

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CAMPUS FREDERICO WESTPHALEN
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL**

Nathalia Wiedergrun Alves

**AVALIAÇÃO DO CRESCIMENTO DE ERVA-MATE
(*Ilex paraguariensis* A. ST. - HIL.) EM RESPOSTA À
ADIÇÃO DE COMPOSTO ORGÂNICO PROVENIENTE
DA SUINOCULTURA**

Frederico Westphalen, RS
2020

Nathalia Wiedergrun Alves

**AVALIAÇÃO DO CRESCIMENTO DE ERVA-MATE (*Ilex paraguariensis* A. ST. -
HIL.) EM RESPOSTA À ADIÇÃO DE COMPOSTO ORGÂNICO PROVENIENTE
DA SUINOCULTURA**

Trabalho de Conclusão de Curso II apresentado ao curso de Engenharia Florestal, da Universidade Federal de Santa Maria, Campus Frederico Westphalen (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Engenheira Florestal**.

Orientador: Prof. Dr. Edison Rogério Perrando

Frederico Westphalen, RS
2020

Nathalia Wiedergrun Alves

**AVALIAÇÃO DO CRESCIMENTO DE ERVA-MATE (*Ilex paraguariensis* A. ST. -
HIL.) EM RESPOSTA À ADIÇÃO DE COMPOSTO ORGÂNICO PROVENIENTE
DA SUINOCULTURA**

Trabalho de Conclusão de Curso II apresentado ao curso de Engenharia Florestal, da Universidade Federal de Santa Maria, Campus Frederico Westphalen (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Engenheira Florestal**.

Aprovado em 23 de novembro de 2020:

Edison Rogério Perrando, Dr. (UFSM)
(Presidente/Orientador)

Felipe Turchetto, Dr. (UFSM)
(Comissão examinadora de TCC)

Nilton César Mantovani, Dr. (UFSM)
(Comissão examinadora de TCC)

Frederico Westphalen, RS

2020

AGRADECIMENTOS

À Deus, por ter me dado proteção, força e graça para a realização de mais esta etapa em minha vida;

À minha Família, meu porto seguro, Maurilio (pai), Diva (mãe), Isadora (irmã) e a Iracema (avó) por sonharem o meu sonho, possibilitando que ele se concretizasse;

Ao Prof. Dr. Edison Rogerio Perrando pela orientação, dedicação, críticas e por mostrar o melhor caminho;

Ao Prof. Dr. Felipe Turchetto pela paciência nas consultas extras e explicações na realização das análises estatísticas;

Ao Prof. Dr. Clovis Orlando da Ros que auxiliou com sugestões na qualificação do trabalho;

Ao Prof. Dr. Nilton Cesar Mantovani pelas contribuições e por se dispor a participar da banca examinadora;

Ao Prof. Dr. Edner Baumhardt e a Prof^a. Dr. Hilda Hildebrand Soriani pela amizade, apoio e importantes contribuições;

À UFSM e ao Curso de Engenharia Florestal *campus* Frederico Westphalen, pelo ensino público, gratuito e de qualidade;

Aos servidores técnico-administrativos da UFSM por toda colaboração quando solicitado;

Aos grandes amigos participativos, solidários e imprescindíveis: Cabrieli, Natalia, Dionatan, Renato e Fabio;

Aos colegas Eleandro (cabelo), Rodrigo, Jeferson, Gutiérri e Roni pelas risadas e espírito colaborativo;

À todos que de alguma forma me ajudaram e contribuíram para esta conquista, todo meu amor e gratidão!

Muito obrigada!

RESUMO

AVALIAÇÃO DO CRESCIMENTO DE ERVA-MATE (*Ilex paraguariensis* A. ST. - HIL.) EM RESPOSTA À ADIÇÃO DE COMPOSTO ORGÂNICO PROVENIENTE DA SUINOCULTURA

AUTORA: Nathalia Wiedergrun Alves
ORIENTADOR: Edison Rogério Perrando

Este trabalho avaliou o crescimento inicial de mudas de erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St. - Hil.) submetidas à diferentes doses de adubação com N, P e K, fornecida via mineral e à adubação com composto orgânico suíno (CO). O experimento foi instalado em estufa controlada com irrigação automatizada, no Viveiro Florestal da UFSM *campus* FW, em delineamento inteiramente casualizado, em arranjo bifatorial, com duas faixas de pH (4,7 e 5,5) e cinco de adubação (testemunha, NK(S), NPK(S), CO 20%, CO 40%), totalizando 10 tratamentos com 10 repetições em solo Latossolo Vermelho. Foram avaliados altura, diâmetro do colo, massa seca da parte aérea, de raiz e total, superfície de área foliar, índice de qualidade de Dickson e incremento em altura e diâmetro aos 150 dias. Os dados foram submetidos à análise de variância ($p < 0,05$) e comparados pelo Teste de Tukey. Os diferentes tratamentos geraram respostas distintas e, no geral, influenciaram positivamente o crescimento e a qualidade das mudas. O maior crescimento em altura e diâmetro do colo foi observado para a fertilização CO 20%, com 50,44 cm planta⁻¹ e 10,15 mm planta⁻¹. Os tratamentos com pH 4,7 apresentaram maior crescimento comparados ao pH 5,5.

Palavras-chave: Erva-mate. Crescimento inicial. Adubação orgânica.

ABSTRACT

EVALUATION OF GROWTH OF MATE HERB (*Ilex paraguariensis* A. ST. - HIL.) IN RESPONSE TO THE ADDITION OF ORGANIC COMPOUND FROM SWINE

AUTHOR: Nathalia Wiedergrun Alves

ADVISOR: Edison Rogério Perrando

This work evaluated the initial growth of seedlings of yerba mate (*Ilex paraguariensis* A. St. - Hil.) Submitted to different fertilization doses with N, P and K, supplied via mineral and fertilization with swine organic compost (CO). The experiment was installed in a controlled greenhouse with automated irrigation, at the UFSM *campus* FW Forest Nursery, in a completely randomized design, in a bifactorial arrangement, with two pH ranges (4.7 and 5.5) and five fertilization (control, NK (S), NPK (S), CO 20%, CO 40%), totaling 10 treatments with 10 repetitions in Red Latosol soil. Height, neck diameter, dry mass of aerial part, root and total, leaf area surface, Dickson quality index and height and diameter increment at 150 days were evaluated. The data were submitted to analysis of variance ($p < 0.05$) and compared using the Tukey test. The different treatments generated different responses and, in general, positively influenced the growth and quality of the seedlings. The greatest growth in height and diameter of the neck was observed for the fertilization CO 20%, with 50.44 cm plant⁻¹ and 10.15 mm plant⁻¹. Treatments with pH 4.7 show greater growth compared to pH 5.5.

Keywords: Mate herb. Initial growth. Organic fertilization.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1 - Localização na área de estudo, no município de Frederico Westphalen, RS..... | 21 |
| Figura 2 - Altura (A) e diâmetro do colo (B) em função dos tratamentos aplicados em mudas de erva-mate (<i>Ilex paraguariensis</i> A. St. Hil.)..... | 25 |
| Figura 3 – Valores médios da superfície de área foliar em diferentes etapas de avaliação das mudas de erva-mate (<i>Ilex paraguariensis</i> A. St.-Hil.) submetidas a diferentes fertilizações e faixas de pH em condições de viveiro..... | 26 |
| Figura 4 - Massa seca aérea (MSA), de raiz (MSR), e total (MST) da erva-mate (<i>Ilex paraguariensis</i> A. St.-Hil.), submetida a diferentes tratamentos..... | 27 |
| Figura 5 - Incremento em altura da parte aérea em diferentes etapas de avaliação das mudas de erva-mate (<i>Ilex paraguariensis</i> A. St.-Hil.) submetidas a diferentes fertilizações e faixas de pH em condições de viveiro..... | 28 |
| Figura 6 - Incremento em diâmetro do colo em diferentes etapas de avaliação das mudas de erva-mate (<i>Ilex paraguariensis</i> A. St.-Hil.) submetidas a diferentes fertilizações e faixas de pH em condições de viveiro..... | 30 |
| Figura 7 - Valores médios da relação altura/diâmetro do colo em diferentes etapas de avaliação das mudas de erva-mate (<i>Ilex paraguariensis</i> A. St.-Hil.) submetidas a diferentes fertilizações e faixas de pH em condições de viveiro..... | 31 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1 - Composição dos tratamentos e respectivas doses de calcário, adubo mineral e adubo orgânico utilizadas no estudo para o cultivo de erva-mate (<i>Ilex paraguariensis</i> A. St.-Hil.)..... | 22 |
| Tabela 2 - Doses de adubo mineral utilizadas no cultivo das mudas de erva-mate (<i>Ilex paraguariensis</i> A. St.-Hil.)..... | 22 |
| Tabela 3 - Propriedades químicas de cada composição de substrato testada no experimento para o crescimento inicial das mudas de erva-mate (<i>Ilex paraguariensis</i> A. St. Hil.)..... | 22 |
| Tabela 4 - Resumo da análise de variância para altura (H), diâmetro do colo (DC), Índice de Qualidade de Dickson (IQD), massa seca radicular (MSR), da parte aérea (MSA) e total (MST) de plantas de erva-mate (<i>Ilex paraguariensis</i> A. St.-Hil.), submetida a diferentes faixas de pH e tipos de fertilizações..... | 24 |
| Tabela 5 - Índice de Qualidade de Dickson (IQD) em função dos tratamentos aplicados em mudas de erva-mate (<i>Ilex paraguariensis</i> A. St.-Hil.) na idade de 150 dias..... | 26 |

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO | 10 |
| 2 OBJETIVOS | 11 |
| 2.1 OBJETIVO GERAL..... | 11 |
| 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 11 |
| 3.1 A ERVA-MATE..... | 12 |
| 3.1.1 Descrição botânica e fenologia..... | 12 |
| 3.1.2 Área de ocorrência natural | 13 |
| 3.1.3 Aspectos edáficos | 13 |
| 3.1.4 Produção de mudas | 14 |
| 3.1.5 Adubação das mudas..... | 15 |
| 3.2 pH DO SOLO | 15 |
| 3.3 SUINOCULTURA BRASILEIRA E RIOGRANDENSE | 16 |
| 3.4 DEJETOS SUÍNOS | 17 |
| 3.4.1 Impacto ambiental causado pelos dejetos suínos..... | 17 |
| 3.4.2 A compostagem | 19 |
| 4 METODOLOGIA..... | 20 |
| 4.1 LOCAL DE ESTUDO..... | 20 |
| 4.2 MATERIAL VEGETAL E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL | 21 |
| 4.3 VARIÁVEIS MENSURADAS | 23 |
| 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO | 24 |
| 5.1 ANÁLISE TEMPORAL..... | 27 |
| 5.1.1 Incremento em altura..... | 27 |
| 5.1.2 Incremento em diâmetro do colo..... | 29 |
| 5.1.3 Incremento analisado na relação altura e diâmetro do colo..... | 30 |
| 6 CONCLUSÕES..... | 31 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 31 |

1 INTRODUÇÃO

Popularmente conhecida como erva-mate, a biomassa foliar da espécie arbórea *Ilex paraguariensis* A. St. - Hil. é utilizada como matéria-prima no preparo do tradicional chimarrão, hábito amplamente difundido na região sul do Brasil, Uruguai e Argentina. O cultivo desta espécie representa grande importância ambiental, cultural e socioeconômica nas regiões em que ocorre, contribuindo com a geração de emprego e renda ao longo de sua cadeia produtiva.

No Brasil, seu cultivo está sobretudo disseminado nos três estados da Região Sul (CARVALHO, 2003), onde é o principal produto não madeireiro do agronegócio florestal. Segundo Wendling e Santin (2015), a espécie é adaptada e cresce em solos ácidos e com baixa fertilidade natural, embora ainda não esteja elucidada precisamente as exigências nutricionais da espécie para melhorar a sua produtividade e qualidade. Contudo, torna-se importante o uso de fertilizantes, sobretudo na fase inicial de produção de mudas (WENDLING; SANTIN, 2015), uma vez que reflete diretamente na sua qualidade final, tendo em vista ser levada em consideração o estado fisiológico e morfológico da muda antes do plantio no campo.

