantidade de pelos absorventes.

2.4 SUBSTRATO

Segundo Danner *et al.* (2007) e Bellei (2013), os substratos comercializados apresentam normalmente características físico-químicas adequadas à formação inicial de diversas espécies, porém o alto custo de aquisição pode inviabilizar a produção e por isso, há a necessidade de desenvolver um substrato que possa ser facilmente obtido, com características químicas, físicas, biológicas e econômicas desejáveis. O substrato tem por finalidade garantir o desenvolvimento das mudas, em curto período, ao menor custo possível e adequado a suas exigências nutricionais (CUNHA *et al.*, 2006).

Dutra *et al.* (2017), relata que a escolha de substrato ideal interfere na qualidade das mudas, as suas características físicas, químicas e biológicas se devem as proporções de cada material utilizado, e a utilização de fontes alternativas pode substituir o uso de substratos comerciais, podendo reduzir os custos da produção de mudas. Segundo o mesmo autor, a casca de arroz como é um material amplamente disponível em regiões produtoras da cultura, depois de carbonizado pode ser utilizado como componente para formulação de um substrato (DUTRA *et al.*, 2017). O lodo de esgoto doméstico (biossólido) também pode ser uma alternativa viável como fonte de matéria orgânica na composição de substratos, pois pode suprir a falta de componentes orgânicos, como exemplo o esterco bovino (ABREU *et al.*, 2017).

A utilização de resíduos como componentes de substratos para a produção de mudas florestais pode ser uma alternativa viável, além de uma saída para a destinação final desses materiais, porém é necessário que seja realizada a caracterização química dos resíduos, afim de melhor explorar suas potencialidades, e garantir o sucesso na produção de plantas de espécies florestais (SANTOS *et al.*, 2014).

Segundo Lemos e Maranhão (2008), um substrato de qualidade deve ter boa drenagem, apresentar quantidade suficiente de matéria orgânica, e ser livre de agentes patogênicos. Além destas, Scremin-Dias *et al.* (2006) também citam outras características desejáveis e necessárias para o desenvolvimento eficiente das mudas que o substrato deve reunir, entre estas a retenção equilibrada de água, boa aeração e leveza, o substrato deve ter um nível baixo a médio de fertilidade, apresentar homogeneidade, capacidade de absorção de água e nutrientes, facilidade de manuseio, ser de fácil aquisição e não deve conter substâncias tóxicas às mudas. O substrato deve ter o pH na faixa de 6,0 a 6,5, considerada ideal para proporcionar a absorção de todos os nutrientes que a planta necessita para o seu crescimento (SCREMIN-DIAS *et al.*, 2006).

Substratos formulados com biossólidos tem aceitação para produção de mudas de espécies florestais, visto que este resíduo contribui no fornecimento de nutrientes às mudas, além de contribuir para minimizar a poluição ambiental, já que geralmente não se tem descarte adequado desse resíduo (SANTOS *et al.*, 2014). Na composição do substrato para o crescimento de mudas, a fonte orgânica é responsável pela retenção de umidade e fornecimento de parte dos nutrientes (CUNHA *et al.*, 2006).

2.5 VERMICOMPOSTAGEM DE RESÍDUOS

A vermicompostagem é um processo realizado por minhocas que busca, a produção de adubo estabilizado, sendo considerado uma alternativa baixo custo. Necessitando basicamente de temperatura, umidade, aeração e qualidade nutricional dos resíduos (Aquino, 2003). Segundo o mesmo autor, o adubo resultante da vermicompostagem, favorece a melhoria das propriedades físicas do solo, como agregação de partículas.

Este processo diminui o tempo para obtenção do húmus, minimiza as perdas de nutrientes, além de possibilitar a obtenção de um material mais homogêneo (SCHIRMER, 2010). A vermicompostagem é uma forma de se reduzir a disponibilidade de metais pesados que possam estar presentes nos resíduos, de origem doméstica, agrícola ou industrial. Essa técnica não elimina os elementos, mas reduz as chances de estes serem extraídos pelas plantas ou para lixiviados para corpos de água, e assim evitando possíveis problemas ambientais (CARLESSO, RIBEIRO, HOEHNE, 2011).

3 MATERIAL E METÓDOS

3.1 CARACTERIZAÇÃO DO RESÍDUO DA INDÚSTRIA DE PAPELÃO (RIP)

Foram realizados dois experimentos conduzidos em casa de vegetação na Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), localizado no município de Curitibanos, SC. O material utilizado foi disponibilizado por uma empresa que recicla aparas de papel, sendo derivado da estação de tratamento de efluentes (ETE), e proveniente do nível primário de tratamento.

As análises químicas dos resíduos foram determinadas no Laboratório de Fertilizantes, Corretivos e Resíduos Orgânicos do Departamento de Ciências do Solo, ESALQ-USP, Piracicaba – SP, antes e após a vermicompostagem (Anexo A, B, C e D).

3.2 EXPERIMENTO I

Neste experimento, foram testados cinco tratamentos, com diferentes proporções do volume do RIP associado ao substrato comercial florestal, sendo estes: T0 – Testemunha, 100% substrato comercial; T1 – substrato comercial + 20% de RIP; T2 – substrato comercial + 40% de RIP; T3 – substrato comercial + 60% de RIP; T4 – substrato comercial + 80% de RIP. As misturas dos componentes para a formação dos substratos foram realizadas de forma manual e, posteriormente, realizado o preenchimento dos tubetes com volume de 175 cm³.

Para avaliar o potencial do resíduo na composição de substratos, foi utilizada a espécie florestal *P. taeda*, cujas sementes foram doadas pelo viveiro Agroflorestal Primon de Curitibanos, SC. As sementes foram imersas em água por 24 horas e após, ficaram 50 dias em freezer com temperatura entre 0 a 5°C (BRASIL, 2009a) para superar a dormência. Foram semeadas duas sementes por recipiente, e depois da germinação foi realizado desbaste (quando necessário), deixando-se apenas uma plântula por recipiente, dando preferência pela mais central e vigorosa.

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado (DIC), sendo cinco tratamentos com quatro repetições, e cada repetição composta por 20 mudas. A irrigação das mudas foi realizada por microaspersão, sendo o sistema ligado seis vezes por dia, por período de dois minutos cada, suficiente para umedecer todo o material dos tubetes. A luminosidade

programada em 12 horas luz por dia e temperatura de 25°C. Durante o acompanhamento das mudas foi realizada a retirada manual das plantas daninhas presentes em cada recipiente.

As mudas foram avaliadas quanto à altura de parte aérea e diâmetro do coleto, utilizando-se régua graduada e paquímetro digital, respectivamente, em intervalos de 30 dias entre uma mensuração e outra, até atingir 190 dias. A primeira avaliação foi aos 40 dias após a semeadura. As mudas não receberam nenhuma fonte de fertilizante.

Ao final do experimento, amostras das repetições foram separadas, sendo cinco mudas de cada repetição (resultando em 20 mudas para cada tratamento), com altura e diâmetro próximos da média, foi realizado o fracionamento das mudas para determinação da biomassa da parte aérea e biomassa de raízes, onde cada parte da muda foi devidamente identificada e acondicionada em sacos de papel para secar em estufa a temperatura de 65°C por 72 h. Posteriormente, o material foi pesado para obtenção de massa seca de parte aérea (MSPA) e massa seca de raízes (MSR), obtendo-se também massa seca total (MST). Com esses dados foi calculado o índice de qualidade de Dickson (IQD), conforme equação 1.

$$IQD = \frac{MST (g)}{H (cm) \div DC(mm) + MSPA(g) \div MSR(g)} \quad (1)$$

Onde:

IQD = índice da qualidade de Dickson

H (cm) = altura em centímetros

DC (mm) = diâmetro do coleto em milímetros

MSPA (g) = massa seca da parte aérea em gramas

MSR (g) = massa seca de raízes

MST (g) = massa seca total em gramas

Após a coleta dos dados, os mesmos foram submetidos a análise descritiva (médias e desvios padrão) para avaliação do crescimento das mudas ao longo do tempo. Os dados da última avaliação foram submetidos aos pressupostos da ANOVA, e as variáveis que não atenderam a normalidade, foram transformados por $\sqrt{(x+1)^{0.5}}$, após foi realizada análise de variância (Apêndice A) e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade com o software SISVAR 5.6 (FERREIRA, 2011), e para a apresentação dos resultados foram utilizadas as médias originais (dados não transformados).

3.3 EXPERIMENTO II

Após a obtenção dos resultados do experimento I, deu-se prosseguimento ao experimento II, no qual o RIP foi submetido à vermicompostagem com duas espécies de minhocas (Figura 1): *Eisenia andrei* que pode atingir comprimento de até 13 cm em indivíduos adultos e *Perionyx excavatus* que chega a atingir 18 cm. Posteriormente à vermicompostagem, o mesmo foi utilizado para a formulação dos substratos (composição dos tratamentos).

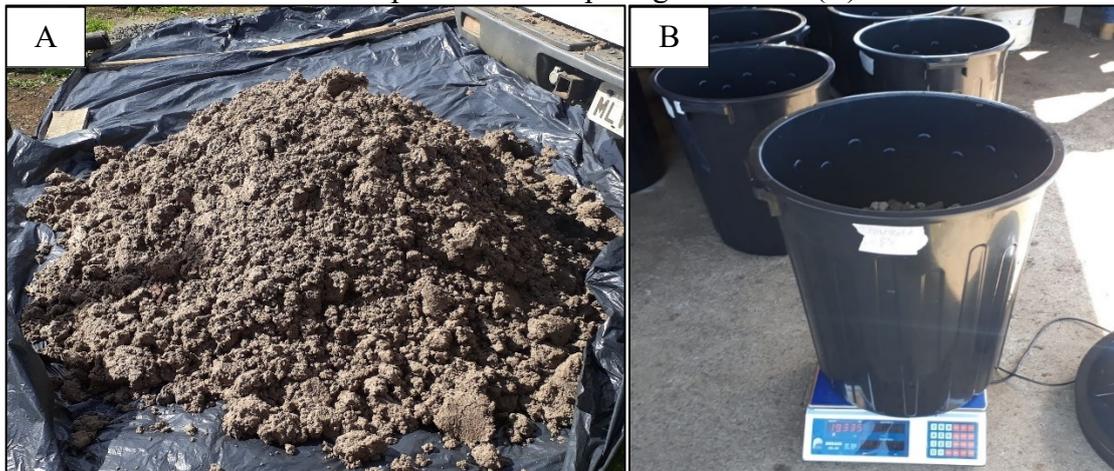
Figura 1 – Aspectos visuais das duas espécies de minhocas, utilizadas no processo de vermicompostagem do Resíduo da Indústria do Papelão (RIP): *Eisenia andrei*, minhoca californiana (A); *Perionyx excavatus*, minhoca violeta do himalaia (B).



