

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA
ENGENHARIA FLORESTAL**

MITALLY VANZIN MOREIRA

**ESTERCO OVINO E COMPOSTO DE RESÍDUO ORGÂNICO DOMÉSTICO:
POTENCIAL PARA ADUBAÇÃO DE MUDAS DE EUCALIPTO EM NEOSSOLO
QUARTZARÊNICO**

São Gabriel

2023

MITALLY VANZIN MOREIRA

**ESTERCO OVINO E COMPOSTO DE RESÍDUO ORGÂNICO DOMÉSTICO:
POTENCIAL PARA ADUBAÇÃO DE MUDAS DE EUCALIPTO EM NEOSSOLO
QUARTZARÊNICO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Florestal da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Florestal.

Orientador: Dr. Frederico Costa Beber Vieira

São Gabriel

2023

Ficha catalográfica elaborada automaticamente com os dados fornecidos
pelo (a) autor (a) através do Módulo de Biblioteca do
Sistema GURI (Gestão Unificada de Recursos Institucionais)

M835e Moreira, Mitally

ESTERCO OVINO E COMPOSTO DE LIXO URBANO: POTENCIAL PARA
ADUBAÇÃO DE MUDAS DE EUCALIPTO EM NEOSSOLO QUARTZARÊNICO /
Mitally Moreira.

38 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) -- Universidade
Federal do Pampa, ENGENHARIA FLORESTAL, 2023.

"Orientação: Frederico Vieira".

1. Mudas de eucalipto. 2. Adubação orgânica . 3. Adubação
mineral . 4. Esterco ovino . I. Título.

MITALLY VANZIN MOREIRA

**ESTERCO OVINO E COMPOSTO DE RESÍDUO ORGÂNICO DOMÉSTICO:
POTENCIAL PARA ADUBAÇÃO DE MUDAS DE EUCALIPTO EM NEOSSOLO
QUARTZARÊNICO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Florestal da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Florestal.

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em 02 de fevereiro de 2023.
Banca examinadora:

Prof. Dr. Frederico Costa Beber Vieira
Orientador
UNIPAMPA

Prof. Dr. André Carlos Cruz Copetti
UNIPAMPA

Prof. Dra. Mirla Andrade Weber
UNIPAMPA

Dra. Rosângela Silva Gonçalves Nunes
UNIPAMPA

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer primeiramente à Deus, pela saúde, força e proteção para que eu pudesse concluir mais esta etapa da minha vida. Como também agradecer às pessoas que foram fontes de apoio nessa jornada. Dessa forma, sou grata a (o):

A minha família, de pai (Moreira) e mãe (Vanzin), que são pilares importantes que servem de inspiração, força, incentivo e coragem para correremos atrás dos nossos sonhos e objetivos. Em especial, ao meu pai e minha mãe.

Ao meu irmão, Philippe, que mesmo morando muito longe, me mostra que é só termos força de vontade que conseguiremos chegar onde planejamos.

A pessoa que serviu de irmã mais velha em muitas vezes, e amiga nas demais, minha madrastra, Ana Paula H. H. Moreira.

A família Mazaro e Biscaglia, por tudo que têm feito por mim e por ser a família que me complementa, me incentiva, me ajuda e me torna mais feliz por saber que tenho as melhores pessoas do meu lado.

A Universidade Federal do Pampa – UNIPAMPA, ao LabSEF (Laboratório de Solos e Ecologia Florestal) aos professores e funcionários, terão sempre um lugarzinho no coração, que estiveram comigo em uma jornada de cinco anos, por diversas vezes, minha segunda casa.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Frederico Costa Beber Vieira, por ter aceito e acompanhado todo o processo, desde o plantio do experimento até a leitura final do trabalho, por compartilhar da sua inteligência e paciência.

Ao meu colega Gabriel Goya D'ornellas, acadêmico do curso de Engenharia Florestal – UNIPAMPA, por sua amizade, companhia e ajuda em todas as etapas do experimento, espero conseguir retribuir.

Aos meus poucos amigos, que estiveram comigo, às vezes não estando perto, mas mesmo de longe, conseguem transmitir a sorte e a amizade que precisei.

Enfim, impossível mencionar nome a nome para agradecer, mas agradeço a todos aqueles que de alguma forma contribuíram para a minha formação. Não consigo imaginar, estar mais feliz e realizada com mais essa conquista. Obrigada!

RESUMO

O uso de adubos orgânicos em plantios florestais pode favorecer aspectos econômicos, ambientais e sociais. No entanto, para que um resíduo orgânico possa ser utilizado como adubo, sua eficácia agrônômica deve ser comprovada pela pesquisa. Desse modo, este trabalho teve como objetivo principal avaliar o efeito da aplicação de esterco ovino e de vermicomposto produzido de resíduo orgânico doméstico em favorecer o crescimento inicial de plantas de eucalipto cultivadas em solo com alta suscetibilidade a perdas de nutrientes por lixiviação. Para isso, realizou-se um experimento em vasos em casa de vegetação, em um período de dois meses, preenchidos com Neossolo Quartzarênico. Avaliou-se um tratamento testemunha, três doses (0,5, 1,0, 1,5 dm³ por vaso de cada um dos dois adubos orgânicos e um tratamento com calagem e adubação mineral, com quatro repetições cada tratamento. Monitorou-se a altura da planta e a cada quinze dias, quantificou-se a perda de nitrogênio, fósforo e potássio por lixiviação após irrigação extra e drenagem livre. Verificou-se que ambos os resíduos promoveram maior crescimento de plântulas em relação à adubação mineral, porém o composto de resíduo orgânico doméstico só se diferenciou na maior dose utilizada, enquanto o esterco ovino, mesmo com a menor dose, já promoveu maior crescimento. A baixa capacidade sortiva do solo utilizado fez com que a fertilização mineral fosse lixiviada rapidamente, evidenciando a vantagem de utilizar adubos orgânicos em plantios de espécies perenes, pois a liberação mais lenta de nutrientes pela mineralização microbiana favorece um melhor aproveitamento pelas mudas e de menores perdas por lixiviação.

Palavras-chave: Eucalipto. Adubação. Mineral. Esterco Ovino. Resíduo orgânico doméstico.

ABSTRACT

The use of organic fertilizers in forest plantations can favor economic, environmental and social aspects. However, for an organic residue to be used as fertilizer, its agronomic effectiveness must be proven by research. Thus, the main objective of this work was to evaluate the effect of applying sheep manure and vermicompost produced from urban waste in favoring the initial growth of eucalyptus plants grown in soil with high susceptibility to loss of nutrients by leaching. For this, an experiment was carried out in pots in a greenhouse, over a period of two months, filled with Neossolo Quartzarênico. The treatments consisted of an unamended one (control), three rates (0.5, 1.0, 1.5 dm³ per pot) of each of the two organic fertilizers and a treatment with liming and mineral fertilizer, with four repetitions of each treatment. The plant height was monitored and every fifteen days, the loss of nitrogen, phosphorus and potassium by leaching after extra irrigation and free drainage was quantified. Both residues promoted greater seedling growth than mineral fertilization, however the compound of urban organic waste only differed in the highest dose used, while sheep manure, even with the lowest dose, already promoted greater growth. The low sorptive capacity of the used soil meant that mineral fertilization was quickly leached, evidencing the advantage of using organic fertilizers in plantations of perennial species, as the slower release of nutrients by microbial mineralization favors better use by seedlings and lower losses through leaching.

Keywords: Eucalyptus. Fertilizing. Mineral. Sheep Manure. Urban organic waste.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Mapa da localização da área de estudo	21
Figura 2 – Fotografia da instalação do experimento.....	23
Figura 3 – Fotografia da coleta das soluções lixiviadas do solo	25
Figura 4 – Relação entre a altura final das plantas	28
Figura 5 – Produção de massa seca da parte aérea (A) e das raízes (B).	30

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Doses de adubação para cada tratamento	23
Tabela 2 – Principais atributos físicos e químicos dos fertilizantes orgânicos	24
Tabela 3 – Dados das médias das alturas do experimento	27
Tabela 4 – Concentrações de N, P e K nas soluções lixiviadas	32
Tabela 5 – Perda de N, P e K em cada um dos eventos lixiviados	32
Tabela 6 – Porcentagem de perda de nutrientes por lixiviação nas 3 lixiviações	33

LISTA DE ABREVIATURAS

cm – Centímetros.

dm³ - Decímetros cúbicos.

g – Gramas.