No sentido de fomentar técnicas alternativas, sustentáveis e de reutilização para a nutrição e desenvolvimento das mudas de erva-mate, uma alternativa para fertilização de mudas florestais é a utilização do resíduo proveniente da suinocultura, atividade do setor do agronegócio de relevância econômica e consideravelmente abrangente na região sul do Brasil.

No decorrer do processo de desenvolvimento da suinocultura há produção de um significativo volume de dejetos, os quais, se não forem tratados ou utilizados adequadamente, acarretam sérios problemas ao meio ambiente em decorrência da contaminação do solo e água no entorno dos pontos de produção.

Com o intuito de reduzir o impacto do seu descarte diretamente sobre o ambiente, a utilização dos dejetos na forma de composto orgânico (compostagem) tem sido muito estudada, apresentando bons resultados para uso agrônômico (SILVA et al., 2015; SCHERER, 2013). Estes dejetos tendem a apresentar alta concentração de nutrientes, podendo substituir, em parte ou integralmente, a adubação química, contribuir consideravelmente para o aumento da produtividade das culturas, reduzir os custos de produção, devido ao ônus elevado dos adubos minerais e o marketing realizado em torno da produção orgânica de alimentos (SCHERER et al., 2010).

É presumível a constatação de que o uso do composto suíno na incorporação do substrato para produção de mudas como biofertilizante pode impactar, diretamente e

positivamente, os viveiristas produtores de mudas de erva-mate, tendo em vista as condições adequadas ao desenvolvimento das plantas, bem como a possibilidade de redução dos custos com fertilizantes químicos nos viveiros. Concomitantemente, a prática da compostagem de dejetos da suinocultura adotada pelos polos produtores mostra-se como outra alternativa de manejo adequado para os dejetos de suínos, agregando valor a esses resíduos gerados e preservando a qualidade ambiental nas regiões de maior concentração desse agronegócio.

Assim, o presente estudo teve como objetivo caracterizar o desenvolvimento de mudas de erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St. - Hil.) em substratos expostos aos efeitos de diferentes composições de um composto orgânico natural produzido com dejetos líquidos de suínos (associado à presença de serragem de madeira como coadjuvante na compostagem), assim como diferentes fontes adicionais de fertilização química, em duas faixas de calibração de pH dos substratos.

O presente estudo consistiu numa pesquisa aplicada de caráter exploratório e descritivo, que visa não só avaliar o aproveitamento alternativo e sustentável do resíduo orgânico da suinocultura como fertilizante natural para o desenvolvimento de mudas de erva-mate, mas apresentar dados que possam instigar a produção de mais pesquisas para a valorização, ampliação tecnológica e maximização da produção no cultivo desta espécie no sul do Brasil, por ser símbolo tradicional, mas também em demais regiões do Uruguai e Argentina que se enquadrem em um cenário de similaridades.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo deste trabalho foi verificar o potencial de utilização de resíduo orgânico da suinocultura na produção de mudas de erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St.-Hil.) em condições distintas de pH.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar o crescimento da parte aérea e radicular das mudas com o composto orgânico incorporado ao substrato;
- Quantificar o desenvolvimento das mudas sob diferentes doses de fertilização química com nitrogênio (Sulfammo), fósforo (Super fosfato triplo), potássio (Cloreto de potássio);
- Analisar a resposta das mudas com relação ao crescimento em substrato sob duas condições de pH e;

- Avaliar a produção de biomassa total, superfície de área foliar (SAF) e índice de qualidade de Dickson (IQD) das plantas em relação aos tratamentos.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 A ERVA-MATE

A erva-mate (*Ilex paraguariensis* A.St. Hil.) é originária da América do Sul e pertence à família Aquifoliaceae, que possui apenas um gênero (*Ilex*), com aproximadamente 400 espécies, sendo 50 de ocorrência no Brasil. Foi classificada pelo naturalista francês August de Saint-Hillaire em 1822, em uma de suas viagens ao Paraguai, onde se referiu a ela como a “árvore de congonha”, ou “árvore do mate” (SOUZA; LORENZI, 2008).

Segundo Resende et al. (2000), a erva-mate apresenta importância social, cultural e econômica nas regiões em que ocorre por ser uma cultura explorada predominantemente no sistema extrativista, por pequenos produtores há mais de dois séculos, estando ligada diretamente com a permanência do homem no campo, pelo fato de sofrer pouco com as oscilações do clima, diferentemente da maioria das espécies agrícolas (VIDOR et al., 2002), conseqüentemente representando uma importante fonte de emprego e renda ao longo de sua cadeia produtiva (SIGNOR et al., 2015; CHAIMSOHN; SOUZA, 2012).

Além de seu uso tradicional como chimarrão e tererê, também pode ser utilizada para preparação de sorvetes, farinhas, energéticos, medicamentos, cosméticos, produtos de higiene, entre outros (MACCARI; MAZUCHOWSKI, 2000; BORILLE et al., 2005). Isso se deve às propriedades químicas de suas folhas, que possuem efeito anti-inflamatório, antioxidante, diurético, estimulante e terapêutico (ARÇARI et al., 2009; GOSMANN, 1989; RESENDE et al., 2000).

Emater/RS (2020) cita que o estado gaúcho possui cinco polos ervateiros, sendo eles: os polos Alto Taquari, Alto Uruguai, Missões/Celeiro, Nordeste Gaúcho e Região dos Vales, juntos eles alcançam uma área 31. 695 hectares e uma produção de 277 mil toneladas de folha.

3.1.1 Descrição botânica e fenologia

Conforme Lorenzi (1992), a altura das plantas de erva-mate quando cultivadas varia de 3 a 5 m porém, na floresta natural pode alcançar cerca de 25 metros de altura e 70 centímetros de DAP (diâmetro à altura do peito). Possui tronco cilíndrico, reto ou pouco tortuoso e sua madeira pode ser utilizada para caixotaria e lenha. A casca externa é cinza clara, persistente,

com lenticelas abundantes, formando, por vezes, linhas longitudinais com cicatrizes transversais (CARVALHO, 1994).

As folhas são simples, de aparência coriácea e margem irregularmente serrilhada, de coloração verde escura no bordo superior e mais claro no inferior (CARVALHO, 1994), e quando frescas não possuem odor, mas apresentam um sabor herbáceo e amargo (BERTÉ, 2011).

Caracteriza-se por ser uma espécie dioica, entomófila, cuja floração ocorre entre os meses de setembro a dezembro, tendo a maturação de seus frutos entre janeiro e abril (DA CROCE et al., 1994). A dispersão das sementes é feita por pássaros, principalmente por algumas espécies de sabiás (CARVALHO, 1994).

3.1.2 Área de ocorrência natural

Oliveira e Rota (1985) citam que a erva-mate caracteriza-se por ser uma espécie arbórea amplamente difundida na Região Sul do Brasil, além do Sul do Mato Grosso do Sul, uma pequena porção no Sudoeste de São Paulo, no noroeste da Argentina e na parte oriental do Paraguai. A área de ocorrência natural fica entre as Latitudes de 21° e 30° S e Longitude entre 48° 38' e 56° 10' W, em ambiente florestal com características específicas da Mata Atlântica, bioma endêmico da erva-mate. Gerhardt (2009) explica que a ocorrência se deve a diversos fatores, entre eles a altitude e a biodiversidade presentes nestas regiões.

A erva-mate cresce espontaneamente em ambiente sombreado do sub-bosque das matas de pinheiro-brasileiro (*Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze, 1898) (OLIVEIRA; ROTTA, 1985), adaptando-se facilmente em consórcios com outras espécies florestais madeiráveis. Carvalho (2003) e Santin et al. (2015) ressaltam que a mesma permite seu cultivo em modelos de ervais com sombreamento reduzido e até a pleno sol.

3.1.3 Aspectos edáficos

Segundo Wendling e Santin (2015, p.181),

A espécie é adaptada e cresce razoavelmente bem em solos com baixa fertilidade natural. Porém, ressalta-se que altas produtividades normalmente ocorrem quando a fertilidade do solo se encontra em nível médio a alto, e até muito alto. No entanto, a disponibilidade ideal de nutrientes no solo para o bom crescimento e produtividade da erva-mate ainda é incerto, assim como é desconhecido o efeito dos níveis do teor de nutrientes no solo a qualidade da erva-mate produzida.

Por outro lado, os solos mais indicados para o cultivo de erva-mate são os latossolos roxos, lixiviados, argilosos, ácidos ou ligeiramente ácidos, medianamente férteis (PRAT KRICUN, 1985).

Mesmo sendo uma cultura sul brasileira presente na tradição familiar e cultural, ainda não foram registrados avanços significativos no manejo nutricional da espécie. Isto tem se refletido na produtividade brasileira de erva-mate, que entre 1990 a 2015, apresentou queda de 55 % (IBGE, 2016).

Para LOURENÇO et al. (1997), é necessário ajustar a relação entre o nível de rendimento das plantações, com o nível nutricional do solo e da planta a fim de manter e incrementar a produtividade e a conservação dos recursos solo - planta. Para uma cultura como a erva-mate, em que há remoção de grande quantidade de massa verde, folhas e galhos finos, a reposição de nutrientes no solo é fundamental para a manutenção da sua fertilidade e melhoria do potencial produtivo da planta.

Segundo Bisso e Salet (2000), deve haver um balanço entre as necessidade nutricionais das plantas e o esgotamento do solo, para que não ocorra redução na produtividade. Aspectos como qualidade genética, proteção vegetal, nutrição, época de plantio e/ou colheitas, assim como o sistema de manejo, por exemplo, são desvalorizados pelos produtores. Dessa forma, o desempenho dos ervais comerciais está muito abaixo dos ervais experimentais ou tecnificados.

3.1.4 Produção de mudas

Segundo Minami (1995), a qualidade de um erval plantado está diretamente relacionada com a qualidade das mudas utilizadas, que deverão suportar as adversidades do meio, apresentar bons percentuais de sobrevivência no campo e produzir árvores com eficiente rendimento.

Wendling et al., (2006) e Porfírio et al. (2009) evidenciam que os principais critérios a serem observados em mudas de erva-mate são: conhecer a procedência das sementes, ausência de plantas daninhas no substrato, ausência de pragas e doenças nas folhas, caule e nas raízes, a relação entre a parte aérea e o sistema radicular deve ser proporcional e devem apresentar aspecto visual sadio, sem sintomas de deficiência nutricional com diferença na tonalidade de cor das folhas

Oliveira (2015) destaca que mesmo não existindo dados estatísticos oficiais a respeito da localização e dimensão da produção de insumos e mudas para a cadeia produtiva da erva-mate, estima-se que a grande maioria das organizações situa-se na região Sul do Brasil, próxima aos estabelecimentos agropecuários, onde é desenvolvida a produção primária, e próxima às ervateiras processadoras da matéria-prima erva-mate.

Os recipientes utilizados para a produção de mudas de erva-mate variam de tamanho, formato e tipo de material. A produção de mudas recomendada é com tubetes plásticos, pois este tipo de embalagem apresenta vantagens como: uso racional de área no viveiro,

acondiçionando maior número de mudas por unidade de área, a possibilidade de reutilização das mesmas, ergonomia adequada às operações e o melhor desenvolvimento do sistema radicular das mudas (MEDRADO et al., 2000; DUBOC, 2015; WENDLING; SANTIN, 2015).

3.1.5 Adubação das mudas

Para Ferron (1997), o sucesso na obtenção de mudas de erva-mate de alto padrão está relacionado com a composição do substrato, local onde as mudas se desenvolverão e que deve permitir a perfeita drenagem, arejamento, capacidade de retenção adequada de água e disponibilidade de nutrientes para o bom desenvolvimento das mudas (WENDLING; SANTIN, 2015).