Fonte: Schiedeck *et al.*, (2019)

Para a vermicompostagem foram utilizados recipientes plásticos sem passagem de luz (Figura 2) com volume de 60 L, contendo 20 kg de RIP em cada. Foram utilizados três recipientes para cada espécie de minhoca, sendo adicionado em cada um 200 minhocas. Ainda, para o controle (testemunha), em três recipientes foi adicionado somente o resíduo sem minhocas. Os recipientes foram fechados com tampa escura e armazenados por quatro meses em ambiente fresco e arejado, em casa de vegetação, sendo acompanhados semanalmente para garantir adequado suprimento de água. Não foi necessária a adição de água.

Figura 2 – Aspectos visuais do Resíduo da Indústria do Papelão (RIP) (A); recipientes utilizados para vermicompostagem do RIP (B).



Fonte: o autor (2019).

Foram utilizadas três formas de composição do RIP para a preparação dos substratos, sendo estes: vermicomposto do RIP por *Eisenia andrei* + substrato comercial; vermicomposto do RIP por *Perionyx excavatus* + substrato comercial, e RIP (sem vermicompostagem) + substrato comercial. Para o experimento foram testados 13 tratamentos com diferentes formulações conforme o quadro 1.

Quadro 1 – Composição dos substratos testados no Experimento II.

Tratamento	% Substrato Comercial	% Resíduo (RIP)	Agente vermicompostor
T1	100	-	-
T2	80	20	<i>E. andrei</i>
T3	60	40	<i>E. andrei</i>
T4	40	60	<i>E. andrei</i>
T5	20	80	<i>E. andrei</i>
T6	80	20	<i>P. excavatus</i>
T7	60	40	<i>P. excavatus</i>
T8	40	60	<i>P. excavatus</i>
T9	20	80	<i>P. excavatus</i>
T10	80	20	-
T11	60	40	-
T12	40	60	-
T13	20	80	-

Fonte: o autor (2020).

No experimento II os procedimentos para preparação dos substratos, preenchimento do tubetes (175 cm³), sementes e semeadura foram realizadas conforme metodologia descrita

no experimento I. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado (DIC), sendo 13 tratamentos com quatro repetições, e cada repetição composta por 15 mudas.

As condições de manejo e avaliação foram iguais ao experimento I, mas contou com a adição da adubação mensal de 4 mg de NPK (9-33-12) por tubete, utilizando uma colher dosadora, a cada 30 dias durante todo o experimento de 6 meses.

Ao final deste experimento os dados coletados foram submetidos à análise descritiva (médias e desvios padrão) para acompanhamento do crescimento ao longo do tempo. Os dados da última avaliação foram submetidos aos pressupostos da ANOVA. As variáveis que não atenderam a normalidade foram transformados por $\sqrt{(x+1)^{0,5}}$, após foram submetidos à análise de variância (Apêndice B) e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade com o software SISVAR 5.6 (FERREIRA, 2011), e para a apresentação dos resultados foram utilizados as médias originais (dados não transformados).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 CARACTERIZAÇÃO DO RESÍDUO DA INDÚSTRIA DO PAPELÃO (RIP)

Observa-se na Tabela 1, diferenças na composição química do RIP utilizado nos experimentos I e II, o que deve-se ao fato dos resíduos serem de lotes diferentes, e sabe-se que a composição destes na reciclagem é afetada pelas características das aparas de papel que chegam à indústria, em especial quanto a concentração de tinta (BALBINOT JUNIOR *et al.*, 2006).

Tabela 1 – Análise química do RIP sem vermicompostagem e com vermicompostagem com *Eisenia andrei* e *Perionyx excavatus*.

Tratamento dos resíduos	N	P	K	Ca	Mg	S	Na	C/N	pH
	-----%-----						mg/kg	-	-
Experimento I: RIP	0,33	0,06	0,09	1,95	0,10	0,07	880	59	8,2
Experimento II: RIP	0,16	0,03	0,02	0,94	0,05	0,03	594	55	6,5
Experimento II: RIP/ <i>E. andrei</i>	0,14	0,03	0,01	0,88	0,05	0,02	617	52	6,6
Experimento II: RIP/ <i>P. excavatus</i>	0,14	0,03	0,03	0,76	0,07	0,02	664	47	6,7
Recomendado <i>P. taeda</i>	0,90*	2,70*	0,30*	-	-	-	<625**	<20***	6,5****

Fonte: o autor (2020)

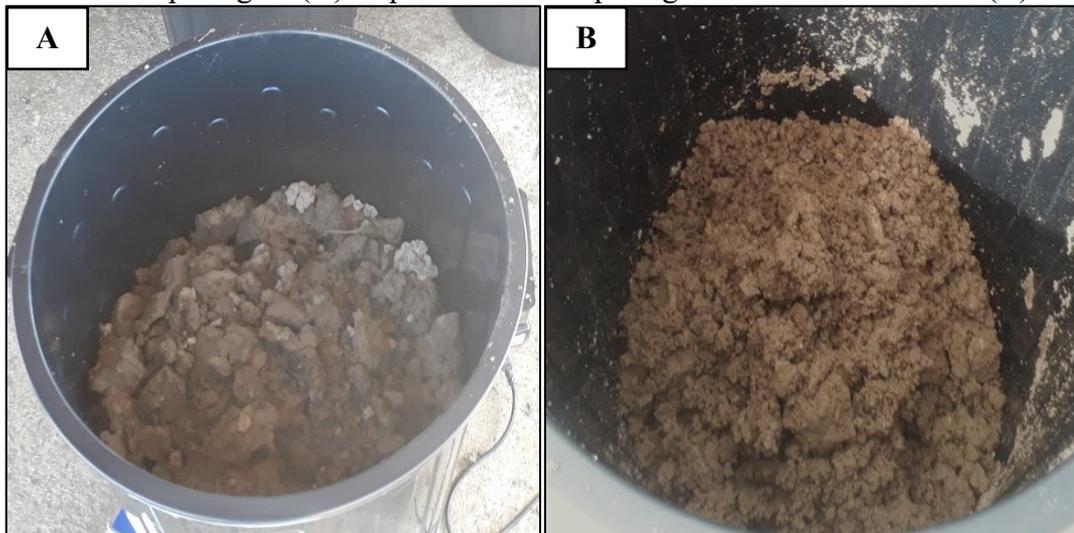
Legenda: *Novaes (2001); **Maeda, Silva e Bognola (2010); ***Brasil (2009b); ****Scremin-Dias *et al.* (2006)

A partir dos resultados observados no experimento I, juntamente com a análise química do RIP (Tabela 1), na qual verifica-se elevada relação Carbono/Nitrogênio (59/1), presume-se que os resultados possam estar relacionados a alta relação C/N, pois, quando esta é alta, ocorre a imobilização do nitrogênio pelos microrganismos no processo de decomposição dos resíduos orgânicos (ANDREANI JÚNIOR *et al.*, 2011). A relação adequada para produto bioestabilizado, é de aproximadamente 18/1 (C/N) (KIEHL, 2001), e a instrução normativa nº 25 do Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2009b) destaca que a relação C/N não pode ultrapassar a 20/1 para substratos comerciais.

Desta forma, o RIP foi submetido a vermicompostagem para diminuir a relação C/N, pois, neste processo, as minhocas ingerem o resíduo orgânico fracionando e estimulando atividade de microrganismos, acelerando a mineralização dos nutrientes (PINTO, 2015), entretanto, isto não foi verificado após a vermicompostagem do RIP, pois a relação C/N permaneceu alta, apresentando leve redução para o vermicompostado por *P. excavatus*, e a composição química quase inalterada (Tabela 1). Segundo Aquino (2003) esse processo não é

capaz de apresentar rápida disponibilidade de nutrientes, mas favorece especialmente a melhoria das propriedades físicas do material, que pode ser um parâmetro a ser utilizado em futuras análises, já que foi observado alteração no aspecto visual do resíduo, conforme Figura 3.

Figura 3 – Aspecto visual do Resíduo da Indústria do Papelão (RIP) antes da vermicompostagem (A) e após a vermicompostagem com *Eisenia andrei* (B).



Fonte: o autor (2019)

Neste estudo, a utilização das espécies *E. andrei* e *P. excavatus* se deve a capacidade de serem criadas usando uma ampla variedade de substratos orgânicos, bem como resíduos domésticos, agrícolas e industriais.

A mortalidade de todas as minhocas da espécie *P. excavatus* foi observada durante o processo da vermicompostagem, haja vista que não foi observada fuga e alguns indivíduos encontrados, permaneceram imóveis ao manipular o resíduo. Indicando assim, que nesse caso o resíduo não forneceu condições ideais para garantir a reprodução da espécie. A espécie *E. andrei* permaneceu até o final do processo de vermicompostagem (quatro meses), demonstrando sua tolerância a este tipo de resíduo, o que pode ser, ratificado em outro estudo com o mesmo resíduo, no qual não foi verificada toxicidade do resíduo em ensaio de fuga para *E. andrei* (SILVA, 2017).

Em relação ao pH do substrato, para proporcionar a absorção de todos os nutrientes que a planta necessita para o seu crescimento, o mesmo deve estar na faixa entorno de 6,5. Os valores de pH do RIP podem ser visualizados na Tabela 1, e estão dentro da faixa adequada, e o substrato comercial apresenta pH $6,0 \pm 0,5$, segundo rótulo da embalagem.