M – Molar.

ml – Milímetros.

nm. – Nanômetro.

ssp. – Subespécie.

LISTA DE SIGLAS

ANOVA – Análise de Variância.

Cfa – Clima Subtropical.

CTC – Capacidade de Troca Catiônica.

FEPAM – Fundação Estadual de Proteção Ambiental

M.O – Matéria Orgânica

MOS – Matéria Orgânica do Solo

NQ – Neossolo Quartzarênico.

PIB – Produto Interno Bruto.

RS – Rio Grande do Sul.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	CONCEITOS GERAIS E REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1	O setor florestal no Rio Grande do Sul	15
2.2	Fragilidade dos Neossolos Quartzarênicos	15
2.3	Adubação mineral (NPK + Calagem)	16
2.4	Adubação orgânica (animal e vegetal)	18
3	MATERIAL E MÉTODOS	21
3.1	Área de condução do experimento	21
3.2	Espécie escolhida	22
3.3	Montagem dos vasos e condução do experimento	22
3.4	Avaliações	24
3.4.1	Crescimento da parte aérea	24
3.4.2	Perdas de nutrientes por lixiviação	24
3.4.2.1	Nitrogênio Mineral	25
3.4.2.2	Fósforo	25
3.4.2.3	Potássio	26
3.5	Análise estatística	26
4	APRESENTAÇÃO DA PESQUISA E ANÁLISE DOS RESULTADOS	27
4.1	Altura	27
4.2	Massa seca da parte aérea e das raízes	29
4.3	Nutrientes lixiviados	30
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	35
	REFERÊNCIAS	36

1 INTRODUÇÃO

As florestas plantadas são uma importante atividade econômica, social e ambiental. Assim como nas demais cadeias de produção, um dos maiores desafios da cadeia produtiva de base florestal é aliar a produção da matéria prima florestal com a conservação e com a sustentabilidade dos recursos naturais. Tendo isto em vista, a finalidade da madeira, o ciclo de corte e a produtividade são fatores importantes na escolha da espécie. Neste sentido, as espécies do gênero *Eucalyptus spp.* possuem características de destaque, fazendo com que a espécie seja a espécie mais plantada no Brasil, com cerca de 7 milhões de hectares (IBÁ, 2020).

Dentre as espécies de eucalipto, o *Eucalyptus benthamii* é uma espécie que se adapta em regiões de clima frio, onde há grande intensidade de geadas, como o sul do Brasil. Essa espécie vem sendo cada vez mais procurada para plantios florestais, por se destacar em características silviculturais de fácil adaptabilidade na região.

De forma geral, o eucalipto tem um crescimento considerado rápido, o que interfere nesse crescimento é a variabilidade genética e as características do solo onde será o plantio. Portanto, a necessidade de adubação decorre do fato de que nem sempre o solo é capaz de fornecer os nutrientes necessários para a planta, sendo assim deve-se garantir que a adubação recomendada resultará na otimização dos resultados.

Os solos arenosos do bioma pampa, em específico os Neossolos Quartzarênicos (NQ), originários de depósitos arenosos com predominância de quartzo, têm sido utilizados para plantios florestais, pois são solos de baixa aptidão agrícola, baixo custo e, contudo, apresentam potencial para a produção de eucalipto com satisfatória produtividade. Para tal, exigem práticas de manejo com adubação correta, em que, segundo Sales et al. (2010), a utilização dessas práticas envolve uma maior cobertura vegetal fazendo com que se reduza impactos das chuvas reduzindo assim a perda de solo, fator chave na exploração agropecuária de NQ. Porém, do ponto de vista de fertilização, um dos maiores entraves no cultivo destes solos é a rápida perda dos nutrientes por lixiviação.

A adubação mineral, como a calagem e o NPK são fertilizantes bastante comuns nos plantios florestais, pois possuem elementos essenciais a vida da planta, mas que por outro lado podem ser prejudiciais ao meio ambiente se houver perda e contaminação de cursos d'água.

A calagem é a adição de corretivos no solo para neutralizar a acidez e elevar o pH do solo, resultando em uma melhor atividade microbiana, melhor CTC do solo, disponibilizando diversos nutrientes à planta, além de aumentar a eficiência do fertilizante.

Atualmente, em função do alto custo de produtos para adubação mineral, como também da grande contaminação no solo pelo uso destes, o homem vem repensando e buscando alternativas dentro de uma produção sustentável que amenize esses impactos ao solo e a água. Por esse motivo, atualmente há uma grande procura por fertilizantes orgânicos.

São inúmeras as fontes que geram resíduos, porém, na área urbana, o principal problema são os descartados diariamente nas residências. O material orgânico representa em torno de 50 a 65% de todo resíduo gerado, portanto, quando utilizado corretamente traz inúmeros benefícios, como na forma de adubação de plantas. Segundo Andrioli et al. (1991), além de apresentar constituição física, química e biológica interessante, os resíduos atuam melhorando a agregação das partículas, a condutividade hidráulica, a porosidade, a retenção de água, a capacidade do campo, o pH, a temperatura e a fertilidade. Assim, a utilização da matéria orgânica, por meio de reutilização dos resíduos, promove diversos benefícios ao solo, melhorando sua qualidade e recuperando áreas degradadas, além de apresentar-se como uma alternativa viável, pois possui baixo custo.

Os resíduos rurais, como os de animais, são uma grande alternativa para composição de substratos, por fornecer diversos nutrientes. Em estudo com aplicação de diversos esterco, Brito et al. (2005) concluíram que o esterco ovino foi o resíduo que determinou as principais alterações das propriedades químicas do solo, uma vez que em relação a testemunha, promoveu os maiores aumentos de cálcio, matéria orgânica e capacidade de troca de cátions. Esses efeitos, porém, só foram intensificados a partir do terceiro mês após a aplicação. A velocidade de decomposição e conseqüente mineralização dos resíduos orgânicos interferem diretamente na disponibilidade de nutrientes para as plantas.

São escassas informações sobre a forma de mineralização de esterco de ovinos e de resíduo orgânico doméstico. Ao mesmo tempo, estes dois resíduos apresentam um potencial interessante para ser utilizado em cultivos no pampa gaúcho pela disponibilidade que apresentam (a ovinocultura se destaca na região e há muitos municípios que ainda não têm coleta seletiva e reciclagem de resíduo orgânico). Por esse motivo o objetivo deste trabalho foi avaliar o potencial dos adubos esterco ovino e composto de resíduo orgânico doméstico, comparado a adubação mineral, no crescimento inicial de mudas de eucalipto cultivados em NQ e nas perdas por lixiviação, durante 60 dias, em São Gabriel – RS.

2 CONCEITOS GERAIS E REVISÃO DE LITERATURA

2.1 O setor florestal no Rio Grande do Sul

Entende-se por setor florestal todo o conjunto de atividades produtivas primárias e secundárias, que exploram, conservam, manejam e renovam e ou implantam florestas, bem como utilizam a madeira como principal insumo na transformação industrial (Brepohl, 1980).

Como o setor florestal brasileiro tem grande potencial a ser explorado e como o país apresenta condições físicas e naturais para o seu desenvolvimento, como elevada extensão de terras apropriadas, mão de obra abundante, clima e solo favoráveis, tecnologia silvicultural avançada e rápido crescimento das plantações florestais, o investimento na atividade florestal pode contribuir ainda mais para o desenvolvimento socioeconômico do país (SOARES, 2006).

O Rio Grande do Sul tem recebido investimentos florestais nos últimos anos, em virtude da disponibilidade de mão-de-obra, características climáticas adequadas, grandes extensões de terras, entre outras variáveis de interesse e demandadas pelo setor (Binkowski, 2014).

Os plantios florestais no RS, iniciaram por volta de 1928, onde ao passar dos anos, a extensão de áreas florestais só aumentou. A partir de dados da FEPAM, de 2012, o estado contava com 2.700 indústrias de móveis, 420 empresas de celulose e papel, duas indústrias fabricantes de tanino, três fabricantes de chapas de madeira e outras 20.000 empresas que empregavam matéria prima florestal. Esse grande avanço no setor florestal no estado representa cerca de 4% do PIB gaúcho, faturando em média R\$ 8 bilhões por ano.