Segundo Lourenço et al. (2000), os viveiros têm utilizado solo superficial, ou terra de subsolo para composição dos substratos. Entretanto, a pressão para utilização de substratos que não agridam o meio ambiente para a sua extração e que sejam oriundos de resíduos renováveis é cada vez maior. Santos et al. (2000) recomenda a realização de misturas com outros materiais, melhorando suas propriedades físico-químicas e proporcionando uma diminuição nos custos com adubação química.

Os compostos que podem ser utilizados para a produção de mudas em viveiros são os resíduos, como, casca de grãos, bagaço de cana, compostos orgânicos, esterco e húmus, que são ricos em sua composição e são capazes de proporcionar um bom condicionamento às plantas além de serem produzidos em grandes quantidades, sendo um problema social e ambiental se não tiverem um tratamento e destino apropriado (CUNHA et al., 2005).

Na produção de erva-mate em tubetes, a adubação é variável em função do tipo de substrato utilizado e forma de manejo do viveiro. Como recomendação prática geral (WENDLING; SANTIN, 2015), para cada m³ de substrato são aplicados 4,0 kg de superfosfato simples, 800 g de sulfato de amônia, 200 g de cloreto de potássio e 1,0 kg de FTE BR10 ou BR12, como fonte de micronutrientes.

Na adubação de cobertura, é recomendada a aplicação de solução nutritiva com variação na composição e dose conforme a fase de crescimento das mudas.

3.2 pH DO SOLO

O solo é um importante componente do ecossistema terrestre, pois preserva reservas de nutrientes e dá suporte a processos biológicos. Sua acidez é avaliada por meio de seu pH, determinando-se a atividade de H⁺ em suspensão de solo com água ou solução alcalina (NOVAIS et al., 2007). A determinação de pH do solo pode ser utilizada como base inicial para

análise do comportamento químico dos solos, em especial quanto à disponibilidade de nutrientes e à presença de elementos tóxicos (FAGERIA; STONE, 2006). Em solos ácidos a disponibilidade dos nutrientes (fósforo, nitrogênio, potássio) diminui, enquanto a solubilização de íons como cobre e zinco aumentam, podendo atingir níveis tóxicos às plantas dependendo do manejo do solo e da adubação utilizados (SFREDO, 2008).

A calagem é uma técnica para correção do pH há muito utilizada sendo que, os corretivos que podem ser utilizados para a aplicação desta técnica são cal virgem, o calcário calcinado ou dolomítico, entre outros (OLIVEIRA; SANTOS; COSTA, 2004).

Com a calagem o pH do solo se eleva, fornece cálcio e magnésio, aumenta a disponibilidade de nutrientes, a solubilização do P e a mineralização da matéria orgânica; e diminui os efeitos tóxicos do Al, Mn, e Fe (LOPES, 1991).

Deve-se utilizar a quantidade recomendada, já que a calagem em excesso ou mal aplicada pode ter efeito negativo na disponibilidade de micronutrientes (SANTIAGO; ROSSETO, 2011). No Brasil a quantidade de calcário necessária para neutralizar a acidez do solo é calculada principalmente pelo método de saturação de bases (EMBRAPA, 2004).

Como observado por Carvalho (2003), a erva-mate ocorre naturalmente em solos com pH ácido, sendo que a recomendação de calcário visa apenas atender a demanda por Ca e Mg da planta sem objetivo de elevar o pH do solo (SANTIN et al., 2013a).

3.3 SUINOCULTURA BRASILEIRA E RIOGRANDENSE

A carne suína é uma das mais produzidas e consumidas no mundo, a produção brasileira em 2017, foi de aproximadamente 3,76 milhões de toneladas, atrás da China, União Europeia e Estados Unidos, permitindo abastecer o mercado interno e exportar cerca de 693 mil toneladas na forma de carne *in natura*, fazendo do Brasil o quarto maior exportador mundial (GERVÁSIO, 2013).

A produção de carne suína na região sul do Brasil é a maior do país, possuindo quase metade do rebanho nacional, de cerca de 39 milhões de suínos, ao qual Santa Catarina lidera o ranking representando 26,11 %, seguido pelo Paraná com 20,96 % e pelo estado do Rio Grande do Sul com 19,97 % (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL, 2014; IBGE, 2014).

Segundo o Atlas socioeconômico do Rio Grande do Sul (2017), a suinocultura está presente em quase todas as regiões do estado, no entanto, a maior concentração de suínos encontrasse na região Norte, Vale do Taquari e Serra, onde a maioria da produção é realizada por pequenos produtores rurais através de manejo feito pela própria família, sendo repassada

de geração em geração, propiciando empregos diretos e indiretos, renda e alimento (CASAGRANDE, 2003).

3.4 DEJETOS SUÍNOS

Segundo Konzen (1983), o resíduo suinícola, conhecido como às águas residuárias ou chorume, é todo rejeito oriundo do processo criatório de suínos, sendo composto por urina, fezes, restos de ração, pelos, poeira e água, seja do desperdício dos bebedouros, como da lavagem dos currais e da chuva.

O dejetos normalmente, apresenta coloração escura, consistência normalmente líquida, mas podendo ser também pastosa ou sólida. Possui elevadas concentrações orgânicas, odor desagradável e características físicas, químicas e biológicas muito variáveis. A sua composição química pode variar devido à dieta ofertada aos animais, o aproveitamento dos nutrientes pelo sistema digestivo dos mesmos e da quantidade de água usada na granja (KONZEN, 1980).

De acordo com Perdomo (2001), são excretados pelos animais entre 40 a 60% do nitrogênio, 50 a 80% do cálcio e fósforo, e 70 a 95% do K, Na, Mg, Cu, Zn, Mn e Fe fornecidos pela ração que passam a compor o teor dos dejetos. Além dos nutrientes citados, os dejetos em geral possuem boa concentração de potássio e nitrogênio que, juntamente com o fósforo, que são os três principais componentes dos fertilizantes minerais formulados comercializados e indicados para os cultivos.

3.4.1 Impacto ambiental causado pelos dejetos suínos

Do ponto de vista ambiental a suinocultura intensiva é considerada uma das atividades agropecuárias de maior potencial poluidor em função do volume de dejetos produzidos concentrado em pequenas áreas, e do elevado número de contaminantes contidos no efluente, como cobre e zinco utilizados nas rações como promotores de crescimento, hormônios, antibióticos, altas cargas de nutrientes (fósforo e nitrogênio) e patógenos (USDA/USEPA, 1999; MIELE, 2006; OLIVEIRA, 2012).

Se não forem devidamente tratados ou reutilizados os dejetos suínos ao atingir o solo, rios e lagos, podem acarretar desequilíbrios ecológicos e poluição como:

- A poluição do solo causada por aplicações excessivas de certos nutrientes, tendo como consequência um desbalanço em determinados elementos e que pode refletir negativamente no crescimento de plantas;

- A poluição do ar em função de gases e odores liberados na decomposição do dejetos durante o período de armazenamento e/ou após distribuição no campo;
- A poluição dos recursos hídricos, reduzindo o teor de oxigênio dissolvido, o que provoca o processo de eutrofização, isto é, aumento dos níveis de nutrientes dos corpos d'água, altera a biodiversidade aquática gerando a morte de peixes (ITO et al., 2016);
- Constituí risco potencial para o aparecimento de organismos prejudiciais ao ser humano acarretando problemas como verminoses, alergias, hepatite e câncer de estômago (BELLI FILHO et al., 2001); e
- Aumenta a proliferação de moscas e borrachudos, que dificultam a vida do homem do campo e da cidade e colocam em riscos a sua saúde.

Desse modo, segundo a Associação Brasileira de Criadores de Suínos (2016) toda suinocultura requer um programa de controle de dejetos para a sua correta utilização, o que implica na consideração das etapas de produção, coleta, armazenamento, distribuição e utilização dos dejetos.

As recomendações para o manejo dos dejetos suínos gerados na região Sul do Brasil são através do uso de esterqueiras, bioesterqueiras, produção sobre cama, lagoas de tratamento, biodigestores, compostagem, entre outras. Cada sistema com suas vantagens e desvantagens, mas na maioria dos casos os custos de implantação e manutenção são elevados (OLIVEIRA, 2006) que se baseiam em conduzir os dejetos da área de criação dos animais, através de tubulações ou canaletas para um depósito, onde os dejetos permanecem por determinado período de tempo para sofrer fermentação anaeróbia, sendo posteriormente transportados com máquinas até as lavouras onde a aplicação no solo é feita como biofertilizante com o uso de trator-tanque ou sistemas de fertirrigação.

De acordo com Gosmann (1997), a esterqueira e a bioesterqueira são formas adequadas para armazenamento, não podendo ser consideradas sistemas de tratamento de dejetos.

Em geral, esse sistema, quando adequadamente instalado e manejado, apresenta bons resultados. Entretanto, o seu principal entrave decorre da necessidade de área adequada na propriedade para a construção das lagoas. a necessidade de grandes áreas agrícolas para a aplicação adequada do dejetos armazenado, além disso, os custos para a implantação desse modelo de gestão dos dejetos geralmente ultrapassam a capacidade de investimento e endividamento dos suinocultores (GIROTTI; CHIOCHETTA, 2004).

Desta forma, Silva et al., (2010) definem que o uso destes dejetos no solo deve ser realizado de forma adequada, mediante análise do solo e dos dejetos, considerando que o solo

possui características físicas e químicas diferentes de um local para outro. É necessário que se faça um estudo detalhado do solo e também um tratamento dos dejetos, antes que sejam utilizados na lavoura.

3.4.2 A compostagem

A compostagem para o tratamento dos dejetos de suínos foi adaptada e desenvolvida no Brasil, no ano de 2003, pela Embrapa Suínos e Aves, como alternativa para o manejo dos dejetos suínos, gerando como produto final um composto orgânico que pode substituir o adubo químico (OLIVEIRA; HIGARASHI, 2006).

Segundo Serpa Filho et al., (2013) a compostagem é definida como um processo aeróbico onde a fração orgânica contida nos dejetos suínos é decomposta biologicamente sob condições controladas ocorrendo em duas fases: a primeira chamada de fase de impregnação é a mais ativa e caracteriza-se por uma forte atividade biológica para a degradação da matéria orgânica pelo aumento de temperatura da biomassa nas leiras de compostagem. É também conhecida como fase de incorporação dos dejetos líquidos a resíduos sólidos como, maravalha, serragem e palha, até a obtenção de uma biomassa com umidade e relação Carbono/Nitrogênio adequadas.

A segunda fase, chamada de maturação, é a fase final onde ocorre a estabilização da biomassa. Na fase inicial a temperatura é elevada, reduzindo gradativamente até o final do processo de maturação. Caracteriza-se por taxas metabólicas mais reduzidas sendo também conhecida como fase de arrefecimento, durante a qual diminui a temperatura da biomassa na leira e o material torna-se escuro, amorfo, com aspecto de húmus (KIEHL, 1998).

O esterco de suíno, quando submetido a fermentação aeróbica, perdem exclusivamente carbono, na forma de CO₂, e água, na forma de vapor, resultando em resíduo final de melhor qualidade para uso como adubo orgânico em função do menor teor de umidade, da mineralização do nitrogênio e da solubilização parcial de alguns nutrientes; desta forma, quando aplicados ao solo esses esterco ou adubos orgânicos são eficientes em promover a nutrição das plantas e podem substituir, em parte, ou eliminar a necessidade do uso de adubos minerais na agricultura.

Dessa maneira, além da redução do excesso de água contida nos dejetos, no final do processo tem como resultado um produto sólido, uniforme e estabilizado para estocagem e aplicação agrícola, livre de cheiro, com relevante redução de massa e, por conseguinte, vantagens significativas relacionadas à gestão, transporte e redução do risco sanitário e ambiental (CHIUMENTI, 2015; OLIVEIRA, 2004).

Segundo Sardá et al., (2010) esse é o processo indicado para produtores que não apresentam áreas agrícolas suficientes para aplicação deste fertilizante orgânico, ou produtores que pretendem ampliar seu plantel de suínos em uma mesma área e estão limitados pelo uso agrícola dos dejetos suínos.