As concentrações de macronutrientes do RIP (Tabela 1) são relativamente baixas considerando as demandas nutricionais para crescimento e desenvolvimento de espécies florestais (NOVAES *et al.*, 2001). Portanto, fertilizações são necessárias, visando compensar a falta dos elementos nutritivos (CARNEIRO, 1995). Remade (2011) sugere em viveiros comerciais a utilização de adubação de base para a produção de mudas de *P. taeda* e também adubação de cobertura, parceladas em 3 ou 4 aplicações. Estudos recomendam, a suplementação com os macronutrientes nitrogênio (N) e fósforo (P), sendo N, responsável pela formação dos tecidos das plantas, e o P como uma reserva adicional, visto que esse elemento tem baixa mobilidade no solo (THOMAS, 2017).

Os valores nutricionais observados para o RIP se encontram muito abaixo das concentrações observadas por Abreu *et al.* (2017) em resíduo de ETE, proveniente de esgoto doméstico (biossólido). Conforme o mesmo autor, resíduos domésticos apresentam alta carga de nutrientes, sendo uma alternativa interessante para a produção de mudas, o que não se verifica no RIP, que possui origem distinta.

A utilização do biossólido na produção de mudas do ipê (*Handroanthus heptaphyllus*), aumentou a microporosidade, a capacidade de retenção de água, densidade do substrato, além de fornecer macro e micronutrientes para as mudas, que apresentaram maiores médias de altura e diâmetro de coleto, quando cultivadas em substrato contendo 50% biossólido + 50% substrato comercial a base de casca de pinus bioestabilizada (ABREU *et al.*, 2017). Outra espécie que apresentou significativos resultados nos aspectos morfológicos das mudas, foi o cambará (*Moquiniastrum polymorphum*), para a qual indica-se combinações de 20 a 60% de biossólido + 20 a 60% de esterco bovino + 20% de fibra de coco (FARIA *et al.*, 2017).

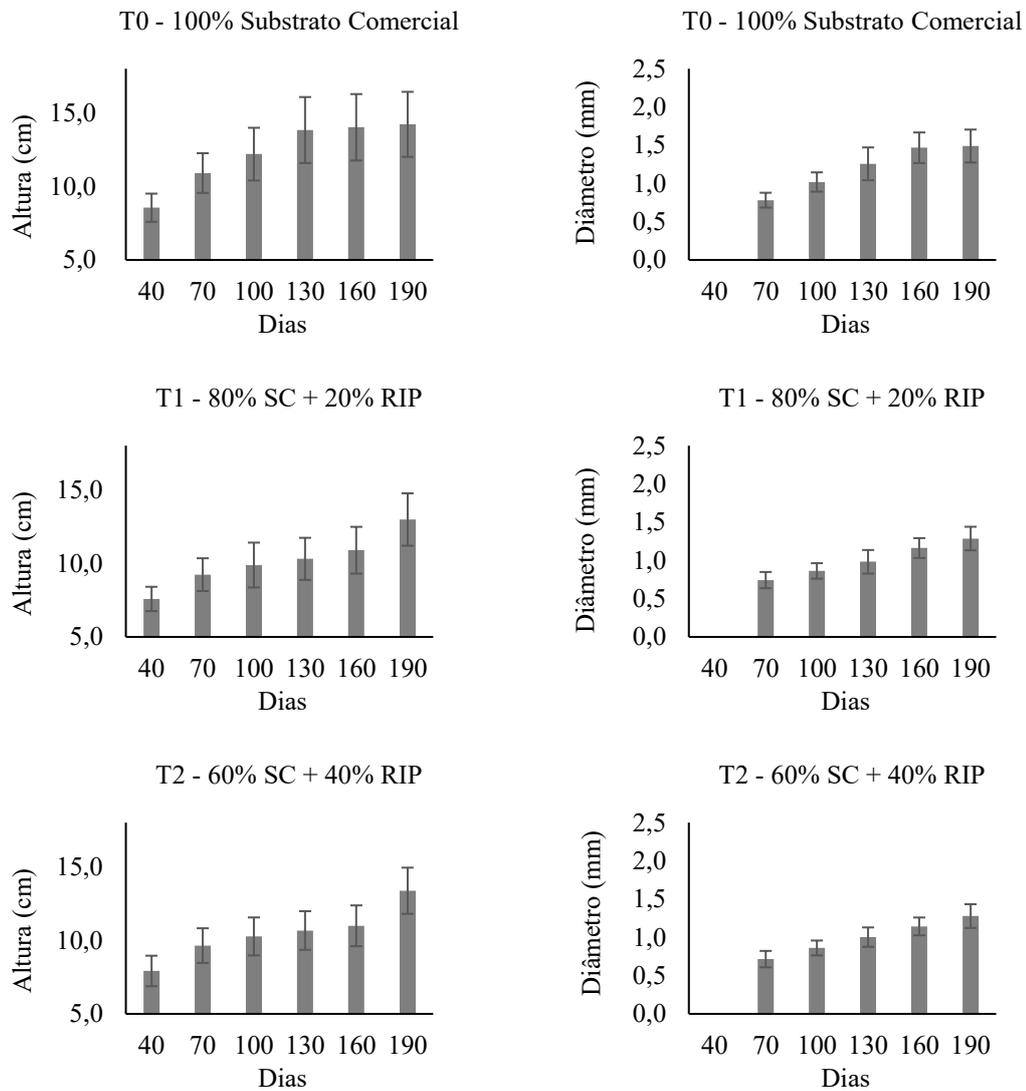
O uso de casca de pinus e lodo biológico secundário resultante da ETE de uma indústria de celulose e papel como substrato para produção de mudas de *P. taeda* apresentou bons resultados, nas proporções de 45% de lodo + 45% de casca + 10% de solo (MAIA, 1999). Portanto, a mistura do resíduo em estudo com alguma fonte de nutrientes, em especial o nitrogênio, poderia apresentar resultados mais promissores, o que precisa ser estudado.

4.2 EXPERIMENTO I – PRELIMINAR

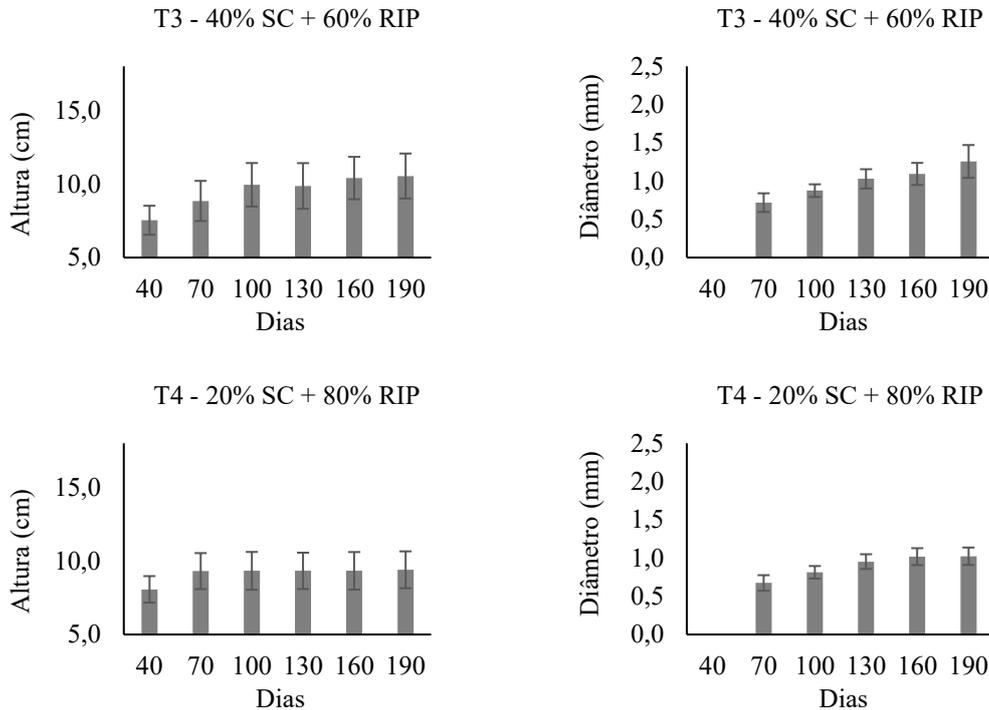
No experimento I pode-se verificar que houve crescimento tanto em altura como em diâmetro de coleto em todos os tratamentos, entretanto com evoluções distintas ao longo do

tempo, sendo que, à medida que aumenta a proporção do RIP na formulação dos substratos, a taxa de crescimento diminui (Figura 4).

Figura 4 – Médias e desvios padrão de altura de parte aérea e diâmetro de coleto de mudas de *P. taeda* L. submetidas a diferentes substratos, ao longo do tempo do Experimento I.



Continua



Fonte: o autor (2020)

Legenda: SC - substrato comercial; RIP - resíduo da indústria do papelão.

A mensuração do diâmetro do coleto não foi realizada aos 40 dias (primeira avaliação) para evitar danos físicos às mudas neste período inicial. A partir da segunda avaliação (70 dias), a variável foi mensurada.

Quando as mudas foram cultivadas com 100% de substrato comercial (T0), o crescimento das mudas foi mais homogêneo; entretanto, a média de altura de parte aérea e diâmetro de coleto, observadas aos 180 dias foram de 14,0 cm e 1,49 mm (Figura 4), respectivamente, valores abaixo do padrão esperado para mudas de *P. taeda*, as quais deveriam apresentar entre 20-30 cm de altura e 2,0 mm de diâmetro de coleto, para serem levadas para o plantio no campo (THOMAS, 2007).

A altura de parte aérea das mudas para os tratamentos T3 e T4, compostos por 60% e 80% de RIP, respectivamente, tiveram crescimento quase nulo a partir da segunda mensuração. O diâmetro do coleto também apresentou os menores ganhos de crescimento ao longo do tempo para ambos os tratamentos (Figura 4).

Os valores de altura e diâmetro de coleto observados na Figura 4, foram semelhantes aos encontrados por Maia (1999) para as mesmas variáveis, utilizando resíduos do nível

secundário da indústria de papel e papelão do tipo Kraft + casca de pinus, para mudas de *P. taeda* L. De acordo com a recomendação de Ambiente Brasil (2006), as mudas de pinus devem permanecer no viveiro até que atinjam altura de parte aérea de 20 a 30 cm. Thomas (2007), em estudo com *P. taeda* L., observou altura de 29,0 cm para as mudas aos 180 dias ao utilizar fertilização de base com macronutrientes, e afirma que os resultados são dependentes dos métodos de produção empregados bem como aos insumos utilizados.