Dentre todas essas características do estado do Rio Grande do Sul, destaca-se também as condições climáticas de solo e clima, favorecendo a produtividade e reduzindo os custos de produção de madeira, especialmente em solos da metade sul, onde a aptidão agrícola é menor do que os solos da metade norte.

2.2 Fragilidade dos Neossolos Quartzarênicos

O Rio Grande do Sul caracteriza-se pela grande diversidade de solos, em função da origem e da intensidade do intemperismo. Na região da Campanha e Fronteira Oeste do estado, há a presença de solos originados de material sedimentar cuja granulometria grosseira, com pouca argila e matéria orgânica, limita o armazenamento de água e de nutrientes. Entre os solos existentes, o NQ é o mais frágil. De acordo com Sousa et al. (2006), os Neossolos

Quartzarênicos são originados de depósitos arenosos, apresentando textura areia ou areia franca ao longo de pelo menos 2 metros de profundidade (Correia et al., 2004). O teor máximo de argila chega a 15%, quando o silte está ausente. Com isso, naturalmente, os NQ apresentam baixa capacidade de agregação de partículas, alta lixiviação de nutrientes e rápida decomposição de matéria orgânica. Estes solos, contudo, não são restritos no RS.

Em nível nacional, os Neossolos Quartzarênicos perfazem 49,6 milhões de hectares, isto é, 5,82% do País (Spera et al., 1999; Santos et al., 2011) evidenciando a relevância dos mesmos.

No caso dos NQ no ambiente semiárido é possível fazer algumas inferências quanto aos processos que podem levar a sua degradação pela ação antrópica, em função de suas propriedades físicas e químicas. São caracterizados por apresentarem teores elevados de areia (90% ou mais), desde a superfície até as camadas mais profundas, em relevo plano, e desenvolvidos de materiais sedimentares (CUNHA et al., 2010). Apresentam fragilidade textural e estrutural, associada à pequena agregação das partículas (baixo teor de argila), baixo teor de matéria orgânica, baixa CTC e alta drenabilidade. Essas propriedades, sozinhas ou combinadas, fazem com que estes solos apresentem alta susceptibilidade à erosão hídrica ou eólica, baixa capacidade de retenção de água e maior propensão natural à perda de nutrientes por lixiviação (ALBUQUERQUE et al., 2011).

São ainda escassos e insuficientes os estudos relacionados com o uso mais intensivo destes solos com sistemas de manejo conservacionistas, que podem ter sua fragilidade natural reduzida ou aumentada quando comparados às áreas naturais (AMADO et al., 1999; ALBUQUERQUE et al., 2011). Por esse motivo, são solos com menor valor no mercado e, superando todas as dificuldades, o eucalipto consegue produzir relativamente bem em locais como esses, além de ajudar a evitar o alastramento dos núcleos de arenização (a presença das árvores diminui a erosão eólica e o soterramento da vegetação adjacente aos núcleos de arenização).

2.3 Adubação mineral (NPK + Calagem)

A adubação mineral representa a quase todas as adubações realizadas nos cultivos comerciais de essências florestais no RS. Normalmente, os principais nutrientes suplementados via fertilização são o nitrogênio (N), fósforo (P) e o potássio (K), juntamente com a correção do solo com calagem. Entretanto, eventualmente a aplicação de micronutrientes também é realizada.

Segundo Alves et al. (2015), o N mineral é absorvido em forma de nitrato ou amônio, sendo constituinte de vários compostos orgânicos nas plantas, necessário para a síntese de aminoácidos e proteínas, faz parte das moléculas de clorofila, participando diretamente de diversos processos fisiológicos, bioquímicos e morfológicos relacionados com fotossíntese, divisão e alongamento celular. Cerca de 90% do N da planta encontra-se em forma orgânica é assim que desempenha as suas funções, como componente estrutural de macromoléculas e constituinte de enzimas (MALAVOLTA, 1987).

O fósforo (P) é considerado um dos macronutrientes essenciais no metabolismo vegetal de enzimas e na síntese das proteínas ligado ao crescimento inicial de mudas, por estar envolvido diretamente no desenvolvimento do sistema radicular além de estimular o florescimento e quando aplicado em quantidades adequadas, têm demonstrado efeito positivo na obtenção de mudas mais vigorosas em espécies florestais suprimindo a demanda por nutriente de acordo com a espécie, tipo de solo, fatores ambientais ou órgão analisado processos envolvem relações na interface raízes, caules e folhas (VALADARES et al., 2015). Atua no controle do potencial osmótico celular, manutenção do pH citoplasmático mantendo o equilíbrio eletroquímico da planta, metabolismo de carboidratos, realização da fotossíntese e respiração (SOUSA et al., 2014).

O potássio (K) não tem nenhuma afinidade com outros compostos orgânicos e nem função estrutural na planta, porém participa na ativação de grande número de enzimas, como as desidrogenases, oxiredutases, transferases, sintetases, quinases e aldolases, atuando no controle do potencial osmótico celular, manutenção do pH citoplasmático mantendo o equilíbrio eletroquímico da planta, metabolismo de carboidratos, realização da fotossíntese e respiração (SOUSA et al., 2014). Quando absorvido pelas plantas atua aumentando a eficiência do uso da água, resistência a condições adversas, interferindo no crescimento e maximizando a produção foliar, sendo o potássio e o nitrogênio os nutrientes mais exportados para os frutos (AMORIM et al., 2015).

A calagem e a adubação devem ser seguidas por recomendações, onde devem ser tomadas uma série de cuidados, em que é necessário diminuir a toxidez de alumínio (Al), via calagem ou material orgânico, para que diminua a alta saturação por bases que pode resultar na restrição do sistema radicular. Pelo fato de que, no solo há pouca quantidade de MO, logo, não há nitrogênio e enxofre suficiente no solo. Sendo assim, a adubação orgânica se torna uma grande opção, ganhando vantagem sobre a adubação mineral.

2.4 Adubação orgânica (animal e vegetal)

O custo cada vez mais elevado dos adubos minerais e o aumento na preocupação da sustentabilidade da produção, têm forçado os produtores a buscarem outras alternativas. Dentre elas, a adubação orgânica, oriunda de fontes animais ou vegetais, pode apresentar várias vantagens em relação à mineral.

Uma das mais importantes vantagens é fornecer ao solo carbono orgânico em adição aos nutrientes. A matéria orgânica do solo (MOS) é dos mais importantes indicadores da qualidade do solo, tendo em vista que é essencial nos processos produtivos e na diversidade biológica (Turco e Blume, 1998). A matéria orgânica favorece maior retenção de água, de nutrientes, maior agregação, menor erosão, melhorando inúmeras características químicas, físicas e biológicas. Estes benefícios da MOS são mais importantes em solos arenosos do que em solos argilosos, pois os solos argilosos, mesmo com baixo teor de MOS, conseguem manter vários processos funcionando (ex. retenção de água, absorção de nutrientes, agregação), enquanto os arenosos dependem exclusivamente da MOS para tal.

Outra grande vantagem de usar adubo orgânico em solos altamente suscetíveis a perdas de nutrientes por lixiviação é que, ao contrário dos adubos minerais, os nutrientes do adubo orgânico não estão prontamente disponíveis para serem absorvidos pelas plantas.

Para que os nutrientes presentes na composição do adubo fiquem disponível, é necessário que haja decomposição do adubo e mineralização dos nutrientes, isto é, que os nutrientes na forma orgânica sejam transformados a uma forma mineral e liberados para a solução do solo. Esta mineralização é feita por microrganismos e é mais lenta do que a dissolução dos adubos minerais. A velocidade de decomposição é dependente de várias características de adubo orgânico (BRAGA, 2010), além do clima e do solo presentes. Ao fornecer de forma mais paulatina os nutrientes, a adubação orgânica alcança uma maior sincronia entre a demanda de nutrientes pela planta e o fornecimento de nutrientes pelo adubo do que os fertilizantes minerais.

Nos solos altamente arenosos, a baixa concentração de MOS implica ainda em que haja um baixíssimo estoque de nitrogênio no solo, já que nos solos o N está predominantemente na forma orgânica. Ao adicionar um adubo orgânico, a tendência é de aumentar o estoque deste nutriente.