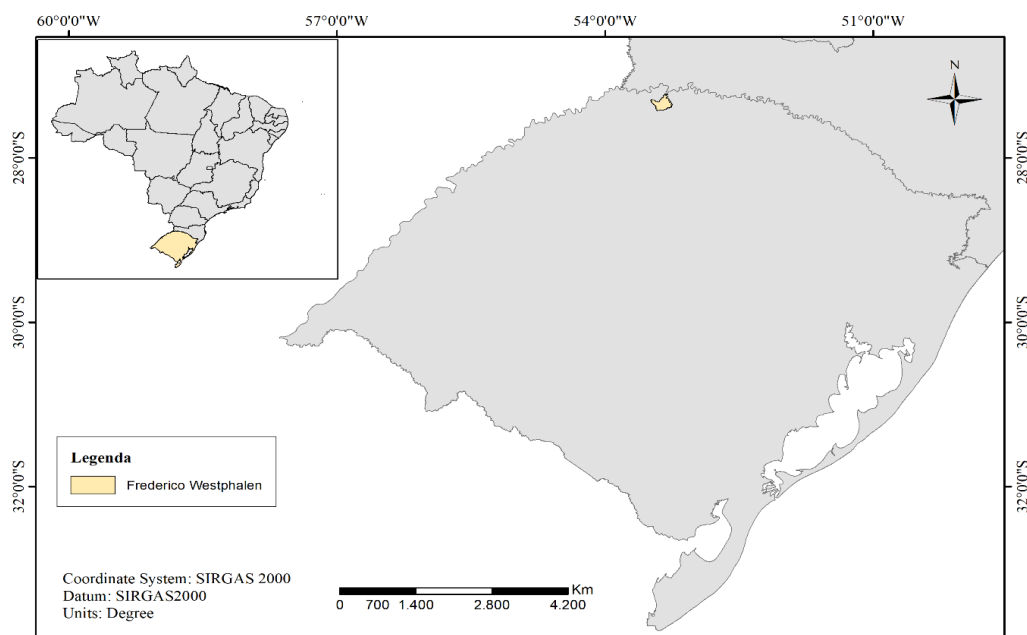
Entre os benefícios do uso de um fertilizante orgânico estão a geração de renda pela venda do produto; a destinação ambientalmente correta para os dejetos suínos; a baixa emissão de gases de efeito estufa (gás metano); a reciclagem de resíduos da produção; a possibilidade de obtenção de créditos de carbono; o aumento de matéria orgânica no solo; e o fato de ser uma tecnologia contemplada no programa ABC (Agricultura de Baixo Carbono) do Governo Federal.

4 METODOLOGIA

4.1 LOCAL DE ESTUDO

O estudo foi conduzido no viveiro florestal da Universidade Federal de Santa Maria, *campus* Frederico Westphalen, situado entre as coordenadas geográficas de 27°23'40" S e 53°26'10" W (Figura 1). O clima da região é do tipo Cfa (classificação de Köppen), denominado subtropical, com temperaturas médias entre 20 e 23°C e altitude variando de 520 a 550 metros. A precipitação anual na região é de aproximadamente 1.665 mm, uniformemente distribuída ao longo do ano.

Figura 1 - Localização na área de estudo, no município de Frederico Westphalen, RS.



Fonte: A Autora, (2020).

4.2 MATERIAL VEGETAL E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

As mudas de erva-mate foram adquiridas em um viveiro florestal localizado no município de Machadinho (RS), provenientes da variedade “Cambona 4”, as quais apresentavam altura média de 12 cm e diâmetro do colo de aproximadamente 4 mm, produzidas via sementes.

Na composição dos substratos testados no estudo foi utilizado solo classificado como Latossolo Vermelho, típico da região do Médio Alto Uruguai, com predomínio de solos mais ácidos e elevados teores de alumínio. O solo foi coletado nas proximidades da universidade, na camada superficial (0 a 20 cm de profundidade), com homogeneização e secagem em temperatura ambiente para posteriores análises químicas que foram realizadas no Laboratório de Análise de Solo da UFSM *campus* Frederico Westphalen.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2 x 5. Como fator “A” considerou-se duas condições de pH do solo (pH 4,7 que representa o solo da região, e com pH de 5,5) e como fator “B” cinco tipos de adubação de base (Tabela 1). O ensaio foi realizado em 10 repetições por tratamento, sendo cada unidade experimental composta por uma planta.

Tabela 1 - Composição dos tratamentos e respectivas doses de calcário para regulação de pH, adubo mineral e adubo orgânico utilizadas no estudo para o cultivo de erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St.-Hil.).

| pH | Fertilização | Elevação do pH (calcário, g L ⁻¹) | Doses dos fertilizantes no substrato | | | | | | | | CO % |
|--------|--------------|--|--------------------------------------|------|------|------|-------------------------------|-----|-----|-----|---------|
| | | | mg L ⁻¹ | | | | mg L ⁻¹ disponível | | | | |
| | | | N | P | K | (S) | N | P | K | (S) | |
| pH 4,7 | Test | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | NK(S) | - | 1670 | - | 1100 | 1670 | 650 | - | 533 | 650 | - |
| | NPK(S) | - | 1670 | 2440 | 1100 | 1670 | 650 | 490 | 533 | 650 | - |
| | CO 20% | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 20 |
| | CO 40% | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 40 |
| pH 5,5 | Test | 3,0 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | NK(S) | 3,0 | 1670 | - | 1100 | 1670 | 650 | - | 533 | 650 | - |
| | NPK(S) | 3,0 | 1670 | 2440 | 1100 | 1670 | 650 | 490 | 533 | 650 | - |
| | CO 20% | 3,0 | - | - | - | - | - | - | - | - | 20 |
| | CO 40% | 3,0 | - | - | - | - | - | - | - | - | 40 |

Test: Testemunha; NK(S): Nitrogênio, potássio e enxofre; NPK(S): Nitrogênio, potássio, fósforo e enxofre; CO: Composto orgânico.

Fonte: A autora, (2020).

Para elevação do pH a 5,5 procedeu-se com a aplicação de calcário dolomítico na dose de 6,0 ton ha⁻¹ (PRNT 80%).

As fontes nutricionais testadas (fertilizações) no estudo compreenderam superfosfato triplo (fósforo/P₂O₅), cloreto de potássio (potássio/K₂O), e sulfammo MeTa 29[®], cujas formulações (técnicas e comerciais) são mostradas na Tabela 2, sendo as doses calculadas

segundo a recomendação técnica para fertilização da erva-mate. O fertilizante natural (composto orgânico originado de dejetos suínos) foi obtido no município de Nova Erechim (SC), já processado e curtido juntamente com maravalha (serragem) proveniente de serrarias no entorno deste município.

Tabela 2 - Doses de adubo mineral utilizadas no cultivo das mudas de erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St.-Hil.).

| Nutriente | Recomendação Técnica (kg ha ⁻¹) | Fonte comercial | Teor do nutriente |
|----------------|---|--------------------------------------|------------------------------------|
| Nitrogênio (N) | 15 | <i>Sulfammo MeTa 29</i> [®] | N=29%; Ca=5%; Mg=2%; S=7% |
| Fósforo (P) | 35 | <i>Superfosfato Triplo (SFT)</i> | P ₂ O ₅ =46% |
| Potássio (K) | 20 | <i>Cloreto de potássio (KCl)</i> | K ₂ O=60% |
| Enxofre (S) | 15* | <i>Sulfammo MeTa 29</i> [®] | S=7% |

* Baseada na recomendação de Nitrogênio (N)

Fonte: A autora (2020).

Após análise laboratorial, as características químicas resultantes de cada tratamento experimental (substrato) testado são apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3 – Propriedades químicas de cada composição de substrato testada no experimento para o crescimento inicial das mudas de erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St.-Hil.).

| pH | Fertilização | pH _{final} | MO | Argila | CTC | Al | H + Al | Ca | Mg | K | P | Cu | Zn |
|----------------------|--------------|------------------------|---------------|--|---------------------------------|-----|--------|-------|-------|--------|-------|------|--------|
| | | -- H ₂ O -- | ----- % ----- | ----- Cmol _c dm ⁻³ ----- | ----- mg dm ⁻³ ----- | | | | | | | | |
| pH 4,7 | Test | 4,7 | 4,7 | 62,0 | 15,0 | 0,3 | 6,9 | 4,1 | 2,3 | 655,0 | 65,0 | 6,3 | 132,0 |
| | NK(S) | 5,0 | 2,3 | 75,0 | 7,7 | 0,4 | 4,9 | 1,0 | 0,4 | 530,0 | 2,3 | 9,8 | 0,7 |
| | NPK(S) | 5,0 | 2,3 | 79,0 | 11,2 | 0,2 | 5,5 | 3,0 | 1,0 | 650,0 | 83,0 | 11,2 | 1,9 |
| | CO 20% | 4,7 | 4,9 | 62,0 | 15,1 | 0,2 | 6,9 | 4,1 | 2,5 | 641,0 | 81,0 | 7,3 | 119,0 |
| | CO 40% | 4,9 | 6,7 | 51,0 | 17,9 | 0,1 | 6,2 | 5,8 | 3,5 | 950,0 | 133,0 | 5,1 | 176,0 |
| pH 5,5 | Test | 5,1 | 2,3 | 79,0 | 11,1 | 0,4 | 6,2 | 3,0 | 1,9 | 19,0 | 2,9 | 8,3 | 1,0 |
| | NK(S) | 5,7 | 2,3 | 79,0 | 9,3 | 0,0 | 3,1 | 3,0 | 1,9 | 501,0 | 2,1 | 8,8 | 2,3 |
| | NPK(S) | 5,6 | 2,2 | 79,0 | 10,2 | 0,0 | 3,5 | 3,8 | 1,7 | 482,5 | 55,0 | 8,9 | 1,3 |
| | CO 20% | 5,3 | 5,2 | 57,0 | 14,0 | 0,0 | 4,4 | 5,0 | 3,2 | 563,0 | 95,5 | 6,3 | 106,0 |
| | CO 40% | 5,6 | 7,4 | 42,0 | 18,1 | 0,0 | 3,9 | 6,2 | 4,2 | 1500,0 | 237,0 | 4,2 | 246,0 |
| CO* <i>in natura</i> | | 5,8 | - | - | - | - | - | 0,012 | 0,005 | 0,019 | 0,008 | 10,0 | 1483,3 |

Test: Testemunha; NK(S): Nitrogênio, potássio e enxofre; NPK(S): Nitrogênio, potássio, fósforo e enxofre; CO: Composto orgânico; MO: Matéria orgânica; CTC: Capacidade de troca catiônica; Al: Alumínio; H+Al: Acidez Potencial; Ca: Cálcio; Mg: Magnésio; K: Potássio; P: Fósforo; Cu: Cobre; Zn: Zinco.

Fonte: A autora, (2020).

Todas as fontes nutricionais, assim como o calcário para regulação da faixa de pH, foram incorporadas e homogeneizadas ao solo 45 dias antes do plantio das mudas. A instalação do experimento ocorreu em outubro de 2017, em vasos plásticos com capacidade de 2,8 litros, em sistema aberto, identificados com etiqueta adesiva para cada tratamento testado. Durante o estudo as plantas foram mantidas em estufa climatizada (controle de temperatura à 25°C e umidade relativa do ar à 75%) no viveiro florestal, dispostas em bancadas sob trilhos.

O sistema de irrigação foi automatizado por meio de nebulizadores do tipo *fogger*, com monitoramento constante para controle de umidade conforme capacidade de campo

determinada previamente para o solo dos vasos. Sempre que houve necessidade, a irrigação manual era realizada.

4.3 VARIÁVEIS MENSURADAS

Para análise do desenvolvimento das mudas, as variáveis foram mensuradas ao longo de um período de 150 dias após a instalação do experimento, em intervalos mensais, e estiveram constituídas em: altura da planta (H, em centímetros), diâmetro do colo da planta (DC, em milímetros) e o Índice de Qualidade de Dickson (IQD). Ao final do experimento avaliou-se também a superfície de área foliar (AF, em $\text{cm}^2 \text{ planta}^{-1}$), massa seca, em gramas, de raízes (MSR), da parte aérea (MSA) e total (MST) da planta.