Sendo assim, observa-se que as mudas cultivadas nos diferentes substratos utilizados neste trabalho (experimento I) não atingiram altura de parte aérea e diâmetro de coleto adequados, ao final de 190 dias de cultivo, sugerindo que os nutrientes contidos nos substratos não foram suficientes para garantir o crescimento adequado, sendo necessária suplementação nutricional. Outro fator que pode estar relacionado é a baixa aeração do material. Segundo Maia (1999), não deve-se utilizar o resíduos da indústria do papel e papelão puro, sendo necessária adição de outros componentes à mistura para melhorar a aeração, ainda relata que o resíduo apresenta boa retenção de água.

A utilização do RIP na formulação de substratos apresentou diferenças significativas entre os tratamentos para as variáveis: altura da parte aérea, diâmetro do coleto, massa seca da parte aérea, massa seca de raiz, massa seca total e índice de qualidade de Dickson (Tabela 2).

Tabela 2 – Médias de altura de parte aérea (H), diâmetro de coleto (DC), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR), massa seca total (MST), e índice de qualidade de Dickson (IQD) de mudas de *P. taeda* aos 190 dias após emergência, cultivadas em diferentes substratos.

Trat.	Proporção	H	DC	MSPA	MSR	MST	IQD
		cm	mm	g			-
T0	100% Substrato Comercial	14,0 a*	1,49 a	0,225 a	0,296 a	0,521 a	0,050 a
T1	80% SC + 20% RIP	11,6 a	1,29 b	0,216 a	0,235 b	0,452 b	0,048 a
T2	60% SC + 40% RIP	11,6 a	1,28 b	0,155 b	0,236 b	0,391 c	0,037 b
T3	40% SC + 60% RIP	10,4 b	1,26 b	0,127 c	0,166 c	0,293 d	0,032 b
T4	20% SC + 80% RIP	9,3 b	1,02 c	0,077 d	0,127 d	0,204 e	0,020 c
CV%		5,27	5,68	6,87	5,82	6,17	10,33

Fonte: Elaborada pelo autor (2020)

*Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Legenda: SC – substrato comercial; RIP – resíduo da indústria do papelão.

As mudas apresentaram crescimento médio em altura de parte aérea entre 9,3 e 14 cm, entre os tratamentos. As maiores médias ocorreram nos tratamentos T0, T1 e T2, diferenciando-se dos demais, e os tratamentos T3 e T4 apresentaram as menores médias de crescimento em

altura de parte aérea (Tabela 2). Este valor está muito abaixo ao encontrado por Rossi (2008) que, em estudo com mudas de *P. taeda*, encontrou altura média da parte aérea, após oito meses de cultivo, de 31,8 cm.

O crescimento em diâmetro de coleto das mudas de *P. taeda* variou de 1,02 a 1,49 mm. A maior média foi obtida no tratamento T0, diferenciando-se das demais médias. O tratamento T4, com 80% de RIP, apresentou a menor média de crescimento em diâmetro de coleto, diferenciando-se dos demais (Tabela 2). Segundo D'Avila *et al.* (2011) o nutriente potássio é o principal responsável pelo incremento do diâmetro do colo, sendo muito utilizado na adubação de cobertura na fase de rustificação de mudas florestais. Thomas (2007), em estudo com mudas de *P. taeda*, observou valores de 2,76 mm de diâmetro de coleto aos 180 dias após semeadura, e destaca que este parâmetro é o maior responsável pela sobrevivência das mudas no campo.

Por meio dos resultados apresentados para altura de parte aérea e diâmetro de coleto, pode-se afirmar que os substratos utilizados apresentam baixos teores de macronutrientes, conforme Tabela 1, e de acordo com Graciano *et al.* (2006), estes nutrientes são os que mais comumente limitam o crescimento de mudas na fase inicial de produção por serem exigidos em maior quantidade.

Em relação a massa seca de parte aérea, as médias variaram entre 0,077 a 0,225 g/planta, sendo observadas as maiores médias nos tratamentos T0 e T1, que se diferenciaram dos demais. O tratamento T4, apresentou a menor média para a variável massa seca de parte aérea. Para massa seca de raiz, as médias encontradas ficaram entre 0,127 a 0,296 g/planta, sendo a maior média obtida no tratamento T0 (testemunha), seguida dos tratamentos T1 e T2 que não diferiram entre si, seguido de T3 e T4, este último, novamente apresentou a menor média e se diferenciou dos demais. Para massa seca total as mudas alcançaram médias entre 0,294 a 0,521 g/planta, sendo a maior média observada no tratamento T0, seguidas dos tratamentos T1, T2, T3 e T4, respectivamente.

Para os parâmetros relacionados a biomassa seca, Thomas (2007), encontrou valor médio de parte aérea de 1,76 g/planta obtido para as mudas de *P. taeda* L. aos 180 dias, portanto, acima da encontrada neste trabalho. Para massa seca de raiz o mesmo autor obteve média de 0,56 g/planta, sendo superior ao encontrado neste trabalho (Tabela 2). Sarcinelli *et al.* (2004), avaliando a produção de biomassa de mudas de acácia (*Acacia holosericea*), constataram reduções na produção de massa seca total quando excluíram alguns elementos para as plantas, observando os menores valores para os tratamentos sem N, ou sem Mg, ou sem S, ou sem K. Sendo assim, é possível considerar que esses elementos são fundamentais para o incremento da

massa seca total de acácia, o que também pode acontecer com o *P. taeda* demonstrando a importância de estudos posteriores.

Em relação ao índice de qualidade de Dickson (IQD), que é um dos índices mais utilizados para avaliação da qualidade de mudas florestais (GOMES; PAIVA, 2011), as mudas alcançaram valores entre 0,020 a 0,050 (Tabela 2). Estes, são muito baixos, quando comparados aos observados para mudas de *P. taeda* L. por outros autores, 0,17 (THOMAS, 2007); e 0,10 (ROSSI, 2008). Isto ratifica a baixa qualidade das mudas obtidas neste trabalho, pois quanto maior o valor de IQD maior é o grau de qualidade da muda (JOSÉ; DAVIDE; OLIVEIRA, 2005).

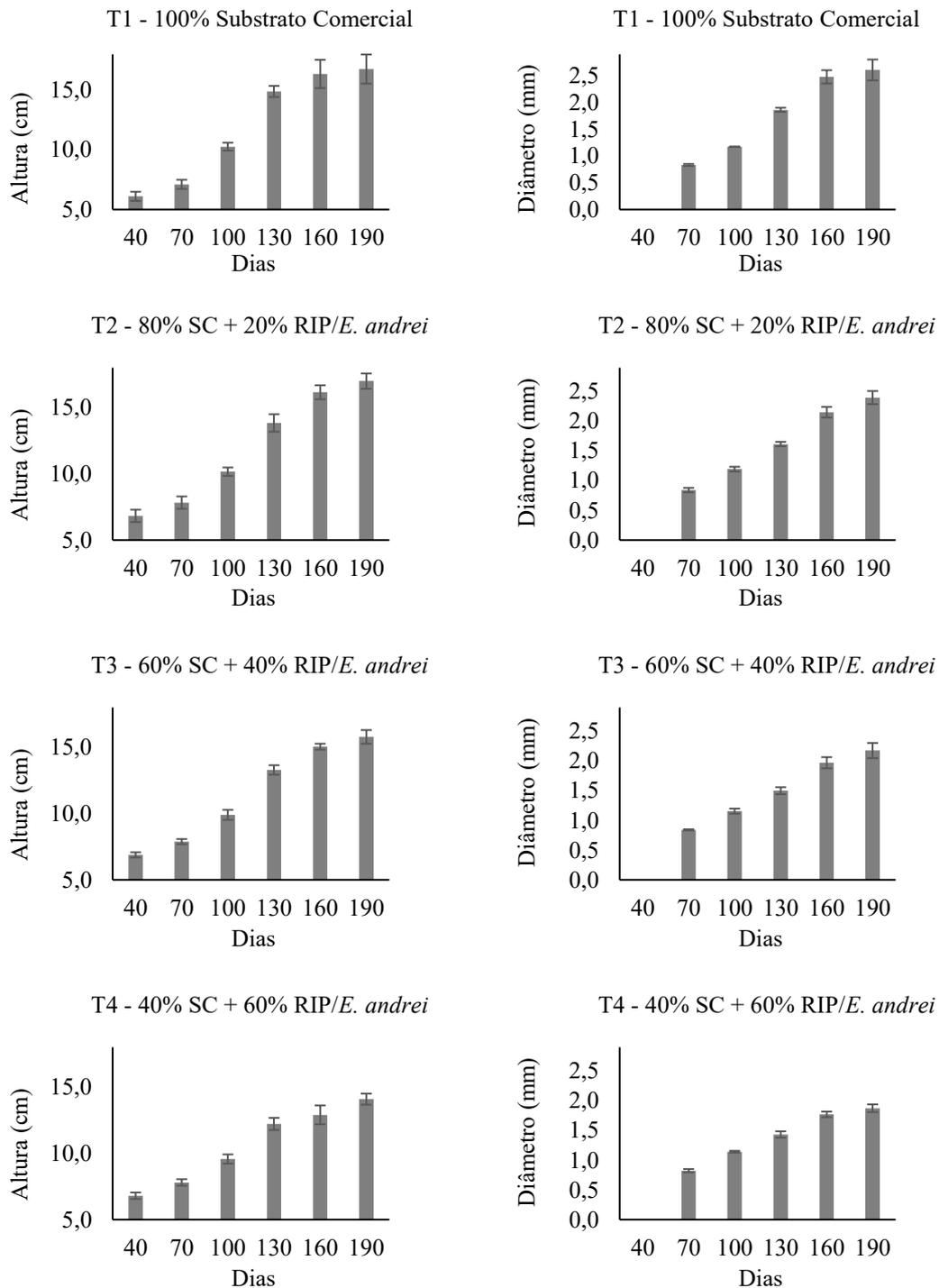
Os resultados obtidos no experimento I demonstram, de modo geral, a baixa qualidade das mudas produzidas em todos os substratos, visto que o resíduo utilizado para a formulação apresenta presença elevada de sódio (Na) e baixos teores de macronutrientes (Tabela 1) e que a desordem nutricional pode levar a um desenvolvimento abaixo do normal das mudas (TRAZZI *et al.*, 2013). Segundo Maeda (2010), são necessárias ações para minimizar a influência do Na sobre as plantas de *P. taeda*, sendo que estas são sensíveis a tal elemento. Além de fertilizações que promovam uma liberação homogênea dos nutrientes durante o período de produção das mudas (SCIVITTARO; OLIVEIRA; RADMANN, 2004). Apesar da falta de nutrição adequada, outro fator que pode ter interferido de forma negativa no crescimento das mudas são as demais características do RIP, sendo essas características importantes para obtenção de um bom substrato, devendo ter boa quantidade de matéria orgânica, retenção equilibrada de água, leveza e boa aeração (SCREMIN-DIAS *et al.*, 2006). Maia (1999) relata que resíduos das indústrias de papel e papelão apresentam pouca aeração para serem utilizados em grandes proporções para a composição de substratos, dificultando o desenvolvimento de mudas.