A adubação orgânica pode ainda trazer benefícios, entre eles a maior atividade biológica no solo e as vantagens decorrentes disso. Segundo Moreira e Siqueira (2002), a adição de

material orgânico favorece a solubilização microbiana do fosfato, sendo este efeito relacionado com a natureza desse material.

A composição e as características do esterco influenciam no potencial para a utilização direta no solo como fertilizante orgânico (Tedesco et al., 1999). A concentração de nutrientes no resíduo, a relação carbono-nitrogênio e a resistência das moléculas à decomposição (recalcitrância química) estão entre as principais características. Tanto resíduos orgânicos oriundos de vegetais e animais podem apresentar taxas baixas ou elevadas de decomposição de acordo com as características destacadas acima.

No bioma Pampa, região da área de estudo, o sistema de criação animal predominante é o extensivo, dificultando a coleta de fezes e urina que poderiam ser utilizados para adubo orgânico em outras localidades. No entanto, alguns criadores de ovinos realizam o recolhimento dos animais em benfeitorias durante a noite, favorecendo o acúmulo e armazenamento dos seus dejetos. Estes resíduos apresentam características variáveis conforme o contexto do solo e de manejo de cada local. Portanto a adequada interpretação do potencial fertilizante do esterco ovino requer análises que contemplem a variabilidade destes resíduos em nível legal ou regional.

Outra alternativa para uso de adubação orgânica na região do Pampa, é a utilização de resíduo orgânico doméstico vermicompostado.

Os resíduos orgânicos urbanos, devem ser encaminhados para reciclagem e compostagem, para que seja separado materiais passíveis para o reaproveitamento.

A compostagem é um processo de transformação biológica que pode ser utilizado para transformar diferentes tipos de resíduos orgânicos em fertilizantes utilizáveis na agricultura que, quando adicionado ao solo, melhora as suas características físicas, físico-químicas e biológicas (LIMA, 2004). Consequentemente, o composto serve para enriquecer solos pobres, melhorando a sua estrutura e permitindo uma boa fertilidade, também aumentando a capacidade das plantas na absorção de nutrientes (macro e micro), fornecendo substâncias que estimulam seu crescimento (PARÁ, 2003).

No município de São Gabriel, RS, uma iniciativa realizada pela empresa GAIA executou, por certo período, o recolhimento de resíduo orgânico doméstico de vários clientes que selecionavam seus resíduos orgânicos em casa, e após o recolhimento, a empresa executava também a compostagem. Após estabilizado, o composto era peneirado e retornado como adubo orgânico para os clientes. Este material, de forma semelhante a muitos materiais orgânicos, não teve ainda avaliação do potencial agrônomo em nível de pesquisa científica. Neste trabalho,

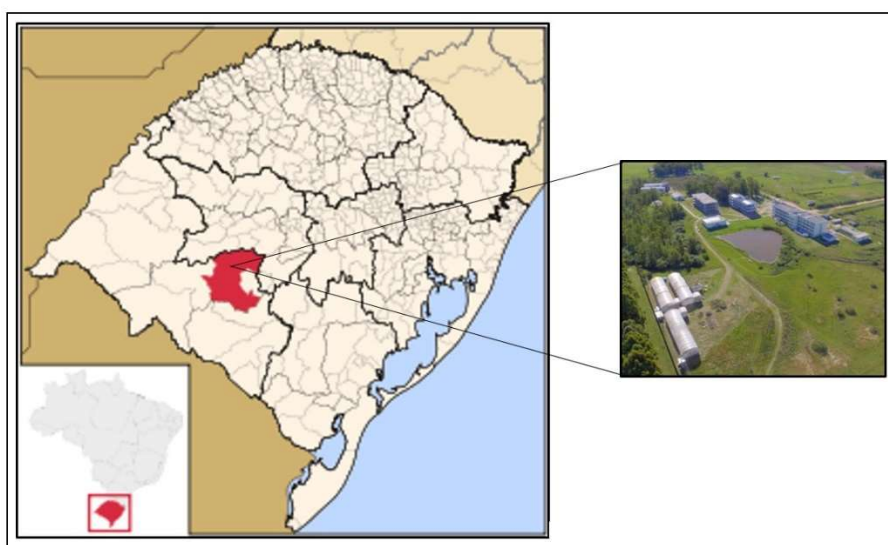
portanto, buscou-se avaliar tal potencial, comparando o resíduo da compostagem com o esterco ovino e com a adubação mineral de referência em promover o crescimento inicial de mudas de eucalipto cultivado em solo altamente suscetível a perdas por lixiviação.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área de condução do experimento

O experimento foi conduzido no período de 20 de outubro de 2022 a 20 de dezembro de 2022, em casa de vegetação, localizada na Universidade Federal do Pampa – UNIPAMPA, Campus São Gabriel – RS (Figura 1).

Figura 1. Mapa da localização da área de estudo.



Fonte: A autora, 2022.

Fonte Mapa: Google Imagens.

O clima predominante é subtropical úmido com baixas altitudes, com estações bem definidas, sendo verão quente e úmido, outono com início de frio moderado, inverno com temperaturas baixas com frequentes geadas e a presença do chamado vento minuano e por fim, a primavera com um clima equilibrado. De acordo com Köppen e Geiger, o clima é classificado como Cfa – onde são climas subtropicais, úmidos em todas as estações com verão quente.

3.2 Espécie escolhida

A cultura escolhida para o experimento foi o *Eucalyptus benthamii*, que de acordo com Graça et al. (1999), possui alta resistência a geadas, rápido crescimento, alta homogeneidade do talhão e boa forma de fuste. Por esse motivo, se torna uma espécie com grande potencial para regiões de baixas temperaturas e geadas constantes, como na região do experimento.

3.3 Montagem dos vasos e condução do experimento

Os recipientes utilizados foram vasos plásticos com capacidade de 8 dm³. Os vasos possuíam 23 centímetros de altura, diâmetro superior de 24 centímetros e diâmetro do fundo de 20 centímetros. Os mesmos apresentavam furos para a passagem da água.

A montagem iniciou com uma camada de tecido, do tipo voal, servindo como uma barreira de drenagem, liberando apenas a saída de água, não havendo o vazamento de substrato. Então em cada vaso, foram adicionados 5,0 quilogramas de solo, previamente misturados com o adubo do respectivo tratamento. O solo utilizado é o NQ coletado de um núcleo de arenização, na cidade de Alegrete, no Rio Grande do Sul. Os principais atributos químicos e físicos do solo do estudo são: pH ácido (4,5) com baixa aptidão agrícola, teor de argila considerado baixo, de 13%, possui um teor muito baixo de M.O do solo e concentrações de nutrientes importantes, como o fósforo (4,4 mg/dm³) e potássio (17 mg/dm³), além de ser excessivamente drenados, podendo reter pouca umidade. Ainda possui teor de cálcio (0,5 cmolc/dm³), magnésio (0,1 cmolc/dm³), capacidade de troca catiônica de 1,75 cmolc/dm³, e por fim é encontrado nesse solo uma saturação por bases de 20% e 58,8% de alumínio. Desse modo, a partir do Laudo de Análise de Solo, pode-se concluir que o NQ é um solo pouco desenvolvido e frágil.

O experimento foi instalado e conduzido em casa de vegetação, onde os vasos foram colocados em bancadas suspensas (Figura 2). As irrigações foram feitas periodicamente, duas vezes ao dia, por todo período do experimento, a fim de manter a umidade do solo próxima a 80% da capacidade de campo. Abaixo de cada vaso foram instalados pratos coletores, conectados a garrafas PET, para análise de perda de nutrientes por lixiviação. Assim, além da irrigação diária normal, durante três eventos (aos 5, 20 e 45 dias após o plantio), foi adicionado um litro de água extra por vaso para forçar a drenagem da solução através da coleta de solução do solo lixiviada.

Figura 2 - Instalação do experimento.



Fonte. A autora, 2022

Utilizou-se oito tratamentos (Tabela 1), com quatro repetições, onde cada vaso representou uma unidade experimental e continha uma muda de eucalipto. Além do tratamento testemunha, utilizou-se dois adubos orgânicos (cada um com três doses) e a calagem e adubação mineral conforme recomendação oficial (CFQS-RS/SC, 2016).