A H foi medida com régua graduada do nível do solo até o ápice das plantas e o DC medido com paquímetro digital a 0,5 cm do solo. Para avaliação da AF foram selecionadas três plantas por tratamento (três repetições), todas representativas de valores médios de H e DC no respectivo tratamento. As folhas de cada planta foram destacadas dos ramos e, sob superfície homogênea e escalonada, fotografadas com câmera digital para posterior mensuração e análise de área foliar através do *software* Quant/2002.

Os valores para o IQD levaram em consideração a altura da parte aérea (H), o diâmetro do colo (DC) e os pesos de matéria seca da parte aérea (MSA), radicular (MSR) e total (MST), com base na expressão (DICKSON et al., 1960):

$$\text{IQD} = \frac{\text{MST (g)}}{\text{H (cm)} / \text{DC (mm)} + \text{MSA (cm)} / \text{MSR (g)}}$$

Para determinação da massa seca, o material vegetal da parte aérea das plantas foi separado nas frações folha e caule, e o sistema radicular lavado em água corrente. Após separação, tais componentes foram identificados e encaminhados para estufa com circulação e renovação de ar forçado para secagem a 65°C por 48 horas (até peso constante), quando então foram pesados em balança analítica com precisão de três casas decimais.

Para avaliação complementar do crescimento das plantas de erva-mate, as variáveis altura (H), diâmetro do colo (DC) e superfície de área foliar (AF) foram analisadas através do incremento (análise temporal) que apresentaram no período entre a primeira e a última medição mensal (30 e 150 dias, respectivamente).

As variáveis mensuradas foram submetidas à análise de variância (ANOVA), com as diferenças entre as médias dos tratamentos determinadas pelo Teste de Tukey a 5 % de probabilidade ($p < 0,05$), através do *software* STATISTICA 8 MR-3 e SigmaPlot 12.3.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da análise de variância demonstrou interação significativa entre as condições de pH e as fertilizações testadas apenas para o IQD (Tabela 4). Quando analisados os fatores de forma individual verificou-se efeito significativo das fertilizações testadas para as variáveis H, DC, MSR, MSA e MST, já para as condições de pH do solo, as variáveis H e MST apresentaram diferenças significativas (Tabela 4).

Tabela 4 - Resumo da análise de variância para altura (H), diâmetro do colo (DC), Índice de Qualidade de Dickson (IQD), massa seca radicular (MSR), da parte aérea (MSA), total (MST) e superfície de área foliar (AF) de plantas de erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St.-Hil.), submetida a diferentes faixas de pH e tipos de fertilizações.

| FV | GL | Quadrado Médio | | | | | | GL_{AF} | AF (cm ²) |
|-------------------|----|----------------|--------------------|---------|----------|----------|-----------|-----------|-----------------------|
| | | H (cm) | DC (mm) | IQD | MSR (g) | MSA (g) | MST (g) | | |
| pH | 1 | 892,20 * | 6,69 ^{ns} | 10,02 | 82,61 | 234,87 | 684,78 * | 1 | 1043302 |
| Fertilização | 4 | 2343,00 * | 30,38 * | 20,80 * | 180,53 * | 643,56 * | 1333,91 * | 4 | 1426133 |
| pH x Fertilização | 4 | 202,2 | 2,77 | 6,25 * | 29,19 | 112,44 | 171,12 | 4 | 329556 |
| Resíduo | 79 | 122,50 | 2,03 | 1,72 | 12,20 | 52,57 | 90,45 | 20 | 342908 |
| <i>Média</i> | - | 40,00 | 8,65 | 3,12 | 7,01 | 13,59 | 20,75 | | 1420,8 |
| <i>DP</i> | - | 15,27 | 1,85 | 1,70 | 4,65 | 9,16 | 12,55 | | 717,37 |
| <i>CV (%)</i> | - | 38,16 | 21,39 | 54,47 | 66,27 | 67,42 | 60,47 | | 50,49 |

FV: Fontes de variação; * Significativo e ^{ns} não significativo, respectivamente a 0,05% de probabilidade pelo teste F de Snedecor; GL: Graus de liberdade; GL_{AF} : Graus de liberdade da variável AF; DP: Desvio padrão; CV: coeficiente de variação.

Fonte: A autora, (2020).

O crescimento máximo em H das mudas foi obtido com o uso do composto orgânico 20% como forma de fertilização, com média de 50,44 cm planta⁻¹ (Figura 2A), apresentando resultados estatisticamente iguais as fertilizações químicas. Ressalta-se, também, que a observação da altura das mudas no viveiro é um método de inferência em relação à qualidade das mesmas, uma vez que essa característica apresentou relação com as outras variáveis.

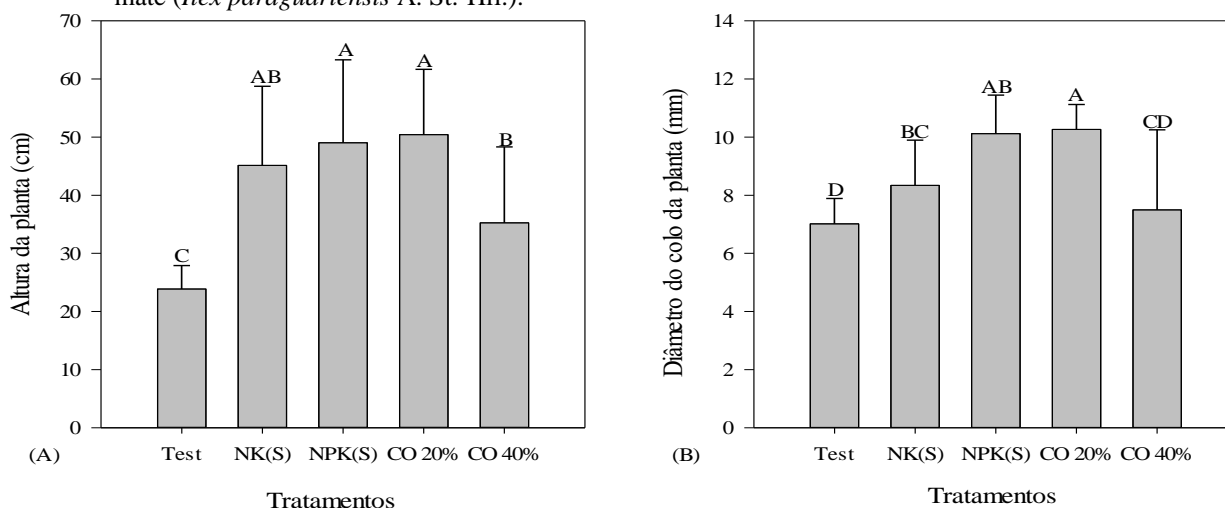
Em relação ao DC, a mesma fertilização (CO 20%) também resultou no maior valor médio com 10,26 mm planta⁻¹ (Figura 2B), não diferindo apenas do tratamento NPK(S) com 10,12 mm planta⁻¹.

As menores médias para DC foram constatadas com a fertilização de composto orgânico CO 40%, com 8,09 mm planta⁻¹ e testemunha apresentado 7,01 mm planta⁻¹ (Figura 2B).

É possível constatar, por meio dessas evidências sobre as respostas de crescimento em H e DC da erva-mate, que o composto orgânico pode ser eficiente suficientemente quando

comparada com fertilização a fertilização química, normalmente esta última exigindo maiores recursos para investimento em viveiros.

Figura 2 – Altura (A) e diâmetro do colo (B) em função de diferentes fertilizantes aplicados em mudas de erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St.-Hil.).



Fonte: A autora, (2020).

A tabela 5 mostra que o maior IQD (4,91) foi para o pH 5,5 foi obtido na fertilização de CO 20%, que não diferiu estatisticamente do pH 4,7 (com valor de 4,65). Nesse sentido, esta fonte de fertilização resultou no maior crescimento das mudas, com ótima relação entre as frações aérea e radicular, e entre a altura e o diâmetro das mudas. Embora não tenham avaliado especificamente fontes nutricionais, Pimentel et al. (2017), ao avaliarem a produção de miniestacas de erva-mate cultivadas em recipientes distintos, constataram valores de IQD entre 0,07 e 0,12 após 120 dias de cultivo.

Fonseca et al. (2002) consideram o IQD uma boa medida morfológica integrada, pois em seu cálculo são considerados a robustez e o equilíbrio da distribuição da biomassa na muda. De acordo com o padrão estabelecido por Hunt (1990) e Birchler et al., (1998), valores de IQD acima de 0,20 correspondem a uma alta qualidade de mudas, sendo que neste trabalho todos os tratamentos foram superiores.

Tabela 5 - Índice de Qualidade de Dickson (IQD) em função dos tratamentos aplicados em mudas de erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St.-Hil.) aos 150 dias após a instalação do experimento.

| Faixa de pH | Tipo de fertilização | | | | |
|-------------|----------------------|---------|---------|--------|---------|
| | Testemunha | NK(S) | NPK(S) | CO 20% | CO 40% |
| 4,7 | 2,46 bc | 2,26 bc | 4,08 ab | 4,65 a | 3,90 ab |
| 5,5 | 2,11 bc | 2,56 bc | 2,94 bc | 4,91 a | 1,41 c |

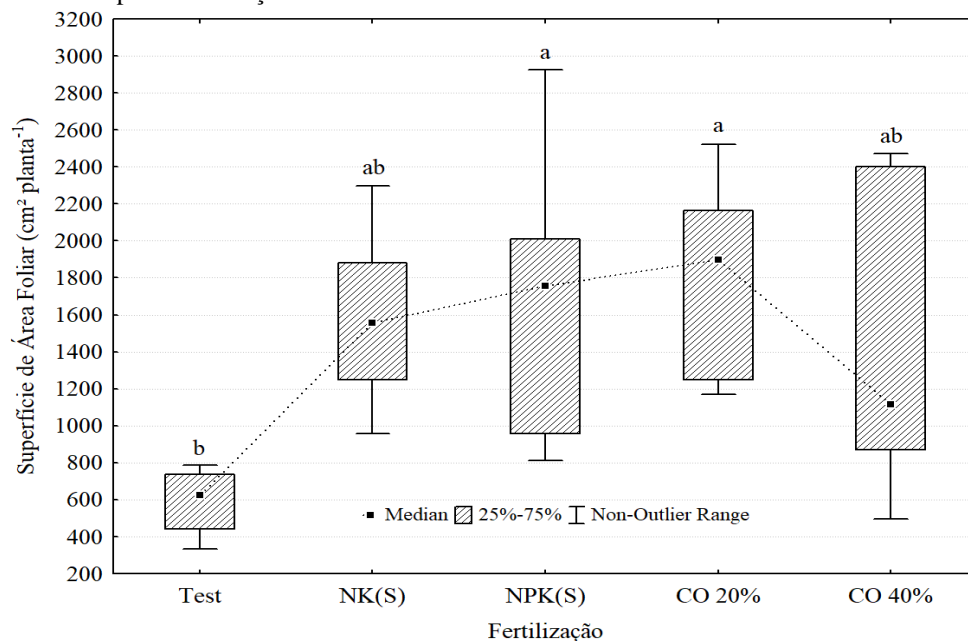
Fonte: A autora, (2020).

Na Figura 3 é possível observar que para a variável AF o maior valor foi observado na fertilização CO 20%, com 1898,43 cm² planta⁻¹, não diferindo estatisticamente da adubação NPK(S) com 1755,91 cm² planta⁻¹, embora apresentou maior dispersão dos dados, devido a maior ocorrência de extremos ou *outliers*.

Cruz et al., (2006) evidenciaram que a fertilização possui destaque fundamental na produção de mudas de boa qualidade silvicultural, pois interfere na capacidade de adaptação e crescimento tanto em ambiente de viveiro como de pós-plantio em campo.