4.3 EXPERIMENTO II

Na Figura 5, é possível visualizar o comportamento do crescimento em altura de parte aérea e diâmetro de coleto ao longo do tempo, nos diferentes tratamentos (substratos). Neste experimento (II) o RIP foi submetido previamente ao processo de vermicompostagem (Tabela 1), buscando reduzir a relação C/N, afim de aumentar a disponibilidade de nutrientes para as plantas e produzir mudas de maior qualidade.

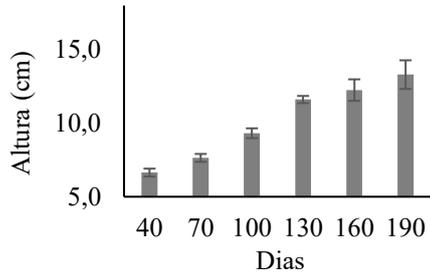
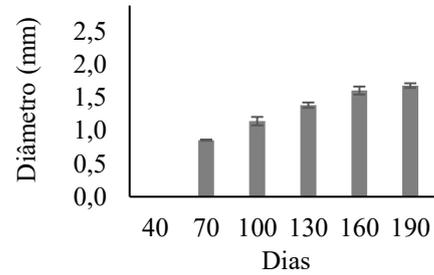
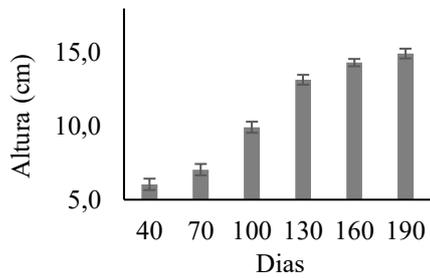
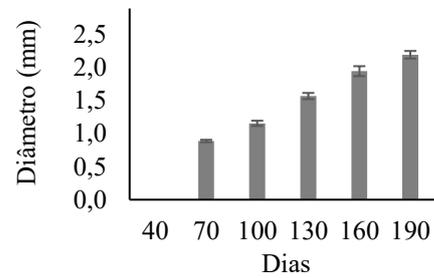
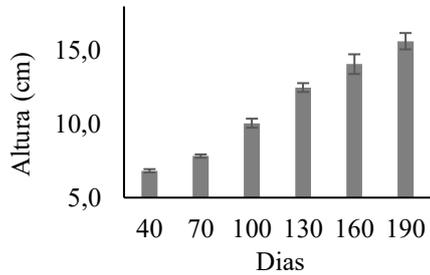
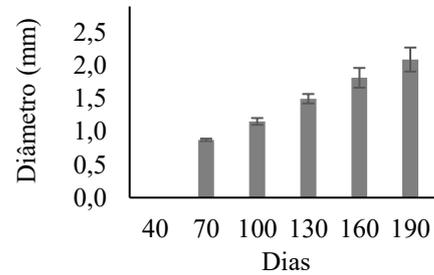
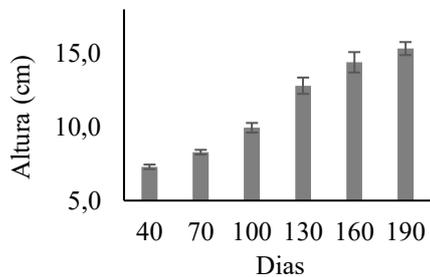
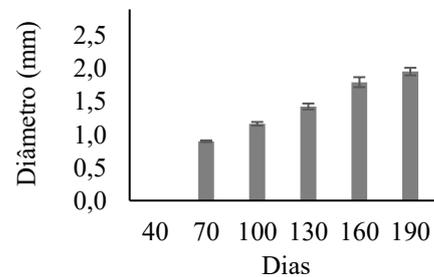
Os padrões de crescimento das mudas foram semelhantes aos observados no experimento I, à medida que aumenta a proporção do RIP na formulação dos substratos, a taxa de crescimento diminui (Figura 5).

Figura 5 – Médias e desvios padrão das variáveis altura de parte aérea e diâmetro de coleto de mudas de *P. taeda* submetidas a diferentes substratos, ao longo do tempo do Experimento II.



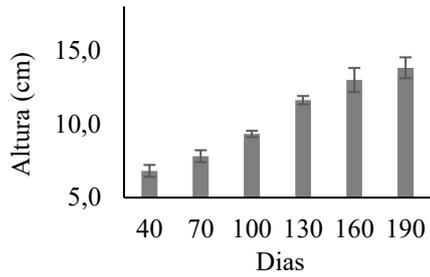
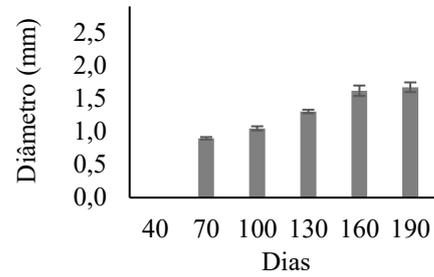
Continua

continuação

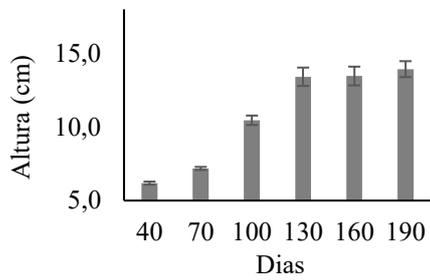
T5 - 20% SC + 80% RIP/*E. andrei*T5 - 20% SC + 80% RIP/*E. andrei*T6 - 80% SC + 20% RIP/*P. excavatus*T6 - 80% SC + 20% RIP/*P. excavatus*T7 - 60% SC + 40% RIP/*P. excavatus*T7 - 60% SC + 40% RIP/*P. excavatus*T8 - 40% SC + 60% RIP/*P. excavatus*T8 - 40% SC + 60% RIP/*P. excavatus*

Continua

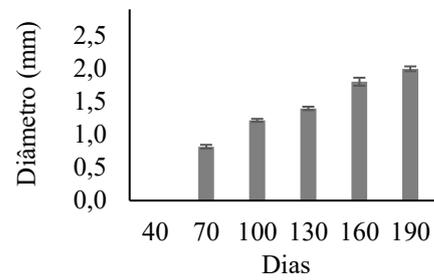
continuação

T9 - 20% SC + 80% RIP/*P. excavatus*T9 - 20% SC + 80% RIP/*P. excavatus*

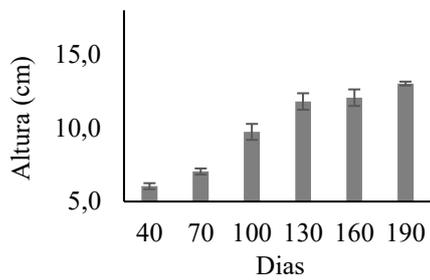
T10 - 80% SC + 20% RIP



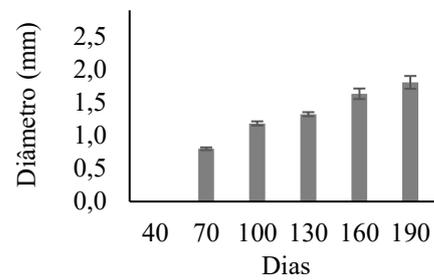
T10 - 80% SC + 20% RIP



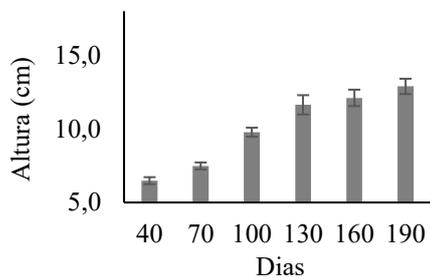
T11 - 60% SC + 40% RIP



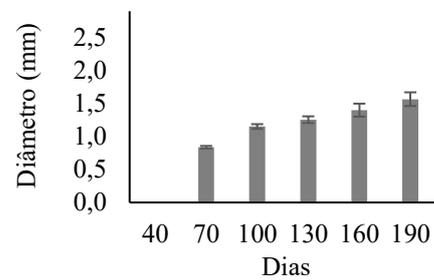
T11 - 60% SC + 40% RIP



T12 - 40% SC + 60% RIP

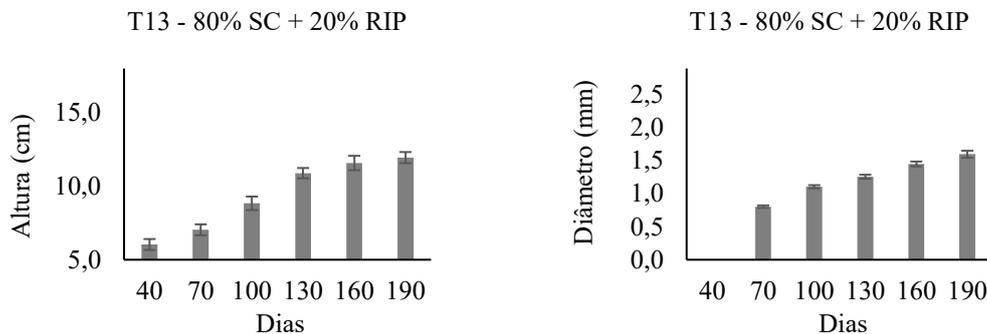


T12 - 40% SC + 60% RIP



Continua

continuação



Fonte: o autor (2020)

Legenda: SC – substrato comercial; RIP – resíduo da indústria do papelão.

