



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL**

***CAMPUS ERECHIM***

**CURSO DE AGRONOMIA**

**BRUNA LETICIA ANZOLIN**

**DEJETOS LÍQUIDOS DE SUÍNOS E PÓ DE ROCHA COMO FONTE  
DE NUTRIENTES PARA A CULTURA DA ERVA-MATE**

**ERECHIM**

**2019**

**BRUNA LETICIA ANZOLIN**

**DEJETOS LÍQUIDOS DE SUÍNOS E PÓ DE ROCHA COMO FONTE DE  
NUTRIENTES PARA A CULTURA DA ERVA-MATE**

Trabalho de conclusão de curso de graduação  
apresentado como requisito para obtenção de grau de  
Bacharel em Agronomia da Universidade Federal da  
Fronteira Sul.

Orientador: Prof. Dr. Alfredo Castamann

ERECHIM

2019

### **Bibliotecas da Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS**

Anzolin, Bruna Leticia

Dejetos líquidos de suínos e pó de rocha como fonte de nutrientes para a cultura da erva-mate / Bruna Leticia Anzolin. -- 2019.

25 f.:il.

Orientador: Dr. Alfredo Castamann.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de Agronomia, Erechim, RS, 2019.

1. Introdução. 2. Material e Métodos. 3. Resultados e Discussão. 4. Conclusão. 5. Referências. I. Castamann, Alfredo, orient. II. Universidade Federal da Fronteira Sul. III. Título.



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL - UFFS  
CAMPUS ERECHIM

### ATA DE DEFESA PÚBLICA DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Aos vinte e seis dias do mês de junho de 2019, às 15:00 horas, foi realizado a defesa pública do Trabalho de Conclusão de Curso II de **Bruna Leticia Anzolin**, intitulado “**Dejetos líquidos de suínos e pó de rocha como fonte de nutrientes para a cultura da erva-mate**”.

A Banca Examinadora, constituída pelo (a) professor (a) orientador (a) **Dr. Alfredo Castamann** e pelos professores **Me. Ulisses Pereira de Mello** e **Dr. Valdecir José Zonin** emitiu o seguinte parecer:

Aprovado com nota: 9,8

Refazer o relatório

Reprovado

Obs.: \_\_\_\_\_

Eu, Dr. Alfredo Castamann, orientador (a) do aluno (a), lavrei a presente Ata que segue por mim assinada e pelos demais membros da Banca Examinadora.

Dr. Alfredo Castamann

Orientador

Me. Ulisses Pereira de Mello

Examinador

Dr. Valdecir José Zonin

Examinador

Bruna Leticia Anzolin

Discente



## RESUMO

O solo é a base para qualquer atividade agrícola e é por esse e outros motivos que cada vez mais aumenta a preocupação com a qualidade deste recurso natural. O manejo ecológico oferece medidas alternativas que podem ser tomadas no âmbito da manutenção e recuperação das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo. Para isso, é necessário o manejo adequado das terras, de modo a não comprometer a capacidade produtiva das mesmas. Práticas como a adubação, que visam fortalecer e aumentar a produtividade do solo, fornecendo nutrientes, é uma das mais importantes. Porém, existem várias maneiras de adubar o solo, sendo a adubação orgânica a mais sustentável do ponto de vista ecológico. Existem também fontes alternativas de nutrientes que podem ser utilizadas juntamente com o adubo orgânico, como o uso do pó de rocha que possui solubilização lenta e por isso, quando associado ao adubo orgânico, pode resultar em ganhos de fertilidade e aumento da disponibilidade de nutrientes, principalmente em culturas perenes. Para avaliar, em condições experimentais, o desempenho dessa combinação nas propriedades do solo e no desenvolvimento da erva-mate, foram instalados dois experimentos. Um em casa de vegetação, para avaliar a adubação de plantio e crescimento em mudas de erva-mate plantadas em vasos, com delineamento experimental inteiramente casualizado, aplicando-se diferentes doses de dejetos líquidos de suínos (DLS), (0, 7, 14, 21, 28 m<sup>3</sup>/ha) associadas ou não ao pó de rocha (2 t/ha), com três repetições. Outro experimento avaliou a adubação de formação de copa e foi realizado a campo, em um erval com três anos de idade, onde foi aplicado o pó de rocha (2 t/ha), isolado ou associado às diferentes doses de dejetos líquidos de suínos (0, 11, 23, 35 e 47 m<sup>3</sup>/ha), com delineamento experimental em blocos ao acaso. Cada unidade experimental era formada por três plantas, sendo duas delas referentes à bordadura. Na cultura foi avaliado a área foliar (AF), a altura, o peso seco de folhas, os teores de nitrogênio (N) e fósforo (P) foliar e o diâmetro do colo da planta. Já no solo foi avaliada a acidez ativa (pH em H<sub>2</sub>O e CaCl<sub>2</sub>). Verificou-se que a associação dos tratamentos proporcionou acréscimo no teor de N e na AF, enquanto que para a altura somente o DLS respondeu positivamente nas plantas avaliadas em casa de vegetação. Já a campo, somente houve interação entre os tratamentos com a variável P foliar. A adubação de plantio e crescimento influenciou a altura de planta, o teor de N e a AF, enquanto que a adubação de formação de copa influenciou o teor de P foliar em seu primeiro ano de aplicação.