O composto suíno a 20% estudado apresentou resultados satisfatórios nas condições do experimento, mostrando potencial de ser usado no crescimento inicial de erva-mate, já que apresentou diâmetros de colo e alturas consideravelmente superiores as demais ou para todas as variáveis analisadas não diferiu estatisticamente da adubação química NPK(S).

Figura 3 - Valores médios da superfície de área foliar em diferentes etapas de avaliação das mudas de erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St.-Hil.) submetidas a diferentes fertilizações e faixas de pH em condições de viveiro.



Fonte: A autora, (2020).

Segundo Bernardino (2005), a produção de matéria seca tem sido considerada um dos melhores parâmetros para caracterizar a qualidade de mudas. Na Figura 4 pode-se observar que a maior produção de MSA, MSR e MST foram nas mudas produzidas com composto orgânico 20% no substrato, com respectivamente 18,94, 10,05 e 29,50g planta⁻¹.

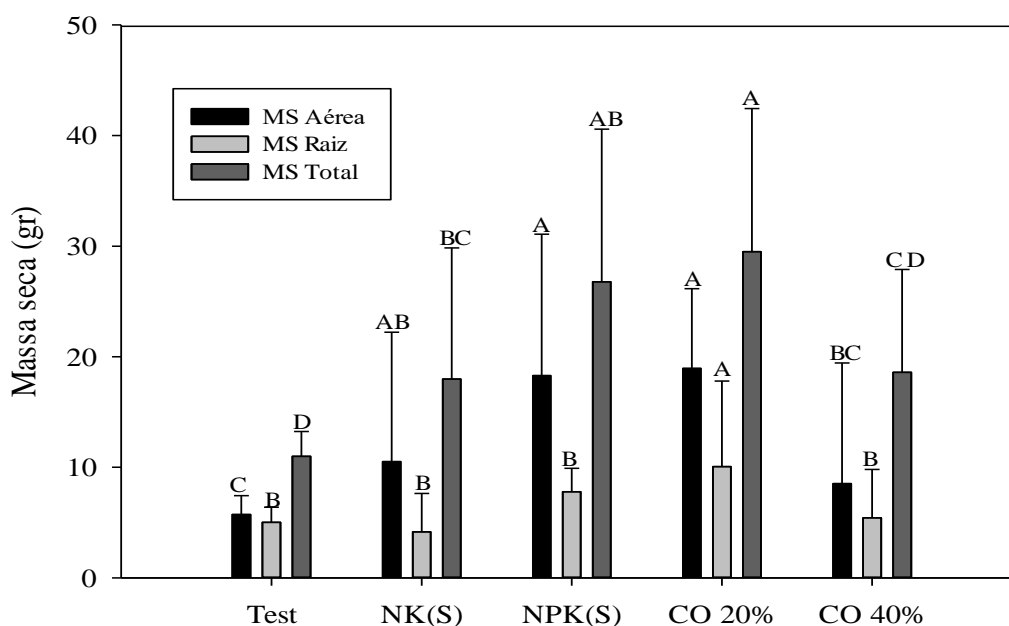
Ao se comparar as adubações químicas utilizadas, destaca-se a com NPK(S) que apresentou maior desenvolvimento, com 18,3g planta⁻¹ de MSA e MST de 26,78g planta⁻¹, quando comparada com NK(S), que resultou em MSA de 10,51g planta⁻¹ e MST de 17,98g

planta⁻¹. Evidenciando que apesar da erva-mate ser considerada uma espécie que se desenvolve bem em solos de baixa fertilidade e com baixa exigência em P, não significa que esta espécie não responda a adubação (CARVALHO, 2003).

Resultado semelhante foi encontrado por Santin et al., (2013b), ao testarem doses de P combinadas com NK em mudas de erva-mate, estudo no qual constataram o melhor crescimento quando o teor de P no solo estava entre 18,5 a 28,6 mg dm⁻³ combinado com 100 mg dm⁻³ de N e K₂O. Os autores enfatizam que a erva-mate cresce bem em solos com altos teores de P, mas depende da boa disponibilidade de N, K e Ca.

Zavistanovicz et al., (2017) ao testar a eficiência de substratos alternativos para mudas de erva-mate obteve maiores médias ao utilizar terra de subsolo, esterco bovino e casca de arroz carbonizada (2:2:1), onde apresentarem médias de MSR de 6,2g e MST de 16,4g.

Figura 4 – Massa seca aérea (MSA), de raiz (MSR), e total (MST) em função de diferentes fertilizantes aplicados em mudas de erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St.- Hil.).



Fonte: A autora, (2020).

5.1 ANÁLISE TEMPORAL

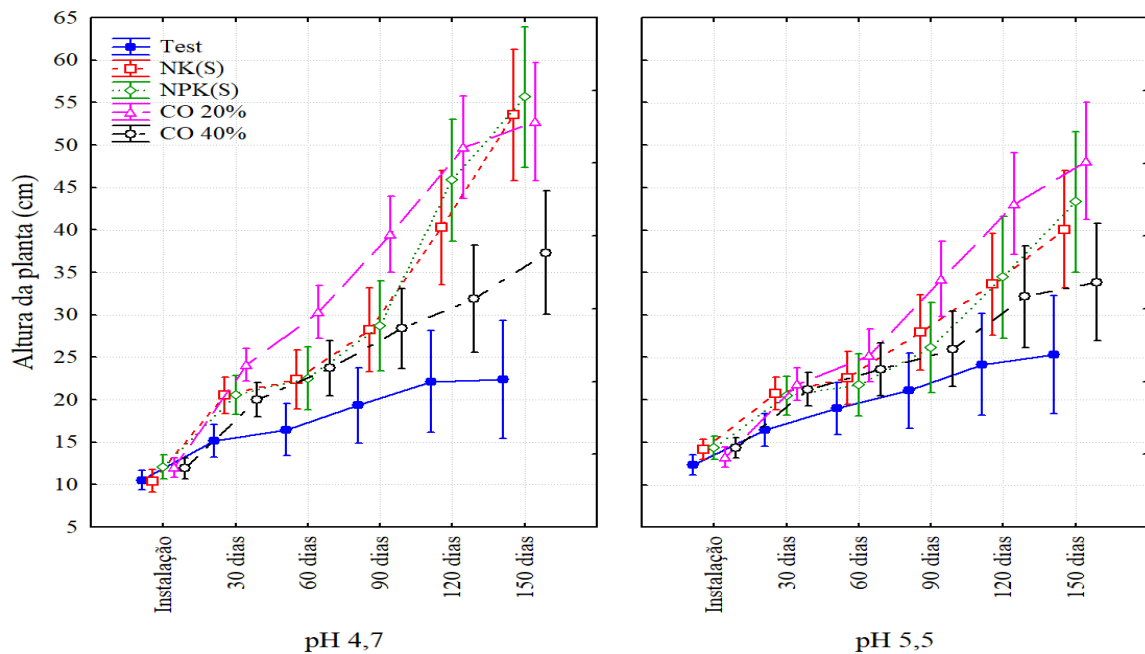
5.1.1 Incremento em altura

A análise de variação temporal indicou interação significativa entre os fertilizantes testados e o período de monitoramento para as variáveis H e DC. Em relação as condições de pH somente a variável H apresentou interação significativa com o tempo de avaliação.

A utilização da adubação química influenciou de forma positiva o crescimento da altura das mudas (Figura 5), o crescimento máximo foi atingido com a fertilização NPK(S), seguido pelo NK(S) e CO 20%, com médias de 55,64 cm, 53,55 cm e 52,76 cm respectivamente.

A constatação de incrementos significativos nos valores da altura para o pH 4,7, em comparação ao pH 5,5, reforça a hipótese de que a erva-mate é uma espécie considerada tolerante e resistente a solos ácidos. O maior incremento para o pH 5,5 foi para a adubação de CO 20% com 48,12 cm.

Figura 5 - Incremento em altura da parte aérea em diferentes etapas de avaliação das mudas de erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St.-Hil.) submetidas a diferentes fertilizações e faixas de pH, em condições de viveiro.



Fonte: A autora, (2020).

Em relação ao comportamento da calagem, observa-se que, de maneira geral, para a altura, verificou-se significativa diminuição dos valores com o fornecimento do corretivo. Reissmann et al., (1997) explicam que resultados positivos somente ocorrem quando os teores de Ca e Mg no solo estiverem baixos, sendo o principal objetivo da calagem o suprimento desses nutrientes.

Reissmann e Carneiro (2004), testando cinco níveis de calagem do solo, durante 8 anos seguidos, observaram que as plantas de erva-mate não apresentaram diferenças significativas entre tratamentos, nas variáveis altura, diâmetro da copa e produção de biomassa, ficando o tratamento testemunha (sem calagem) com os maiores valores.

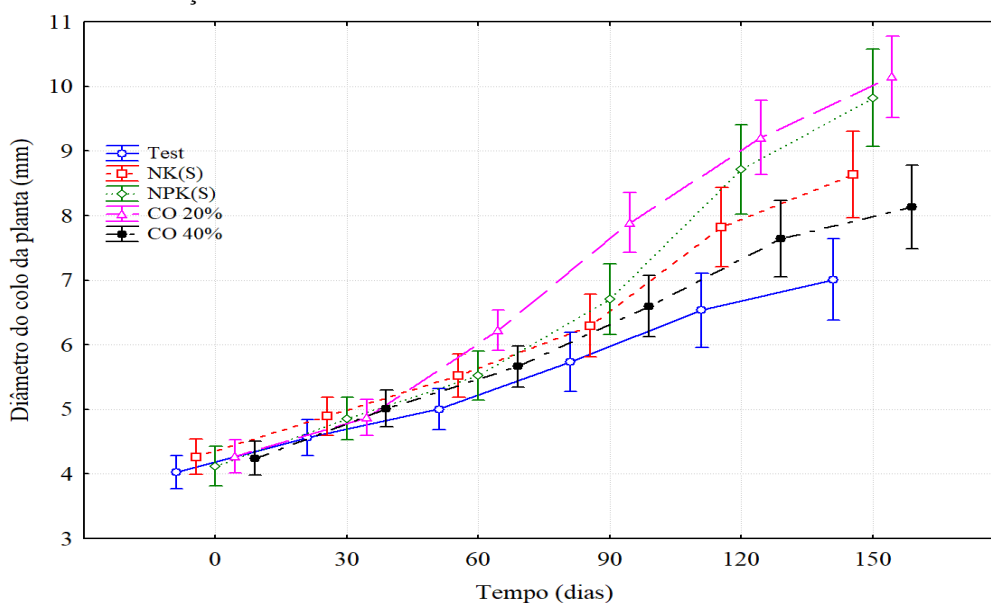
5.1.2 Incremento em diâmetro do colo

Segundo Souza et al., (2006), é importante destacar que o diâmetro do colo é de fundamental importância na avaliação do potencial da muda para sobrevivência e crescimento após o plantio.

Em relação ao DC (Figura 6), para o incremento aos 150 dias, a incorporação de CO 20% no substrato apresentou superioridade, com média de 10,14 mm, seguido pelo NPK(S) com 9,82 mm.

No geral, as mudas produzidas com 40% de composto orgânico não tiveram um bom desenvolvimento. Em tese, essa resposta pode ser explicada pelas altas quantidades de K, P e Zn presentes no substrato analisado pelo laboratório (Tabela 3), tratamento no qual foram observados medianos sintomas de toxidez de K e Zn nas folhas das mudas, despertando, com isso, a necessidade de um estudo mais aprofundado nesse sentido através de análise de tecido foliar.

Figura 6 - Incremento em diâmetro do colo em diferentes etapas de avaliação das mudas de erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St.-Hil.) submetidas a diferentes fertilizações e faixas de pH em condições de viveiro.



Fonte: A autora, (2020).

As características químicas do solo foram interpretadas de acordo com o Manual de Adubação e Calagem para os Estados do RS e SC (COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO, 2004). Os valores da análise química para o solo de cada tratamento, antes do plantio das mudas da erva-mate, apresentadas na Tabela 3.