A mensuração do diâmetro do coleto não foi realizada aos 40 dias para evitar danos físicos às mudas, neste período inicial, as plântulas apresentavam fragilidade e a partir da segunda avaliação (70 dias) a variável foi mensurada.

O tratamento T1 (100% substrato comercial), juntamente com os tratamentos com as menores proporções de RIP vermicompostado (T2, T3, T6, T7), apresentaram melhor desempenho ao longo do experimento II, para ambas as variáveis (Figura 5).

A altura de parte aérea nos tratamentos T10, T11, T12, T13 (respectivamente: T1, T2, T3 e T4 no experimento I), foram superiores aos observados nos tratamentos correspondentes no experimento I, inferindo que a adubação de cobertura associada à diferença na composição química do RIP (Tabela 1), contribuiu para o melhor desenvolvimento das mudas no experimento II.

Foram encontradas médias de diâmetro de coleto com mais de 2,00 mm, aos 190 dias, valores superiores aos encontrados no Experimento I, onde os tratamentos não utilizaram qualquer tipo de fertilização. Segundo Gomes e Paiva (2011), o diâmetro de colo é responsável para manter o equilíbrio e sustentar o crescimento da parte aérea.

A utilização do RIP na formulação de substratos apresentou diferenças significativas entre os tratamentos para as variáveis: altura da parte aérea, diâmetro do coleto, massa seca da parte aérea, massa seca de raiz, massa seca total e índice de qualidade de Dickson (Tabela 3).

Tabela 3 – Médias de altura (H), diâmetro de coleto (DC), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR), massa seca total (MST), e índice de qualidade de Dickson (IQD) de mudas de *P. taeda* aos 190 dias após emergência, cultivadas em diferentes substratos.

Trat.	Proporção	H	DC	MSPA	MSR	MST	IQD
		cm	mm	-----g-----			-
T1	100% Substrato Comercial	16,8 a *	2,61 a	0,727 a	0,214 a	0,942 a	0,095 a
T2	80% SC + 20% RIP/ E. andrei	17,0 a	2,40 a	0,546 b	0,256 a	0,803 a	0,087 a
T3	60% SC + 40% RIP/ E. andrei	15,8 a	2,18 b	0,398 b	0,123 b	0,521 b	0,050 b
T4	40% SC + 60% RIP/ E. andrei	14,1 b	1,87 c	0,284 c	0,104 b	0,387 c	0,037 b
T5	20% SC + 80% RIP/ E. andrei	13,3 b	1,69 c	0,231 c	0,073 b	0,305 c	0,028 b
T6	80% SC + 20% RIP/ P. excavatus	14,9 a	2,20 b	0,411 b	0,245 a	0,656 a	0,077 a
T7	60% SC + 40% RIP/ P. excavatus	15,8 a	2,09 b	0,437 b	0,227 a	0,665 a	0,071 a
T8	40% SC + 60% RIP/ P. excavatus	15,3 a	1,96 b	0,324 c	0,133 b	0,457 b	0,044 b
T9	20% SC + 80% RIP/ P. excavatus	13,8 b	1,67 c	0,235 c	0,078 b	0,313 c	0,028 b
T10	80% SC + 20% RIP	13,9 b	2,00 b	0,522 b	0,257 a	0,778 a	0,084 a
T11	60% SC + 40% RIP	13,0 b	1,81 c	0,354 c	0,195 a	0,548 b	0,062 a
T12	40% SC + 60% RIP	12,9 b	1,57 c	0,260 c	0,130 b	0,390 c	0,038 b
T13	20% SC + 80% RIP	11,9 b	1,45 c	0,180 c	0,070 b	0,251 c	0,022 b
CV%		8,3	11,56	7,54	9,69	9,09	5,79

Fonte: Elaborada pelo autor (2020)

*Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Legenda: SC – substrato comercial; RIP – resíduo da indústria do papelão.

As mudas apresentaram crescimento médio em altura de parte aérea entre 11,9 e 17,0 cm. As maiores médias ocorreram nos tratamentos T0, T1, T2, T3, T6, T7 e T8 diferenciando-se dos demais, entretanto, não atingiram a altura mínima preconizada pela Ambiente Brasil (2006), a qual indica que as mudas para serem levadas para o campo devem apresentar altura superior a 20,0 cm. E os tratamentos T4, T5, T9, T10, T11, T12 e T13 apresentaram as menores médias de crescimento em altura de parte aérea (Tabela 3).

O crescimento em diâmetro de coleto das mudas de *P. taeda* L. variou de 1,57 a 2,61 mm. A maior média foi obtida nos tratamentos T1 e T2, diferenciando-se dos demais, o desenvolvimento deste parâmetro em alguns tratamentos atingiu valores acima de 2,00 mm (Tabela 3), se comparado aos tratamentos sem adubação (Tabela 2), demonstra a eficiência da adubação de cobertura.

Em relação à massa seca de parte aérea, as médias variaram entre 0,180 a 0,727 g/planta, sendo observada a maior média no tratamento T1, que se diferenciou dos demais. Os tratamentos com 60 e 80% de RIP, apresentaram a menor média para a variável massa seca de parte aérea. Para massa seca de raiz, as médias encontradas ficaram entre 0,070 a 0,257 g/planta, sendo as maiores médias obtidas nos tratamentos T1, T2, T6, T10 e T11 os demais tratamentos

tiveram as menores médias, não apresentando diferenças entre si. Para massa seca total, as mudas alcançaram médias entre 0,251 a 0,942 g/planta, sendo as maiores médias observadas nos tratamentos T1, T2, T6, T7 e T10. Os valores de massa seca total estão de acordo com Maia (1999) que encontrou médias entre 0,280 e 0,584 g/planta, utilizando resíduo similar na composição do substrato. Thomas (2007), que utilizou fertilização de base em substrato comercial encontrou 2,3 g/planta.

Abreu *et al*, (2017) relaciona o maior incremento em biomassa com a maior disponibilidade de nutrientes, principalmente N e P. Segundo Marschner (1997), o N junto ao P são considerados os nutrientes que mais limitam o crescimento e desenvolvimento das plantas. Segundo Carneiro (1995), as características químicas de um substrato são influenciadas pela disponibilidade de nutrientes minerais presentes, que influenciam diretamente no crescimento das mudas, estando de acordo com os resultados do Experimento II que utilizou adubação de cobertura para suprir o déficit nutricional (Tabela 3), na qual os tratamentos com maiores valores massa seca total são os com maiores proporções de substrato comercial, se a comparados aos com maiores proporções de RIP, que por si apresenta baixa fertilidade natural (Tabela1).

Os aspectos fisiológicos das mudas, como a qualidade nutricional, capacidade de absorção de água, potencial de regeneração de raízes e tecidos de reserva, são difíceis de serem analisados e são fortemente relacionadas aos parâmetros morfológicos (GOMES; PAIVA, 2011). Segundo os mesmos autores, a biomassa seca (massa seca parte aérea, de raiz e total) junto com a altura e o diâmetro do colo são parâmetros morfológicos, que podem ser utilizadas como indicador para avaliação da qualidade de mudas de forma isolada ou combinada, e relacionadas quanto à sua capacidade de sobrevivência à campo. Os valores de índice de qualidade de Dickson (IQD) das mudas alcançaram valores entre 0,022 e 0,095 (Tabela 3). A menor média foi registrada para o tratamento T13, e maior média para T1. A média de T1 está abaixo que o encontrado por Thomas (2007) com valor de 0,17, e é similar ao encontrado por Rossi (2008) com valor de 0,10. Lembrando que não existe valor mínimo de IQD para avaliação de mudas de *P. taeda* L. e tomando como referência Rossi (2008), que encontrou valor próximo ao encontrado por T1, e considerando que a média deste tratamento não diferiu de T2, T6, T7, T10 e T11, pode-se inferir que estes tratamentos produziram mudas com qualidade para serem levadas à campo para plantio. Mas, segundo Rossi (2008), indicadores de qualidade de mudas que se baseiam apenas em parâmetros morfológicos, não devem ser utilizados como único critério para a classificação de lotes de mudas.

Quando se observa os resultados em conjunto é evidente que as mudas produzidas no experimento II apresentam baixa qualidade para mudas de *P. taeda* L., o que demonstra que o RIP, vermicompostado ou não, não apresenta características adequadas para ser utilizado na formulação de substratos para mudas da espécie estudada. Desta forma se faz pertinente à busca por alternativas que contribuam no fornecimento de nutrientes, principalmente do elemento nitrogênio, de forma a reduzir a relação C/N. Podendo utilizar materiais ricos em N, como: restos de comida, borra de café, folhas verdes e até mesmo insumos comerciais onde se encontra o nitrogênio prontamente disponível.

5 CONCLUSÃO

Conclui-se que a utilização do resíduo não é viável para a confecção de substratos para a produção de mudas de *P. taeda*, do ponto de vista técnico, já que, o crescimento e desenvolvimento inicial das mudas não foram satisfatórios.