Tabela 1 - Doses de adubação para cada tratamento.

Tratamentos
T1. Testemunha
T2. 0,5 dm ³ de esterco ovino
T3. 1,0 dm ³ de esterco ovino
T4. 1,5 dm ³ de esterco ovino
T5. 0,5 dm ³ de composto de resíduo orgânico doméstico
T6. 1,0 dm ³ de composto de resíduo orgânico doméstico
T7. 1,5 dm ³ de composto de resíduo orgânico doméstico
T8. Calagem + NPK

Fonte: A autora, 2022.

O esterco ovino foi coletado em uma propriedade particular no município de Santa Margarida do Sul, em uma esterqueira localizada abaixo de um abrigo onde os ovinos pernoitam. O composto de resíduo orgânico doméstico é um material obtido da vermicompostagem, produzido pela empresa Gaia, São Gabriel, RS. Ambos os materiais foram homogeneizados e submetidos a análises físicas e químicas pelo Laboratório de Química e Física do Solo, localizado na Universidade do Oeste de Santa Catarina – UNOESC, em que os resultados estão apresentados na tabela 2.

Tabela 2 – Principais atributos físicos e químicos dos fertilizantes orgânicos.

Características	Tipo de Substrato	
	Esterco Ovino	Composto Orgânico Gaia
pH	10,3	7,26
Umidade - %	70,4	40,2
Densidade – kg m ⁻³	866,9	338,3
Nitrogênio (TKN) – g kg ⁻¹	25,3	22,4
Fósforo (P) - g kg ⁻¹	8,05	1,77
Potássio (K) - g kg ⁻¹	26,7	4,83
Cálcio (Ca) - g kg ⁻¹	12,1	19,0
Magnésio (Mg) - g kg ⁻¹	6,21	2,08
Cobre (Cu) - mg kg ⁻¹	38,8	20,1
Zinco (Zn) - mg kg ⁻¹	174,4	47,4
Manganês (Mn) - mg kg ⁻¹	579,4	745,3
Ferro (Fe) - g kg ⁻¹	5,90	3,69
Enxofre (S) - g kg ⁻¹	8,89	5,94
Carbono - g kg ⁻¹	384,3	454,7
Relação C/N	15,2	20,3

Fonte: A autora, 2022.

3.4 Avaliações

3.4.1 Crescimento da parte aérea

O crescimento das mudas foi mensurado através da medição da altura das plantas e da massa seca ao final do experimento. As medições de alturas foram realizadas manualmente, com auxílio de uma trena, onde foram feitas cinco medições, desde o plantio até a colheita. Ao final do estudo, a parte aérea foi separada e submetida a secagem em estufa a 60°C até peso constante para determinação da massa seca. Por fim, foram pesadas, com auxílio de uma balança, e anotados os resultados.

3.4.2 Perdas de nutrientes por lixiviação

Foram realizadas três coletas de amostras de solução do solo, por meio de lixiviação por drenagem livre. Para tal, no dia anterior à coleta, foi adicionado um litro de água por vaso à irrigação normal diária, para que fosse drenada durante a noite e coletada, para posterior análise. Em cada coleta, a solução drenada foi recolhida em garrafas PET (Figura 3). O volume foi

quantificado e as amostras levadas a refrigerador para análises químicas dos teores de nitrogênio (N) mineral, fósforo (P) e potássio (K).

Figura 3 – Coleta das soluções lixiviadas do solo.



Fonte. Autora, 2022

3.4.2.1 Nitrogênio mineral

Os teores de nitrato (NO_3^-) + amônio (NH_4^+) foram determinados por destilação de arraste em destilador semi-micro Kjehldal, conforme método descrito por Tedesco et al. (1995). A destilação utiliza a adição de 0,2g de MgO e 0,2g de Liga de Devarda, em um frasco contendo 5mL de indicador de ácido bórico.

Após destilação, as amostras são tituladas, com H_2SO_4 0,0025M e o volume gasto na titulação é considerado para o cálculo da quantidade de N presente.

3.4.2.2 Fósforo

A análise de P, foi realizada por colorimetria, conforme o método descrito por Murphy & Riley (1962). Foi utilizado o equipamento Espectrofotômetro UV/VIS para leitura das amostras, em uma absorbância de 882 nm. Foram pipetadas 0,5mL de cada amostra de solução lixiviada para copos descartáveis, em que foi completado o volume de 3mL com água destilada. Posteriormente foi adicionado uma gota de p-nitrofenol 0,25% e para neutralizar foi adicionado NaOH 10M até a viragem de cor. Por fim, 0,5 ml de solução B (1,356g de Ácido Ascórbico dissolvido em 100 ml da solução A).

A análise de soluções de uma curva de concentração conhecida de P foi utilizada para quantificar o teor de P contido nas amostras.

3.4.2.3 Potássio

O teor de K foi quantificado utilizando um fotômetro de chamas, conforme método descrito por Tedesco et. al (1995).

Em adição às análises supramencionadas, algumas coletas e análises realizadas neste experimento comporão um outro relatório de TCC. Ao final do experimento, na ocasião da colheita, procedeu-se a coleta de amostras de solo para quantificação do teor de N, P e K remanescentes e procedeu-se a lavagem do sistema radicular. Os parâmetros morfométricos do sistema radicular foram quantificados, bem como será realizado a quantificação do teor de nutrientes do tecido vegetal das raízes e parte aérea. Ao final, espera-se, com o conteúdo dos dois TCC, submeter um artigo científico a um periódico indexado.

3.5 Análise Estatística

Os resultados de altura de planta, massa seca e perda de nutrientes por lixiviação foram submetidos ao teste de normalidade e à análise de variância (ANOVA). Quando houve diferença significativa entre os tratamentos, os mesmos foram avaliados pelo teste de Dunnett ($P < 0,05$) utilizando o tratamento da adubação mineral como tratamento referência. Além disso, dentro de cada composto orgânico, o efeito das doses foi avaliado por regressão. Quando o critério da distribuição normal não foi atendido, os tratamentos foram comparados individualmente com o tratamento referência pelo teste de T.

4 APRESENTAÇÃO DA PESQUISA E ANÁLISE DOS RESULTADOS

A análise de parâmetros de crescimento é um método de grande importância na avaliação das diferentes respostas das plantas (Souza et al., 2018), sendo assim, foram avaliadas variáveis como altura, massa seca da parte aérea e das raízes e os teores de nutrientes presentes no solo.

4.1 Altura

Os dados das médias das alturas das mudas de eucalipto (cm) obtidas no experimento em São Gabriel, RS, estão listados na Tabela 3. Ao verificar a análise de variância com todos os tratamentos, não houve efeito significativo dos tratamentos sobre a variável altura em nenhuma das cinco datas avaliadas, o que provavelmente se deve a dois motivos principais. Um deles é que as mudas utilizadas no estudo não eram mudas clonais e apresentavam, portanto, heterogeneidade genética. A outra razão é o tempo relativamente curto utilizado no estudo. No entanto, houve diferença significativa na data de encerramento do estudo (figura 4), pelo teste de Dunnett utilizando o tratamento testemunha como referência. Constata-se que os maiores valores de altura foram obtidos nos tratamentos em que foi utilizado o esterco ovino (T2, T3 e T4), independentemente da dose. Nos tratamentos com composto de resíduo orgânico doméstico, apenas a maior dose (T7) promoveu maior crescimento. As duas doses menores de composto (T5 e T6) apresentaram a altura de plantas estatisticamente similar à da testemunha e da adubação mineral. Este resultado indica que, possivelmente, se utilizado em maiores doses, o composto orgânico doméstico possa ter um efeito mais próximo ao do esterco ovino. A análise de regressão para cada um dos resíduos e suas doses não foi significativa ($P < 0,05$).

Tabela 3 – Dados das médias das alturas do experimento.

Tratamento	Altura (cm)				
	Dia 21/10	Dia 03/11	Dia 16/11	Dia 30/11	Dia 20/12
T1	22,5 ns	24,0 ns	25,6 ns	31,0 ns	42,5 ns
T2	22,1	23,3	26,1	37,8	53,9
T3	22,0	23,6	25,8	35,8	54,3
T4	20,9	22,0	26,4	41,5	57,1
T5	19,0	20,3	21,5	30,5	41,3
T6	21,1	22,5	25,2	32,9	42,4
T7	19,1	20,5	23,0	32,5	46,3
T8	18,5	20,8	26,4	35,4	42,1

ns: não significativo pela análise de variância ($P < 0,05$).