Com relação as fertilizações, pode-se concluir que a quantidade 20% de composto orgânico incorporado ao substrato é suficiente para suprir as necessidades nutricionais da erva-mate na fase inicial, além de apresentarem N, P e K contido em sua composição. A matéria orgânica obtida foi considerada média, com teores em torno de 4,9 %, que se destaca por alterar a condição estrutural do solo, provocando modificações no aumento da porosidade, aeração, retenção de água e atividade microbiana (KIEHL, 1985).

Fernandes et al., (2000) também observou diferença, ao testar diferentes materiais para adubação em lavoura de café. Relatando que depois de 3 safras, os tratamentos com adubação orgânica apresentaram aumentos de 88 a 125% em relação a testemunha e o esterco de suínos sólido, promoveu um aumento de 110% na produtividade, bem abaixo quando comparada a adubação exclusivamente química que promoveu aumento de 55%.

Diversos autores têm comprovado que a adição de composto orgânico aos substratos usados para produção de mudas resulta em benefícios como o fornecimento de macro e micronutrientes e a redução do Al trocável. Campos et al., (1986) estudando a influência do substrato no desenvolvimento inicial de mudas de sibipiruna (*Caesalpinia peltophoroides* Benth.), concluíram que as plantas com maior altura e diâmetro foram aquelas originadas dos substratos solo incorporado ao esterco bovino, na proporção de 1:1.

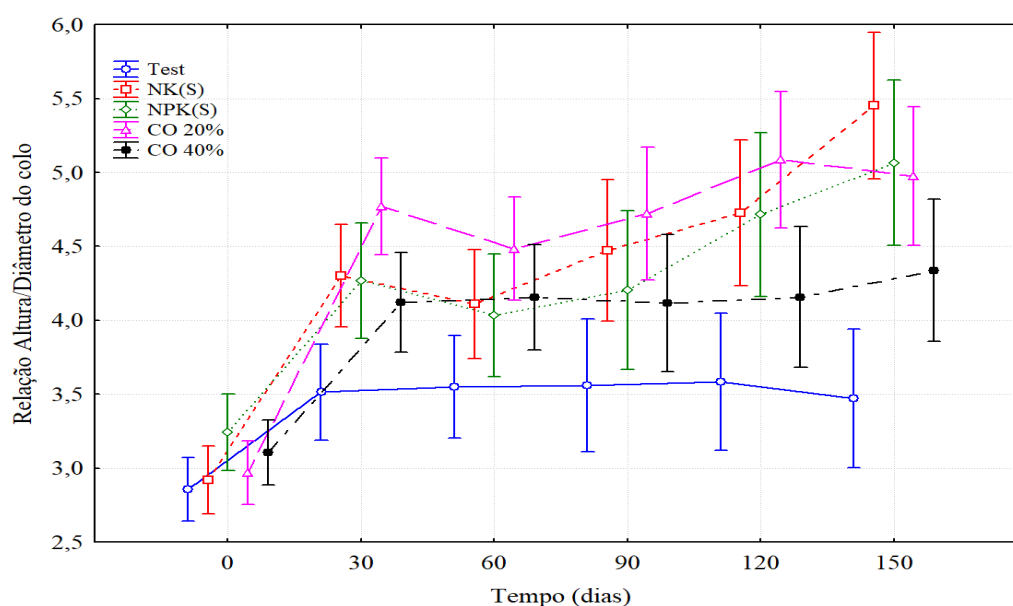
Canellas et al., (2001) também avaliaram que a incorporação de resíduos procedentes do lixo urbano em Latossolo Vermelho-Amarelo e Argissolo Vermelho-Amarelo promoveu aumento nos teores de Ca e Mg, refletindo no desenvolvimento das mudas de ipê-roxo.

5.1.3 Incremento analisado na relação altura e diâmetro do colo

De acordo com Carneiro (1995), o resultado da divisão da altura da parte aérea pelo diâmetro do colo é um dos mais precisos parâmetros morfológicos para estimar a sobrevivência das mudas no campo, também denominado de quociente de robustez.

Segundo Novroski et al., (2016) a faixa ideal da relação H/DC é entre 5 a 8, sendo que no presente estudo as adubações com NK(S), NPK(S) e CO 20% proporcionaram mudas aptas a serem levadas a campo, com médias respectivamente de 5,45, 5,06 e 5,08 (Figura 7). A testemunha e a adubação com CO 40% apresentaram a menor relação H/DC, indicando plantas com menor probabilidade de sobrevivência em condições adversas de campo.

Figura 7 – Valores médios da relação altura/diâmetro do colo em diferentes etapas de avaliação das mudas de erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St.-Hil.) submetidas a diferentes fertilizações e faixas de pH em condições de viveiro.



Fonte: A autora, (2020).

6 CONCLUSÕES

A utilização de diferentes fontes de fertilização incorporadas ao substrato, associadas à duas faixas de pH, influenciaram positivamente no crescimento das mudas de erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St.-Hil.) em condições de estufa climatizada.

O uso de composto orgânico 20% proporcionou crescimento adequado de mudas de erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St.-Hil.). Em relação as condições distintas de pH não houveram influências expressivas sobre o desenvolvimento das mudas quando avaliada a variação de 4,7 e 5,5 nas faixas de pH do substrato.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARÇARI, D. P. et al. Antiobesity effects of yerba maté extract (*Ilex paraguariensis*) in high-fat diet-induced obese mice. **Obesity Journal**, v. 17, n. 12, p. 2127-2133, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CRIADORES DE SUÍNOS. Mapeamento da Suinocultura Brasileira (Org.). **Mapeamento da Suinocultura Brasileira**. Brasília. 2016.

Disponível em: <http://www.abcs.org.br/attachments/01_Mapeamento_COMPLETO_bloq>. Acesso em: 16 out. 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL. Estatísticas. 2014. Disponível em: <<http://www.abipecs.org.br/>>. Acesso em: 15 ago. 2020.

ATLAS SOCIOECONÔMICO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL. Porto Alegre. 2017. Disponível em: <<http://www.atlassocioeconomico.rs.gov.br/suínos>>. Acesso em: 16 out. 2020.

BELLI, F. P.; CASTILHO, J. R. A. B.; COSTA, R. H.R. Tecnologias para o tratamento de dejetos de suínos. **Revista Brasil Engenharia Agrícola Ambiental**, v. 5, n. 1, p. 9-15, 2001.

BERNARDINO, D. C. de S. et al. Crescimento e qualidade de mudas de *Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan em resposta a saturação por bases do substrato. **Revista Árvore**. Viçosa-MG, v.29, p. 863-870, 2005.

BERTÉ, K. A. S. Tecnologia da erva-mate solúvel. 2011. 160 p. Tese (Doutorado em Tecnologia de alimentos) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR. 2011.

BISSO, F. P.; SALET, R. L. **Exportações de nutrientes pela poda da erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.)**. Santa Maria: Departamento de Solos, UFSM, 2000.

BORILLE, A. M. W.; REISSMANN, C. B.; FREITAS, R. J. S. Relação entre compostos fitoquímicos e o nitrogênio em morfotipos de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.). **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, Curitiba, v. 23, p. 183-196, 2005.

CAMPOS, L. A. A. et al. A Influência de profundidade de semeadura e substratos no desenvolvimento inicial de sibipiruna (*Caesalpinia peltophoroides* Benth.). **Científica**, v. 14, n. 1/2, p. 101-113, 1986.

CANELLAS, L. P. et al. Distribuição da matéria orgânica e características de ácidos húmicos em solos com adição de resíduos de origem urbana. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 12, p. 1529 -1538, 2001.

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

CARVALHO, P. E. R. **Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira**. Curitiba: EMBRAPA/CNPFFlorestas, 1994.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo: Embrapa Florestas. v. 1, p. 1039, 2003.

CASAGRANDE, L. F. **Avaliação descritiva de desempenho e sustentabilidade entre uma granja suinícola convencional e outra dotada de um Biosistema Integrado (B.S.I.)**. 2003. 125 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC. 2003.

CHAIMSOHN, F. P.; SOUZA, A. M. de. (Ed.). **Sistemas de produção tradicionais e agroflorestais no Centro-Sul do Paraná Norte Catarinense: contribuições para a construção do processo de Indicação Geográfica**. Ponta Grossa. 128 p, 2012.

CHIUMENTI, A. **Complete nitrification–denitrification of swine manure in a full-scale, non-conventional composting system**. *Waste Management*, v. 46, p. 577-587, jul. 2015.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO. **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 10. ed. Porto Alegre: SBCS; UFRGS, p. 400, 2004.

CRUZ, C. A. F.; PAIVA, H. N.; GUERRERO, C. R. A. Efeito da adubação nitrogenada na produção de mudas de sete-cascas (*Samanea inopinata* (Harms) Ducke). **Revista Árvores**, v.30, n. 4, p. 537-546, 2006.

CUNHA, A. O. et al. Efeitos de substratos e das dimensões dos recipientes na qualidade das mudas de *Tabebuia impetiginosa* (Mart. Ex D.C.) Standl. **Revista Árvore**, v. 29, n. 4, p. 507-516, 2005.

DA CROCE, D. da; HIGA, A. R.; FLOSS, P. A. **Escolha de fontes de sementes de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hill.) para Santa Catarina**. Florianópolis: EPAGRI, Boletim Técnico, 69, p. 23, 1994.

DICKSON, A.; LEAF, A. L.; HOSNER, J. F. **Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries**. For. Chron., v. 36, p. 10-13, 1960.

DUBOC, E. **Erva-mate: parâmetros para seleção de planta matriz e área de coleta de sementes**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, Documentos, n. 132, p. 48, 2015.

EMATER/RS. **Notícias**. Passo Fundo, 2020. Disponível em: <<http://www.emater.tche.br/site/multimidia/noticias/detalhe-noticia.php?id=31226#.X8DytWhKjIU>>. Acesso em: 25 nov. 2020.

EMBRAPA, CNPSA. Tecnologias para o manejo de resíduos na produção de suínos – Manual de boas práticas. **PNMA II – Gestão Integrada de ativos ambientais**, Santa Catarina, Concórdia, p. 109, 2004.

FAGERIA, N. K.; STONE, L. F. Qualidade do solo e meio ambiente. **Documentos**. Santo Antônio de Goiás, n. 197, 35 p., nov. 2006. Embrapa Arroz e Feijão, 2006. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/214941/qualidade-do-solo-e-meio-ambiente#:~:text=Autoria%3A%20FAGERIA%2C%20N.%20K.%3B%20STONE,para%20reduzir%20a%20polui%C3%A7%C3%A3o%20ambiental>>. Acesso em: 20 de set. 2020.

FERNANDES, A. L. T. et al. Estudo de fontes e doses de matéria orgânica para adubação de cafeeiro cultivado no cerrado. Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil, Uberaba, p. 4, 2000.

FERRON, R. M. Produção de mudas de erva-mate em tubetes plásticos. In: Congresso sul-americano da erva-mate, 1.; Reunião técnica do cone sul sobre a cultura da erva-mate, 2., 1997, Curitiba. **Anais...** Colombo: EMBRAPA-CNPQ, Embrapa Florestas. Documentos, n. 33, p. 153-172, 1997.

FONSECA, É. P. et al. Padrão de qualidade de mudas de *Trema micrantha* (L.) Blume, produzidas sob diferentes períodos de sombreamento. **Revista Árvore**, v. 26, p. 515-523, 2002.

GERHARDT, M. História Ambiental: extração de erva-mate na serra gaúcha. In: IV Congresso Internacional de Historia, 2009, Maringá, PR. V CONGRESSO INTERNACIONAL DE HISTÓRIA. Clichetec, p. 106, 2009.

GIROTTI, A. F.; CHIOCHETTA, O. Aspectos econômicos do transporte e utilização dos dejetos. In: Tecnologias para o Manejo de Resíduos na Produção de Suínos PNMA II, 2004., Florianópolis. **Anais...** Concórdia: Embrapa-Cnpisa, p. 45-52, 2004.