REFERÊNCIAS

- ABREU, A. H. M. de.; LELES, P. S. S.; MELO, L. A.; FERREIRA, D. H. A.; MONTEIRO, F. A. S. Produção de mudas e crescimento inicial em campo de *Enterolobium contortisiliquum* produzidas em diferentes recipientes. **Floresta**, Curitiba, v. 45, n. 1, p. 141-150, 2015.
- ABREU, A. H. M. de.; LELES, P. S. S.; MELO, L. A.; OLIVEIRA, R. R. de.; FERREIRA, D. H. A. A. Caracterização e potencial de substratos formulados com bio sólido na produção de mudas de *Schinus terebinthifolius* Raddi. e *Handroanthus heptaphyllus* (vell.) Mattos. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 27, n. 4, p. 1179-1190, 2017.
- ALFENAS, A. C.; ZAUZA, E. A. V.; MAFIA, R. G.; ASSIS, T. F. **Clonagem e Doenças do Eucalipto**, 2 ed., Viçosa – MG: Universidade Federal de Viçosa, 2009.
- AMBIENTE BRASIL. Florestal. **Silvicultura do Pinus** (*Pinus* sp.). 2006. Disponível em: <<http://www.ambientebrasil.com.br/composer.php3?base=./florestal/index.html&conteudo=./florestal/pinus.html>>. Acesso em 25 de out. de 2020.
- ANDREANI JÚNIOR, R.; ANDREANI, D. I. K.; LUISON, E. A.; SILVA, E. G.; GIMENEZ, J. I. Diferentes compostos orgânicos como substratos para produção de mudas de tomate. **Revista Pesquisa em Foco**. Fernandópolis, v. 19, n. 1, p. 42-52, 2011.
- AQUINO, A. M. de. Aspectos práticos da vermicompostagem. Agroecologia: Princípios e Técnicas para uma Agricultura Orgânica Sustentável. **Embrapa**, Cap. 17, p. 423-434, 2003.
- ASSENHEIMER, A. Benefícios do uso de bio sólidos como substratos na produção de mudas de espécies florestais. **Ambiência**, Guarapuava, v. 5 n. 2, p. 321-330, 2009.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO PAPELÃO ONDULADO (ABPO). **Entidade de classe da indústria de Papelão Ondulado**. Disponível em <https://www.abpo.org.br/papelao-ondulado>. Acesso em: 08 de out. 2020.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMA TÉCNICAS (ABNT). 2004. Resíduos sólidos – Classificação. **NBR 10004**. Rio de Janeiro, ABNT, 2004.
- BALBINOT JUNIOR, A. A.; TORRES, A. N. L.; FONSECA, J. A. da.; TEIXEIRA, J. R.; NESI, C. N. Alteração em características químicas de um solo ácido pela aplicação de calcário e resíduos de reciclagem de papel. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 5, n. 1, p. 16-25, 2006.
- BELLEI, A. F. **Produção de mudas nativas no viveiro do parque municipal da lagoa do Peri, Florianópolis - SC**. 73 f. TCC (Graduação em Agronomia), Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.
- BETTIOL, W.; CAMARGO, O. A. **Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto**. Jaguariúna: EMBRAPA Meio Ambiente, 2000.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. Departamento Nacional de Defesa Vegetal. **Regras para análise de sementes.** Brasília, 398 p. 2009a.

BRASIL. Ministério de Agricultura Pecuária e Abastecimento. **Nº 25: Instrução Normativa nº 25, de 23 de julho de 2009.** Brasília - Br: Diário Oficial da República Federativa do Brasil, 2009b.

CANCELA, K. C. **Influência da matriz (APS) ou clone (PCS) e do tamanho da semente de *Pinus taeda*. Nas propriedades tecnológicas das sementes, performance da muda em viveiro e altura em campo após 9 meses.** 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) Universidade Federal do Paraná, Curitiba – PR, 2007.

CARLESSO, W. M.; RIBEIRO, R.; HOEHNE, L. **Tratamento de resíduos a partir de compostagem e vermicompostagem.** Revista destaques acadêmicos, ano 3, n. 4, 2011.

CARNEIRO, J. G. de A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais.** Curitiba: Universidade Federal do Paraná / FUPEF; Campos: Universidade Estadual do Norte Fluminense, 1995. 451p.

CARTEIRO, P. M. R. **Avaliação da vermicompostagem no tratamento de resíduos urbanos e a sua influência na qualidade do composto produzido.** 2009. Dissertação (Mestrado em Gestão Integrada e Valorização de Resíduos, Ramo Ecomateriais e Valorização de Resíduos) Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, Lisboa – Portugal, 2009.

CUNHA, A. M.; CUNHA, G. M.; SARMENTO, R. A.; CUNHA, G. M.; AMARAL, J. F. T. Efeito de diferentes substratos sobre o desenvolvimento de mudas de *Acacia* sp. **Revista Árvore**, Viçosa - MG, v. 30, n. 2, p. 207-214, 2006.

DANNER, M. A.; CITADIN, I.; FERNANDES JUNIOR, A. de A.; ASSMANN, A. P.; MAZARO, S. M.; SASSO, S. A. Z. Formação de mudas de jaboticabeira (*Plinia* sp.) em diferentes substratos e tamanhos de recipientes. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 29, n. 1, p. 179-182, 2007.

D'AVILA, F. S.; PAIVA, H. N. de.; LEITE, H. G.; BARROS, N. F. de.; LEITE, F. P. Efeito do potássio na fase de rustificação de mudas clonais de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa - MG, v.35, n.1, p.13-19, 2011

DUARTE, L. C; QUEIROZ, J. M; MARTINS, S. T; DINIZ, K. A. **Produção de mudas de pepino e repolho em substrato à base de vermicomposto.** Uberlândia-MG, 2001.

DUTRA, A. F.; ARAUJO, M. M.; ZIMMERMANN, A. P. L.; RORATO, D. G.; AIMI, S. C. Qualidade morfológica de mudas de *Prunus sellowii* submetidas a diferentes substratos. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Santa Maria, RS, v. 37, n. 92, p. 619-624, 2017.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** 2 ed. Rio de Janeiro, 2006.

- FARIA, J. C. T.; MELO, L. A. de; BRONDANI, G. E.; DELARMELINA, W. M.; SILVA, D. S. N. da.; NIERI, E. M. Substrates formulated with organic residues in the production of seedlings of *Moquiniastrum polymorphum*. **Floresta**, Curitiba, v. 47, n. 4, p. 523-532, 2017.
- FARRUGIA, B. **Conheça como funciona uma estação de tratamento de efluentes**. Revista MF, 2013. Disponível em: <http://www.meiofiltrante.com.br/internas.asp?id=14757&link=noticias>. Acesso em: 22 de out. 2020.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n.6, p. 1039-1042, 2011.
- FOELKEL, C. **Os eucaliptos e as leguminosas: parte 01 *Acacia mearnsii***. [S.l.]: Associação brasileira técnica de celulose e papel, 2008.
- GÓES, A. C. P. **Viveiro de mudas: construção, custos e legalização**. 2 ed. Macapá - AP: Embrapa. Amapá, 2006.
- 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**, Viçosa, MG, v. 26, n. 6, p. 655-664, 2002.
- GOMES, J. M.; PAIVA, H. P. **Viveiros florestais (propagação sexuada)**. Viçosa - MG: UFV, 2011.
- GONÇALVES, E. P.; PAULA, R. C.; DESMATLÊ, M. E. S. P. Testes de vigor em sementes de *Guazuma ulmifolia* Lam. **Seminário Ciências Agrárias**, Londrina, v. 29, n. 2, p. 265-276, 2008.
- GRACIANO, J. D.; ZÁRATE, N. A. H.; VIEIRA M. C.; ROSA, Y. B. C. J.; SEDIYAMA, M. A. N.; TALARICO, E.R. Efeito da cobertura do solo com cama-de-frango demidecomposta sobre dois clones de mandioquinha-salsa. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 28, n. 3, p. 367-376, 2006.
- IBÁ - **INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES**. Relatório anual 2019, São Paulo.
- JOSÉ, A. C.; DAVIDE, A. C.; OLIVEIRA, S. L. Produção de mudas de aroeira (*Schinus terebynthifolius* Raddi) para recuperação de áreas degradadas pela mineração de bauxita. **Cerne**, Lavras, v. 11, n. 2, p. 187-196, 2005.
- KÄMPF, A. N. **Produção comercial de plantas ornamentais**. Guaíba: Agropecuária, 2000.
- KIEHL, E. J. Produção de composto orgânico e vermicomposto. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 22, n. 122, p. 40-52, 2001.
- KRATZ, D. **Substratos renováveis na produção de mudas de *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage e *Mimosa scabrella* Benth.** 2001. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) Universidade Federal do Paraná, Curitiba – PR, 2011.

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

LEMOS, G. N.; MARANHÃO, R. R. **Viveiros educadores: plantando vida**. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2008.

MAEDA, S.; COSTA, E. R. O. da SILVA, H. D. **Uso de resíduos da fabricação de celulose e papel e da reciclagem de papel**. Colombo - PR: Embrapa Florestas, 2010.

MAEDA, S.; COSTA, E. R. O. BOGNOLA, I. A. **Desenvolvimento de mudas de pinus sob estresse promovido pelo NaCl em cambissolo húmico distrófico**. XXXII Congresso brasileiro de ciências do solo. Uberlândia – MG. 2010.

MAIA, C. M. B. F. Uso de casca de pinus e lodo biológico como substrato para produção de mudas de *Pinus taeda*. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, PR, n. 39, p. 81-92, 1999.

MARSCHNER, H. **Mineral Nutrition of higher plants**. 2 ed. San Diego: Academic Press, 1997. 889 p.

MARTINS, L. H. B. **Avaliação do impacto ambiental causado pelo efluente da indústria de polpa de celulose e papel, *in situ*, utilizando o bioindicador *Oreochromis niloticus* (tilápia)**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis – SC, 2004.

MOLINA, M.V. **Nitrogênio e metais pesados em latossolo e eucalipto cinquenta e cinco meses após aplicação de biossólido**. 2004. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba – SP, 2004.

NAPPO, M. E.; GOMES, L. J.; CHAVES, M. M. F. **Reflorestamentos mistos com essências nativas para recomposição de matas ciliares**. Lavras – MG: [s.n.], 2010.

NOVAES, A. B.; CARNEIRO, J. G. A.; BARROSO, D. G.; LELES, P. S. S. Desempenho de mudas de *Pinus taeda* produzidas em raiz nua e em dois tipos de recipientes, 24 meses após o plantio. **Floresta**, Curitiba, v. 31, n. 1 e 2, p. 62-70, 2001.

PINHEIRO, R. M. **Reciclagem de lodo primário da estação de tratamento de efluentes da indústria de papel em cerâmica vermelha**. 2008. Tese (Doutorado em Engenharia e Ciência de Materiais) Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes –RJ, 2008.

PINTO, R.S. **Vermicompostagem: educando para uma possível solução na reciclagem de resíduos orgânicos**. 2015. Monografia (Curso de Especialização em Educação Ambiental) Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria – RG, 2015.