Fonte: A autora, 2022.

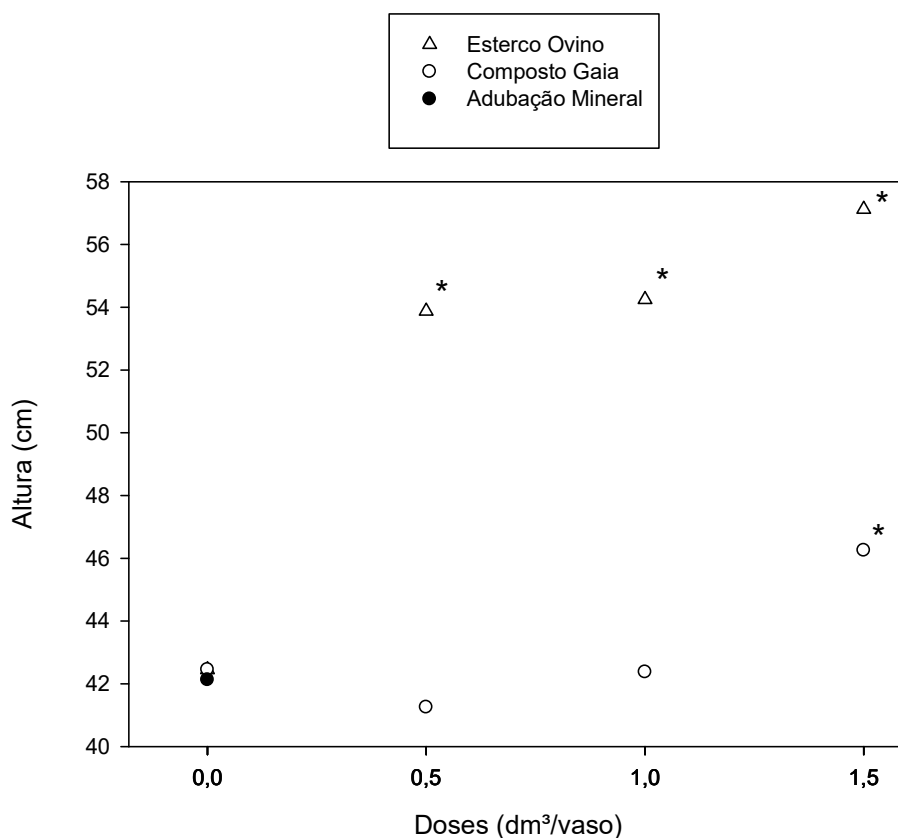


Figura 4. Relação entre a altura final de plantas de *Eucalyptus benthamii* após 60 dias de cultivo em vaso com aplicação de doses de fertilizantes orgânicos. Médias acompanhadas por asterisco (*) diferem do tratamento testemunha pelo teste de Dunnett ($P < 0,05$).

Fonte: A autora, 2022.

A superioridade promovida no crescimento de mudas pelo esterco ovino em relação ao composto orgânico é condizente com as maiores concentrações de nutrientes conforme apresentado anteriormente (Tabela 2). O maior pH do esterco ovino em relação ao composto também pode ter influenciado, já que este solo apresenta elevada acidez e teor de Alumínio trocável.

No entanto, o menor crescimento de mudas no tratamento com adubação mineral provavelmente se deve a perdas por lixiviação de nutrientes, que será apresentado e discutido futuramente.

4.2 Massa seca da parte aérea e das raízes

As figuras 5A e 5B apresentam a produção de massa seca da parte aérea e das raízes, respectivamente, em relação aos tratamentos (T1 – T8).

A massa seca da parte aérea nos tratamentos de menor dose do composto de resíduo orgânico doméstico e da testemunha foram os únicos que mostraram diferença na análise estatística. Representados por letras diferentes são os que diferiram pelo teste de Tukey. Dessa forma, o tratamento com maior dose de esterco ovino (T4), mostrou grande diferença ao comparar a mesma dose do resíduo orgânico doméstico, testemunha e adubação mineral.

A massa seca das raízes de eucalipto não apresentou diferença significativa entre os tratamentos. Entretanto, os valores absolutos tenderam a ser maiores nos tratamentos com esterco ovino e com adubação mineral. Isto provavelmente está relacionado ao efeito dos tratamentos na correção do pH do solo, ocasionando maior neutralização do Al tóxico para as raízes.

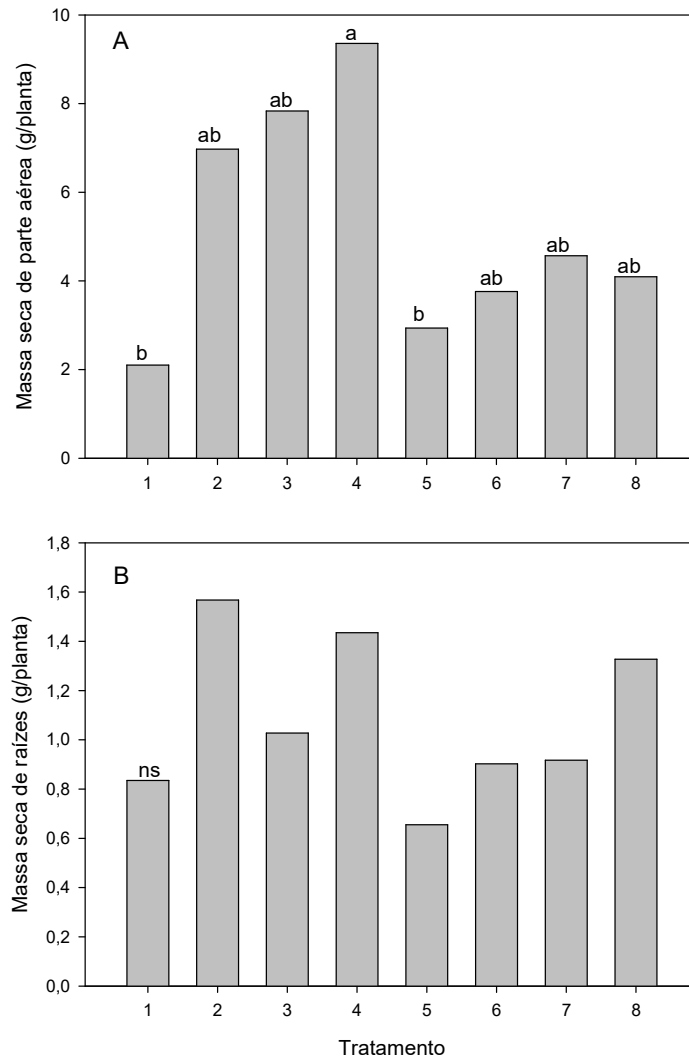


Figura 5 – Produção de massa seca da parte aérea (A) e das raízes (B). ns = não significativo pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Fonte: A autora, 2022.

4.3 Nutrientes lixiviados

As concentrações de nutrientes encontrados nas soluções lixiviadas diferiram estatisticamente conforme os tratamentos na maioria dos eventos – a única exceção foi para os teores de K do 3º evento de lixiviação (Tabela 4).

Os dados evidenciam que a adubação mineral, quando aplicada neste solo de baixa capacidade de absorção, pode promover uma rápida perda por lixiviação, pois no primeiro evento de lixiviação houve concentração significativamente maior no tratamento T8 do que nos

demais para N e P. Para o K, tanto o T8 quanto o tratamento com maior dose do esterco ovino (T4) foram maiores estatisticamente que os demais tratamentos.