GOSMANN, G. **Saponinas de *Ilex paraguariensis* St. Hil. (erva-mate)**. 1989. 108 p. Dissertação (Mestrado em Farmácia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 1989.

GERVÁSIO, E. W. **Suinocultura** - Análise da Conjuntura Agropecuária. 2013. Disponível em: < <https://docplayer.com.br/16630249-Suinocultura-analise-da-conjuntura-agropecuaria.html>>. Acesso em: 09 mar. 2020.

GOSMANN, H. A. **Estudos comparativos com bioesterqueiras e esterqueiras para armazenamento e valorização dos dejetos de suínos**. 1997. 97 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, SC, 1997.

HUNT, G. A. Effect of styrobloc design and cooper treatment on morphology of conifer seedlings. In: Target seedling symposium, meeting of the western forest nursery associations, General technical report rm-200. Roseburg. Fort Collins: United States Department of Agriculture, **Forest Service**, p. 218-222, 1990.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Sistema IBGE de recuperação automática. 2014. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/agric/default.asp?z=t&o=11&i=P>>. Acesso em: 10 out. 2020.

IBGE. **Produção da Pecuária Municipal**, 2015. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro, RJ, 2016. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=784>>. Acesso em: 15 nov. 2019.

ITO, M.; GUIMARÃES, D.; AMARAL, G. Impactos ambientais da suinocultura: desafios e oportunidades. Agroindústria/ BNDES Setorial 44, 32 p. 2016. Disponível em: <<https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/9974>>. Acesso em: 15 out. 2020.

KIEHL, E. J. **Fertilizantes orgânicos**. Piracicaba: Ceres, 1985.

KIEHL, E. J. **Manual de compostagem: maturação e qualidade do composto**. Piracicaba: [s.n.], p. 171, 1998.

KONZEN, E. A. **Avaliação quantitativa e qualitativa dos dejetos de suínos em crescimento e terminação, manejados em forma líquida**. 1980. 56 p. Tese de mestrado – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, 1980.

KONZEN, E. A. **Manejo e utilização dos dejetos de suínos**. Concórdia: EMBRAPA-CNPSA. Circular Técnica, n. 6, p. 32, 1983.

LOPES, A. S.; SILVA, M. de C.; GUILHERME, L. R. G. Acidez do solo e calagem. **Boletim Técnico**. São Paulo. n.1, 17 p., 1991. ANDA. Disponível em: <http://www.anda.org.br/multimedia/boletim_01>. Acesso em: 15 ago. 2020.

LORENZI, H. Árvores brasileiras: Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. 1. ed. **Nova Odessa**: Plantarum, p. 352, 1992.

LOURENÇO, R. S. Adubação da erva-mate. In: Congresso sul americano da erva-mate, 1.; Reunião técnica do cone sul sobre a cultura da erva-mate, 2., 1997, Curitiba. **Anais...** Colombo: EMBRAPA/CNPQ, p.299-315, 1997.

LOURENÇO, R. S. et al. Influencia do substrato no desenvolvimento de mudas de erva-mate (*Ilex paraguariensis*). **Perspectiva**, Erechim, RS, v. 24, n. 88, p. 16, 2000.

MACCARI JUNIOR, A.; MAZUCHOWSKI, J. Z. (Org.). **Produtos alternativos e desenvolvimento da tecnologia industrial na cadeia produtiva da erva-mate**. Série PADCT nº 1. Curitiba: Câmara Setorial da Cadeia Produtiva da Erva-mate do Paraná MCT/CNPQ/Projeto PADCT Erva-mate, p. 160, 2000.

MEDRADO, M. J. S. et al. **Implantação de ervais**. Colombo: Embrapa Florestas, Circular técnica, n. 41, p. 26, 2000.

MIELE, M. **Estrutura e coordenação na suinocultura**: A relação entre contratos de integração, especialização, escala de produção e potencial poluidor dos estabelecimentos suínocolas do Alto Uruguai Catarinense. 2006. 277 p. Tese (Doutorado) - Universidade Feral do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2006.

MINAMI, K. **Produção de mudas de alta qualidade em horticultura**. São Paulo: T.A. Queiroz, p. 128, 1995.

NOVAIS, R. F. et al. **Fertilidade do Solo**. Viçosa. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p. 1017, 2007.

NOVROSKI, M. C. et al. Procedência e adubação no crescimento inicial de mudas de cedro. **Pesquisa florestal brasileira**, v. 36, n. 85, p. 17-24, 2016.

OLIVEIRA, A. É. de. **Modelagem da infiltração de água no solo com o modelo green-ampt**. 2015. 122 p. Dissertação de mestrado - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2015.

OLIVEIRA, I. P. et al. **Produção de sementes sadias de feijão comum em várzeas tropicais**. Sistema de Produção, Santo Antônio de Goiás, n. 4, dez. 2004. Embrapa Arroz e Feijão. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Feijao/FeijaoVarzeaTropical/correcao_acidez_solo.htm>. Acesso em: 4 abr. 2020.

OLIVEIRA, P. A. V. de. **Tecnologias para o manejo de resíduos na produção de suínos: manual de boas práticas**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, p. 109, 2004.

OLIVEIRA, P. A. V. de. Resíduos agroindustriais da suinocultura: problemas e soluções. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 35., 2006, João Pessoa, PB. **Anais...** João Pessoa: SBEA, v.1, p. 29, 2006.

OLIVEIRA, P. A. V. et al. **Aproveitamento da água da chuva na produção de suínos e aves.** Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2012. (Documentos, 157).

OLIVEIRA, P. A. V. de; HIGARASHI, M. M. **Unidade de compostagem para o tratamento dos dejetos de suínos.** Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, p. 39, 2006.

OLIVEIRA, Y. M. M.; ROTTA, E. Área de distribuição natural de erva-mate. In: Seminário sobre atualidades e perspectivas florestais: silvicultura da erva-mate, 10., 1983, Curitiba. **Anais...** Curitiba: EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Florestas, p. 17-36, 1985.

PERDOMO, C. C.; LIMA, G. J. M. M.; NONES, K. Produção de Suínos e meio Ambiente. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO DA SUINOCULTURA, 9., 2001, Gramado, RS. **Anais...** Gramado, p. 8-24, 2001.

PIMENTEL, N. et al. Morphophysiological quality of yerba mate plantlets produced by mini-cuttings. **Ciências Agrárias**, v. 38, n. 6, p. 3515-3528, 2017.

PRAT KRICUN, S. D. Investigación agronómica en la República Argentina. In: Seminário sobre atualidades e perspectivas florestais, 10., 1983, Curitiba. **Anais...** Curitiba: EMBRAPA/CNPFFlorestas, p. 82-93, 1985.

PORFÍRIO, S. V. et al. **Arborização de pastagens com espécies florestais madeireiras: implantação e manejo.** Colombo: Embrapa Florestas, p. 48, 2009.

REISSMAN, C. B. et al. Production and foliar N, P, K, Ca and Mg levels in erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil), related to increasing base saturation levels. **Arquivos Biologia e Tecnologia**, Curitiba, v. 40, n. 1, p. 241-249, 1997.

REISSMANN, C. B.; CARNEIRO, C. Crescimento e composição química de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.), transcorridos oito anos de calagem. **FLORESTA**, dec. 2004. ISSN 1982-4688. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/floresta/article/view/2424/2026>>. Acesso em: 14 set. 2020.

RESENDE, M. D. V. D. et al. **Programa de melhoramento da erva-mate coordenado pela Embrapa:** resultados da avaliação genética de populações, progênies, indivíduos e clones. Colombo: Embrapa Florestas, p. 66, 2000.

SANTIAGO, A. D.; ROSSETO, R. **Calagem.** Agencia de Embrapa de informação. STARA. Máquinas agrícolas. Futura. 2011. Disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_34_711200516717.html>. Acesso em: 23 ago.2020

SANTIN, D. et al. Nutrição e crescimento da erva-mate submetida à calagem. **Ciência Florestal**, v. 23, n. 1, p. 55-66, 2013a.

SANTIN, D. et al. Crescimento e nutrição de erva-mate influenciados pela adubação nitrogenada, fosfatada e potássica. **Ciência Florestal**, v. 23, n. 2, p. 363-375, 2013b.

SANTIN, D. et al. Sobrevivência, crescimento e produtividade de plantas de erva-mate produzidas por mini-estacas juvenis e por sementes. **Ciência Florestal**, v. 25, n. 3, p. 571- 579, 2015.

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

SARDÁ, L.G. et al. Redução da emissão de CO₂, CH₄ e H₂S através da compostagem de dejetos suínos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, p. 1008–1013, 2010.

SCHERER, E. E.; NESI, C. N.; MASSOTTI, Z. Atributos químicos do solo influenciados por sucessivas aplicações de dejetos suínos em áreas agrícolas de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 4, p. 1375-1384, 2010.

SCHERER, E. E. Doses e formas de aplicação do composto de dejetos suínos no cultivo orgânico de milho e feijão. **Agropecuária Catarinense**, v. 26, n. 2, p. 74-78, 2013.

SERPA FILHO, R. et al. Compostagem de dejetos de suínos. **Revista em Agronegócios e Meio Ambiente**, Maringá, v. 6, n. 1, p. 47-78, jan./abr., 2013. Disponível em: <<https://periodicos.unicesumar.edu.br/index.php/rama/article/view/2333>>. Acesso em: 10 de jun. 2020.

SFREDO, G. J. **Soja no Brasil**: calagem, adubação e nutrição mineral. Documentos, Londrina, n. 305, 148 p., set. 2008. Embrapa Soja. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/470934>>. Acesso em: 10 ago. 2020.

SIGNOR, P.; GOMES, G. S.; WATZLAWICK, L. F. Produção de erva-mate e conservação de Floresta com Araucária. **Pesquisa Florestal Brasileira**. Colombo, v. 35, n. 83, p. 199-208, jul./set., 2015.

SILVA, A. de A. et al. **Fertilização com dejetos suínos**: influência nas características bromatológicas da *Brachiaria decumbens* e alterações no solo. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v. 35, n. 2, p. 254-265, Abr. 2015. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010069162015000200254&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 26 ago. 2020.

SILVA, E. C. da. **Mobilidade de íons em um cambissolo haplico alumínico submetido a aplicação de calcário e gesso agrícola**. 2010. 91 p. Dissertação (Mestrado em Química Aplicada) – Programa de Pós-Graduação em Química Aplicada, Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, PR. 2010. Disponível em: <http://bicentede.uepg.br/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=609>. Acesso em: 4 set. 2020.

SOUZA, V. C.; H. LORENZI, H. **Botânica Sistemática**: Guia ilustrado para identificação das famílias de Fanerógamas nativas e exóticas no Brasil, baseado em APG II. 2. ed. Nova Odessa: Plantarum, p. 703, 2008.

SOUZA, F.R. et al. **Calagem e adubação orgânica**: Influência na adsorção de fósforo em solo. *Revista Brasil de Ciência do Solo*, v. 30, p. 975-983, 2006.

USDA/USEPA. **Unified National Strategy for Animal Feeding Operations**, Washington, March 9, 1999.

VIDOR, M. A. et al. Marcadores moleculares em estudos de caracterização de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.): o sabor. **Ciência Rural**, v. 32, n. 03, p. 415-420, 2002.

WENDLING, I.; SANTIN, D. **Propagação e nutrição de erva-mate**. Brasília, DF: EMBRAPA/Florestas, p. 195, 2015.

WENDLING, I.; DUTRA, L. F.; GROSSI, F. **Produção de mudas de espécies lenhosas**. Colombo: Embrapa Florestas. Documentos, n. 130, p. 56, 2006.

ZAVISTANOVICZ, T. C. et al . Morphophysiological responses of *Ilex paraguariensis* seedlings to different substrates and fertilizations. *Rev. bras. eng. agríc. ambient.*, Campina Grande , v. 21, n. 2, p. 111-115, Fev. 2017.

Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662017000200111&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 25 Nov.2020.