REMADE - **REVISTA DA MADEIRA** – ed. 119, ago. 2009. Disponível em: http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=1381&subject=Pinus&title

=Indica%E7%F5es%20para%20escolha%20de%20esp%E9cies%20de%20pinus. Acesso em 22 de out. 2020.

REMADE - **REVISTA DA MADEIRA** – ed. 129, ago. 2011. Disponível em: http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=1556&subject=Mudas&title=Produ%E7%E3o%20de%20mudas%20e%20aduba%E7%E3o Acesso em: 27 de out. 2020.

ROSSI, V. L. Crescimento e qualidade de mudas de *Pinus taeda* L. submetidas à poda química de raízes com cobre e ethefon. **Ciência Florestal**, Santa Maria – RS, v. 18, n. 4, p. 435-442, 2008.

SANTOS, F. E. V.; KUNZ, S. H.; CALDEIRA, M. V. W. AZEVEDO, C. H. S.; RANGEL, O. J. P. Características químicas de substratos formulados com lodo de esgoto para produção de mudas florestais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, n. 9, p. 971-979, 2014.

SARCINELLI, T. S.; RIBEIRO JUNIOR, E.S.; DIAS, L. E.; LYNCH, L. S. Sintomas de deficiência nutricional em mudas de *Acacia holosericea* em resposta à omissão de macronutrientes. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.28, n.2, p.173-181, 2004.

SCIVITTARO, W. B, OLIVEIRA R. P. D, RADMANN, E. B. Doses de fertilizantes de liberação lenta na formação de porta enxerto de ‘trifoliata’. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 26, n. 3, p. 520-523, 2004.

SCHIEDECK, G.; PASINI, A.; ALVES, P. R. L.; NIVA, C. C.; CANTELLI, K.; BUCH, A. C; BROWN, G. G.; MARTIN, J. D. Criação e manutenção dos organismos. *In*: MARTINES, A. M. *et al.* **Ecotoxicologia Terrestre Métodos e Aplicações dos Ensaios com Oligoquetas**. Brasília – DF: Embrapa florestas, 2019, p. 81-119.

SCHORN, L. A.; FORMENTO, S. **Silvicultura II: Produção de Mudas Florestais**. Blumenau: Universidade Regional de Blumenau, 2003.

SCREMIN-DIAS, E. S.; KALIFE, C; MENEGUCCI, Z. R. H.; SOUZA, P. R. **Produção de mudas de espécies florestais nativas**. Campo Grande - MS: UFMS, 2006, p.62, (2).

SENAI. **Questões ambientais e produção mais limpa**. Porto Alegre, UNIDO, NEP, Centro Nacional de Tecnologias Limpas SENAI, 2003. 126 p. il. (Série Manuais de Produção mais Limpa).

SILVA, N. **Caracterização e avaliação da ecotoxicidade de resíduos de indústrias de papelão**. 2017. TCC (Curso de Engenharia Florestal) Universidade Federal de Santa Catarina, Curitiba – SC, 2017.

SILVEIRA, E. B.; RODRIGUES, V. J. L. B.; GOMES, A. M. A.; MARIANO, R. L. R.; MESQUITA, J. C. P. Pó de coco como substrato para produção de mudas de tomateiro. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 2, p. 211-216, 2002.

SIMÕES, J. W. Problemática da produção de mudas em essências florestais. Piracicaba - SP: Sér. Téc. - IPEF, v.4, n. 13, 1987.

SIQUEIRA, D. P.; BARROSO, D. G.; CARVALHO, G. C. M. W. de.; ERTHA, R. M.; RODRIGUES, M. C. C.; MARCIANO, C. R. Lodo de esgoto tratado na composição de substrato para produção de mudas de *Plathymenia reticulata* Benth. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 29, n. 2, p. 728-739, 2019

SOUZA, D. de. **Avaliação de gerenciamento de resíduos sólidos de empresa florestal situada em três barras – SC**. 2014. TCC (Curso de Engenharia Florestal) Universidade Federal de Santa Catarina, Curitibanos – SC, 2014.

SOUZA, V. C.; LORENZI, H. **Botânica Sistemática**: Guia ilustrado para identificação das famílias de Angiospermas da flora brasileira, Nova Odessa – SP: Plantarum, 2005.

STURION, J. A. **Métodos de produção e técnicas de manejo que influenciam o padrão de qualidade de mudas de essências florestais**. Curitiba: Embrapa/ URPFCS, 1981.

THOMAS, Rodrigo. **Crescimento e nutrição de mudas de *Pinus taeda* L. no estado do Rio Grande do Sul**. 2007 Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal), Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria - RS, 2007.

TRAZZI, P. A.; CALDEIRA, M. V. W.; PASSOS, R. R.; GONÇALVES, E. de O. Substratos de origem orgânica para produção de mudas de teca (*Tectona grandis* Linn. f.). **Ciência Florestal**, Santa Maria, RS, v. 23, n. 3, p. 401-409, 2013.

TRIANOSKI, R. **Caracterização tecnológica de espécies de pinus tropicais provenientes de plantios experimentais no Brasil**. 2009. TCC (Curso de Engenharia Industrial Madeireira) Universidade Federal do Paraná, Curitiba – PR, 2009.

APÊNDICE A – Análises de variância das variáveis referentes aos parâmetros morfológicos *P. taeda* testados no experimento I – preliminar, em diferentes composições de substrato.

Tabela 4 – Análise de variância (ANOVA), para a característica de altura das mudas de *P. taeda* com os dados transformados, em diferentes composições de substratos.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamento	5	0,4380	0,1170	6,46	0,0032*
Erro	15	0,2488	0,0165		
CV%	5,27				
Média Geral	11,4**				

Legenda: * significativo a 5% de probabilidade, ** média original.

Fonte: O autor (2020).

Tabela 5 – Análise de variância (ANOVA), para a característica de diâmetro do coleto das mudas de *P. taeda*, em diferentes composições de substratos.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamento	4	0,5080	0,1270	24,68	0,0000*
Erro	15	0,0775	0,0051		
CV%	5,68				
Média Geral	1,27				

Legenda: * significativo a 5% de probabilidade.

Fonte: O autor (2020).

Tabela 6 – Análise de variância (ANOVA), para a característica de massa seca de parte aérea das mudas de *P. taeda*, em diferentes composições de substratos.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamento	4	0,0617	0,0154	126,72	0,0000*
Erro	15	0,0018	0,0001		
CV%	6,87				
Média Geral	0,160				

Legenda: * significativo a 5% de probabilidade.

Fonte: O autor (2020).

Tabela 7 – Análise de variância (ANOVA), para a característica de massa seca de raiz das mudas de *P.taeda*, em diferentes composições de substratos.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamento	4	0,0692	0,0173	114,03	0,0000*
Erro	15	0,0022	0,0001		
CV%	5,82				
Média Geral	0,212				

Legenda: *significativo a 5% de probabilidade.
Fonte: O autor (2020).

Tabela 8 – Análise de variância (ANOVA), para a característica de massa seca total de *P.taeda* com os dados transformados, em diferentes composições de substratos.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamento	4	0,258	0,0645	112,48	0,0000*
Erro	15	0,0079	0,0005		
CV%	6,17				
Média Geral	0,372				

Legenda: *significativo a 5% de probabilidade, **média original.
Fonte: O autor (2020).

Tabela 9 – Análise de variância (ANOVA), para a característica de índice de qualidade de Dickson de *P.taeda* com os dados transformados, em diferentes composições de substratos.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamento	4	1,9281	0,482	35,773	0,0000*
Erro	15	0,2021	0,0133		
CV%	10,33				
Média Geral	0,038				

Legenda: *significativo a 5% de probabilidade.
Fonte: O autor (2020).

APÊNDICE B – Análises de variância das variáveis referentes aos parâmetros morfológicos *P. taeda* testados no experimento II, em diferentes composições de substrato.

Tabela 10 – Análise de variância (ANOVA), para a característica de altura das mudas de *P. taeda*, em diferentes composições de substratos.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr > Fc
Tratamento	12	115,5354	9,6279	6,65	0,0000*
Erro	39	56,5096	1,4489		
CV%	8,30				
Média Geral	14,5				

Legenda: * significativo a 5% de probabilidade.

Fonte: O autor (2020).

Tabela 11 – Análise de variância (ANOVA), para a característica de diâmetro do coleto das mudas de *P. taeda*, em diferentes composições de substratos.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamento	12	5,7450	0,4787	9,38	0,0000*
Erro	39	1,9886	0,051		
CV%	11,56				
Média Geral	1,96				

Legenda: * significativo a 5% de probabilidade.

Fonte: O autor (2020).

Tabela 12 – Análise de variância (ANOVA), para a característica de massa seca de parte aérea das mudas de *P. taeda*, com os dados transformados em diferentes composições de substratos.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamento	12	0,6981	0,0582	8,46	0,0000*
Erro	39	0,2681	0,0069		
CV%	7,54				
Média Geral	0,378**				

Legenda: * significativo a 5% de probabilidade. ** média original.

Fonte: O autor (2020).

Tabela 13 – Análise de variância (ANOVA), para a característica de massa seca de raiz das mudas de *P. taeda*, com os dados transformados em diferentes composições de substratos.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamento	12	0,4141	0,0345	4,69	0,0001*
Erro	39	0,2869	0,0073		
CV%	9,69				
Média Geral	0,162**				

Legenda: * significativo a 5% de probabilidade. ** média original.

Fonte: O autor (2020).

Tabela 14 – Análise de variância (ANOVA), para a característica de massa seca total das mudas de *P. taeda*, com os dados transformados em diferentes composições de substratos.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamento	12	1,0199	0,0849	7,00	0,0000*
Erro	39	0,4740	0,0121		
CV%	9,09				
Média Geral	0,540**				

Legenda: * significativo a 5% de probabilidade. ** média original.

Fonte: O autor (2020).

Tabela 15 – Análise de variância (ANOVA), para a característica de índice de qualidade de Dickson das mudas de *P. taeda*, com os dados transformados em diferentes composições de substratos.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamento	12	0,1402	0,0117	6,70	0,0000*
Erro	39	0,0681	0,0014		
CV%	5,79				
Média Geral	0,056**				

Legenda: * significativo a 5% de probabilidade. ** média original.

Fonte: O autor (2020).