Ao analisar as concentrações de nitrogênio, percebe-se que os teores de N foram diminuindo em cada nova coleta de solução lixiviada. Cabe destacar que no Brasil, a Portaria n. ° 13, de 15.01.76, do Ministério do Interior, fixou em 10 mg N-NO₃/L o valor máximo de nitratos para água bruta. E o Decreto Federal n. ° 79.397, de 09.03.77, e a Portaria n. ° 56, de 14.03.77, do Ministério da Saúde, estabeleceram em 10 mg N-NO₃/L o padrão de nitratos para água tratada. Acima destas concentrações, portanto, considera-se que a água não é potável, pois há risco de provocar doenças, principalmente a Metahemoglobinemia Infantil. No presente estudo, o teor de N avaliado é a soma de NH₃⁰ + NH₄⁺, mas como o amônio é pouco lixiviado, espera-se que a maior parte do N quantificado seja nitrato. Portanto, o tratamento T8 promoveu um teor bem acima do limite estabelecido, na sua primeira lixiviação, o que poderia acarretar em poluição de águas subterrâneas e mananciais após o afloramento. Por outro lado, o limite do teor de N na solução lixiviada não foi atingido em nenhum momento pelos fertilizantes orgânicos, independente da dose de fertilizante aplicado.

Para a concentração de fósforo, houve um aumento nos teores na 2^o lixiviação, reduzindo na 3^o, em que também há diferença significativa do T8. Alta concentração de P em solução também tem implicação ambiental preocupante.

No Brasil, a legislação do (CONAMA, 2005) estabelece que o nível crítico de P total na água é de 0,020 – 0,025; 0,030 – 0,050 e 0,050 – 0,075 mg L⁻¹ nas Classes 1, 2 e 3 respectivamente. Assim, a concentração crítica estabelecida para efeitos de eutrofização de água é de 0,02 – 0,035 mg L⁻¹ (CORRELL, 1998; HECKRATH et al., 1995). Portanto, embora o adubo mineral tenha apresentado os maiores teores de P em solução, todos os tratamentos utilizados no estudo promoveram concentração de P na solução lixiviada acima do limite para eutrofização. Além da adubação mineral, destaca-se o esterco ovino, nas doses mais elevadas, promovendo maior perda de P que os demais tratamentos.

As concentrações de K em solução lixiviada, em geral, apresentaram menor diminuição do que as de N e P ao longo dos três eventos de lixiviação, pois mesmo na última coleta, com exceção ao tratamento testemunha, ainda havia elevadas concentrações de K (embora não houvesse diferença significativa entre os tratamentos).

Tabela 4 – Concentração de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) nas soluções lixiviadas (mg/dm³).

Tratamento	N (NH ₃ ⁰ +NH ₄ ⁺)			P			K		
	1 ^a lixiv.	2 ^a lixiv.	3 ^a lixiv.	1 ^a lixiv.	2 ^a lixiv.	3 ^a lixiv.	1 ^a lixiv.	2 ^a lixiv.	3 ^a lixiv.
T1. Testemunha	5,64b	3,19b	1,23ab	1,90b	1,54b	0,97b	119,55c	13,20c	176,00a
T2. 0,5 dm ³ de esterco ovino	6,66b	3,82b	0,27b	3,91b	22,28b	21,65b	405,90c	857,45bc	759,00a
T3. 1,0 dm ³ de esterco ovino	7,16b	4,72ab	1,74ab	9,11b	42,25ab	20,06b	870,10b	1565,30ab	662,20a
T4. 1,5 dm ³ de esterco ovino	4,65b	3,40b	1,66ab	14,58b	80,46ab	16,38b	1614,80a	2382,60a	727,10a
T5. 0,5 dm ³ de composto de resíduo	5,66b	3,94b	0,80ab	2,00b	2,16b	0,91b	72,60c	243,10c	414,15a
T6. 1,0 dm ³ de composto de resíduo	8,73b	3,23b	1,15ab	2,00b	2,10b	0,94b	119,90c	369,05c	458,15a
T7. 1,5 dm ³ de composto de resíduo	7,37b	2,59b	3,55a	2,09b	2,84b	1,76b	178,20c	581,90bc	547,80a
T8. Calagem + NPK	52,26a	8,90a	2,27ab	92,65a	134,78a	101,26a	1287,55ab	589,05bc	627,55a

Fonte: A autora, 2022.

Tabela 5 – Perda de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) por drenagem livre (mg/vaso) em cada um dos eventos de lixiviação.

Tratamento	N (NH ₃ ⁰ +NH ₄ ⁺)			P			K		
	1 ^a lixiv.	2 ^a lixiv.	3 ^a lixiv.	1 ^a lixiv.	2 ^a lixiv.	3 ^a lixiv.	1 ^a lixiv.	2 ^a lixiv.	3 ^a lixiv.
T1. Testemunha	6,32b	2,95b	1,29a	2,15b	1,46c	1,01b	122,66d	12,44c	181,14a
T2. 0,5 dm ³ de esterco ovino	6,66b	3,74b	0,27a	3,91b	21,56bc	19,59b	405,90cd	814,28bc	689,07a
T3. 1,0 dm ³ de esterco ovino	6,86b	4,38ab	1,31a	8,68b	38,52bc	18,37b	837,56bc	1419,50ab	587,84a
T4. 1,5 dm ³ de esterco ovino	3,82b	3,25b	1,10a	12,94b	77,41ab	12,46b	1452,41a	2258,69a	511,56a
T5. 0,5 dm ³ de composto de resíduo	6,00b	3,87b	0,74a	2,25b	2,12c	0,85b	82,50d	236,12c	375,90a
T6. 1,0 dm ³ de composto de resíduo	8,53b	3,15b	0,84a	1,97b	2,06c	0,72b	115,72d	362,01c	347,55a
T7. 1,5 dm ³ de composto de resíduo	7,42b	2,35b	1,95a	2,06b	2,63c	1,14b	165,72d	529,46bc	329,07a
T8. Calagem + NPK	51,56a	7,94a	1,24a	91,62a	112,17a	52,67a	1265,66ab	493,54bc	374,06a

Fonte: A autora, 2022

Na tabela 5, a partir dos resultados pode-se verificar que na adubação mineral, os teores de N, P e K lixiviam de forma rápida, isso mostra que ao utilizar adubação mineral, em solos extremamente arenosos, há uma necessidade maior de parcelamento da adubação.

Para os tratamentos com adubação de esterco ovino, na 3ª lixiviação, os teores de N, P e K, ainda estavam presentes em grandes proporções, mostrando que há uma disponibilidade lenta de nutrientes para a planta, favorecendo a eficiência do uso pela planta. Já para os tratamentos com resíduo orgânico doméstico, os valores de concentração e de perda absoluta de nutrientes por lixiviação ficaram sempre próximos aos da testemunha. Isso não compromete, necessariamente, seu potencial como fertilizante, mas evidencia a sua menor concentração de nutrientes no adubo e sugere o uso de maiores doses para estudos futuros. Esta observação é corroborada na tabela 6, onde é apresentado o percentual de perda de nutrientes por lixiviação, em relação ao total adicionado por cada tratamento. Embora o composto de resíduo orgânico doméstico tenha tido as menores concentrações de nutrientes lixiviados, apresentou perdas relativas elevadas, principalmente de K, chegando a perder 84,7% do K no tratamento de menor dose (T5; Tabela 6).

Tabela 6 – Porcentagem de perda de nutrientes por lixiviação.

Tratamento	% das médias dos nutrientes que foram lixiviados nas 3 análises		
	N	P	K
T1. Testemunha	0	0	0
T2. 0,5 dm ³ de esterco ovino	0,10	1,26	16,13
T3. 1,0 dm ³ de esterco ovino	0,06	0,92	0,92
T4. 1,5 dm ³ de esterco ovino	0,02	0,96	11,89
T5. 0,5 dm ³ de composto de resíduo	0,28	1,74	84,70
T6. 1,0 dm ³ de composto de resíduo	0,17	0,79	50,63
T7. 1,5 dm ³ de composto de resíduo	0,10	0,65	41,81
T8. Calagem + NPK	1,35	6,62	18,11

Fonte: A autora, 2022.

Por outro lado, as perdas relativas de nutrientes por lixiviação tenderam a ser menores nos tratamentos que se aplicou esterco ovino do que o uso de composto de resíduo orgânico doméstico e adubação mineral. Portanto, olhando os resultados em conjunto, verifica-se que o fertilizante à base de esterco ovino, tanto em doses maiores ou menores, foi o melhor adubo para o presente caso, pois promoveu maior crescimento em altura e produção de massa seca da parte aérea, sem implicar em potencial de contaminação ambiental. Já o composto de resíduo orgânico doméstico requer doses maiores do que 1,5 dm³, o que poderá ser verificado em

estudos futuros. Além de maiores doses, é importante avaliar o efeito destes adubos orgânicos ao longo de um maior período. Da mesma forma, é importante testar os tratamentos utilizados neste estudo em casa de vegetação em situações de campo, a fim de consolidar este potencial fertilizante dos adubos testados.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos resultados, pode-se concluir que em solos arenosos, como o que foi utilizado no experimento, a adubação que proporciona melhores resultados é a orgânica, pois disponibiliza os nutrientes aos poucos para a planta, tornando mais eficiente para o crescimento inicial de mudas e sem comprometer o ambiente por contaminação de água subterrânea por lixiviação de nitrogênio e fósforo.

Dentre os adubos orgânicos nas doses testadas, o esterco ovino foi o mais eficiente em promover o crescimento inicial de mudas de eucalipto.

A adubação mineral em mudas de Eucalipto cultivadas em NQ deve ser feita com cuidado, a fim de evitar possíveis contaminações de lençóis freáticos com nitratos e fósforo.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, J. A.; ALMEIDA, J. A.; GATIBONI, L. C.; ELTZ, F. L. F. **Atividades agrícolas de produção em solos frágeis no sul do Brasil.** p. 368-403. In: Tópicos em Ciência do Solo. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. v. 7, 2011. 403 p.

ALVES, G. D.; SAMPAIO, E. V. S. B.; SALCEDO, I. H. & SILVA, V. M. **Potencial de mineralização de N e de C em vinte solos de Pernambuco.** Revista brasileira de Ciências do Solo, 2015.

AMADO, T. J. C.; MIELNICZUK, J.; FERNANDEZ, S. B.; BAYER, C. **Culturas de cobertura, acúmulo de Nitrogênio total no solo e produtividade do milho.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, MG, v. 23, p. 679-686, 1999.

AMORIM, D. A.; ROZANE, D. E.; SOUZA, H. A.; MODESTO, V.C.; NATALE, W. **Adubação nitrogenada e potássica em goiabeiras ‘paluma’: I. efeito na produtividade e na qualidade dos frutos para industrialização.** Revista Brasileira Fruticultura 2015; 37(1): 201 – 209.

ANDRIOLI, I.; SACCHI, E.; NISHIDA, L. T.; CENTURION, J. F. **Efeito de modalidades de preparo e da aplicação de um composto orgânico nas propriedades físicas de um Latossolo Vermelho-Escuro textura média nas culturas de soja e milho.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 23., 1991, Porto Alegre. Anais... Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1991. p.143.

BINKOWSKI, P. **Dinâmicas socioambientais e disputas territoriais em torno dos empreendimentos florestais no sul do Rio Grande do Sul.** 2014. 266 f. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Rural) – Faculdade de Ciências Econômicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

BRAGA, G.N.M. **A Importância e o manejo da Adubação Orgânica**, 2010.

BREPOHL, D. **Contribuição do Setor Florestal à Economia Brasileira**. Revista Floresta, v. 11, n.1, p. 53 - 57, 1980.

BRITO OR; VENDRAME PRS; BRITO RM. 2005. **Alterações das propriedades químicas de um Latossolo Vermelho distroférico submetido a tratamentos com resíduos orgânicos**. *Semina: Ciências Agrárias* 26:33-40.

CORREIA, J. R.; REATTO, A.; SPERA, S. T. **Solo e suas relações com o uso e o manejo**. In: SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E. (Org.). Cerrado: correção do solo e adubação. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2004. p. 29-61.

CORRELL, D. L. **The role of phosphorus in the eutrophication of receiving waters: A review**. *Journal Environmental Quality*. v. 27, p. 261-266, 1998.

CUNHA, T. J. F.; SILVA, F. H. B. B. da; SILVA, M. S. L. da; PETRERE, V. G.; SÁ, I. B.; OLIVEIRA NETO, M. B. de; CAVALCANTI, A. C. **Solos do submédio do vale do São Francisco: potencialidades e limitações para o uso agrícola**. Petrolina, PE: Embrapa Semi-Árido, 2008. 60 p. (Embrapa Semi-Árido. Documentos, 211).

REA – Revista de estudos ambientais online , 2021. Disponível em: < <https://bu.furb.br/ojs/index.php/rea/article/view/9095/5609> > Acesso em: 28 de janeiro de 2023. **GERMINAÇÃO DO EUCALIPTO E ESPÉCIES BIOINDICADORAS SOB O USO DE DOIS FERTILIZANTES**.

GRAÇA, M.E.C. et al. **Capacidade de rebrota e de enraizamento de Eucalyptus benthamii**. Boletim de Pesquisa Florestal, n.39, p.135-138, 1999.

IBA. **Relatório anual 2020**. Disponível em: <https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/iba-relatorioanual2020>. Acesso em: 13 jan. 2022.

LIMA, L. M. Q. **Lixo: tratamento e biorremediação**. São Paulo: Editora Hemus, p. 265, 2004.

MALAVOLTA, E. **Manual de calagem e adubação das principais culturas**. São Paulo, Ceres, 1987.496p.

MOREIRA, F.M.S. & SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras, Universidade Federal de Lavras, 2002. 626p.

MURPHY, J.; RILEY, J.P. **A modified single method for determination of phosphates in natural waters**. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, v.34, n.5, p.813-819, maio 1999
AVALIAÇÃO DA DISPONIBILIDADE DE FÓSFORO 819 *Analytical Chemical Acta*, Amsterdam, v.27, p.31- 36, 1962.

PARÁ. (2003) Secretaria Executiva de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente. Programa Paraense de Tecnologias Apropriadas. **Compostagem: produção de adubo a partir de resíduos orgânicos**. Belém: SECTAM..

SALES, L.R.O.; CARNEIRO, M.A.C.; SEVERINO, E.C.; OLIVEIRA, G.C.; FERREIRA, M.M. **Qualidade física de Neossolo Quartzarênico submetido a diferentes sistemas de uso agrícola**. *Ciência Agrotecnológica*, Lavras v. 34, n. 3, p. 667-674, 2010.

SOARES, N. S. **Potencial de implantação de um contrato futuro da madeira de reflorestamento.** 2006. 121f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2006.

SOUSA, G. G.; VIANA, T. V. A.; PEREIRA, E. D.; ALBUQUERQUE, A. H. P.; MARINHO, A. B.; AZEVEDO, B. M. **Fertirrigação potássica na cultura do morango no litoral Cearense.** *Bragantia*, v. 73, n. 1, p. 1 – 6, 2014.

SOUZA A.G.; SMIDERLE, O.J.; BIANCHI, V.J. **Biometric Characterization and morphophysiological quality of Peach rootstock seeds using images of their plantlets vigor.** *Recent Patents on Food, Nutrition & Agriculture*, v. 9, n. 2, p.001- 009, 2018.

SPERA, S.T.; REATTO, A.; MARTINS, E. de S.; CORREIA, J.R.; CUNHA, T.J.F. **Solos areno-quartzosos no Cerrado: problemas, características e limitação ao uso.** Planaltina: Embrapa Cerrados, 1999. (Embrapa Cerrados. Documentos, 7).

SANTOS, H.G. dos; CARVALHO JUNIOR, W. de; DART, R. de O.; AGLIO, M.L.D.; SOUSA, J.S. de; PARES, J.G.; FONTANA, A.; MARTINS, A.L. da S.; OLIVEIRA, A.P. de. **O novo mapa de solos do Brasil: legenda atualizada.** Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 67p. (Embrapa Solos. Documentos, 130).

TEDESCO, M. J. et al. **Análises de solo, planta e outros materiais.** 2ed. rev. e ampl. Porto Alegre: departamento de solos, UFRGS, 1995. 174p.

TEDESCO, J.M.; SELBACH, P.A.; GIANELLO, C. & CAMARGO, F.A.O. **Resíduos orgânicos no solo e os impactos no ambiente.** In: SANTOS, G.A. & CAMARGO, F.A.O., eds. *Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais.* Porto Alegre, Gênese, 1999. p.27-39.

TURCO, R.F. & BLUME, E. **Indicators of soil quality**. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 23.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 7. SIMPÓSIO BRASILEIRA DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 5.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 2., Lavras, 1998. Anais. Lavras, UFLA/SBCS/SBM, 1998. 836p.