Palavras-chave: *Ilex paraguariensis*. Adubação orgânica. Pó de rocha. Fertilidade do solo.

## ABSTRACT

Soil is the basis for any agricultural activity and it is for this and other reasons that the concern with the quality of this natural resource increases. The ecological management offers alternative measures that can be taken in the scope of the maintenance and recovery of the physical, chemical and biological properties of the soil, for that it is necessary the appropriate management of the lands, in order not to compromise their productive capacity. Practices such as fertilization, which aim to strengthen and increase soil productivity, providing nutrients, is one of the most important. However, there are several ways to fertilize the soil, with organic fertilization being the most environmentally sustainable. There are also alternative sources of nutrients that can be used in conjunction with organic fertilizer, such as the use of rock solubilization that is slow and therefore when associated with organic fertilizer, can result in fertility gains and increased nutrient availability, especially in perennial crops. To evaluate, under experimental conditions, the performance of this combination in the soil properties and in the development of the plants, two experiments were installed. The first one in a greenhouse to evaluate the fertilization of planting and growth in erva-mate plantlets planted in pots, following the completely randomized design, applying different doses of liquid swine (DLS), (0, 7, 14, 21, 28 m<sup>3</sup> / ha) associated or not to rock dust (2 t / ha), with three replicates. The second experiment evaluated the canopy fertilization and was carried out in a erva-mate at the age of three years, where the rock powder (2 t / ha), isolated or associated to different doses of liquid swine was used (0, 11, 23, 35 and 47 m<sup>3</sup> / ha), following the randomized block design, composed of three plants, two of them referring to the border. The leaf area (AF), height, dry weight, nitrogen (N) and leaf phosphorus (P) contents and soil diameter were evaluated in the crop and soil acidity (pH) was evaluated in H<sub>2</sub>O and CaCl. It was verified that the association of the treatments provided an increase in the N content and in the AF, whereas for the height only the DLS responded positively in the plants evaluated in greenhouse. In the field, there was only interaction between the treatments with the variable P foliar. Fertilization of planting and growth influenced plant height, N content and AF, while canopy fertilization influenced leaf P content in its first year of application.

Key words: *Ilex paraguariensis*. Organic fertilization. Rock dust. Soil fertility.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>8</b>
<b>2. MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>10</b>
<i>Adubação de formação de copa .....</i>	<i>10</i>
<i>Adubação de plantio e crescimento .....</i>	<i>15</i>
<b>3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>15</b>
<i>Adubação de formação de copa .....</i>	<i>15</i>
<i>Adubação de plantio e crescimento.....</i>	<i>19</i>
<b>4. CONCLUSÃO .....</b>	<b>24</b>
<b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>25</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>25</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A cadeia produtiva da erva-mate (*Ilex paraguariensis*) merece destaque no cenário nacional devido à sua contribuição no desenvolvimento regional nas esferas econômica, social e ambiental (BENDER et al., 2014). Atualmente, é uma importante fonte de emprego e renda ao longo de toda sua cadeia produtiva, além de possibilitar a conservação da fisionomia florestal nativa (CHAIMSOHN; SOUZA, 2012; SIGNOR et al., 2015).

A exploração econômica da Erva-mate no Brasil, ocorre em cerca de 486 municípios dos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná e Mato Grosso do Sul, numa área superior a 110 mil hectares, englobando cerca de 180 mil propriedades rurais, a maioria familiares, congregando em torno de 500 indústrias, gerando mais de 700 mil empregos em toda a cadeia produtiva (MEDRADO et al., 2004, EMBRAPA, 2015). Wendling e Santin (2015) afirmam que a *Ilex paraguariensis* é considerada um alimento funcional nos setores farmacêutico e medicinal. No entanto, o setor produtivo da erva-mate carece de informações básicas - como adubação - a respeito do manejo, que podem modificar o potencial de produção e disponibilidade de matéria-prima.

A erva-mate é reconhecida como uma planta rústica, visto que consegue desenvolver-se em solos com baixa fertilidade natural. Esta característica reflete a atual situação do setor ervateiro, onde ainda persiste o modelo de produção extrativista. Entretanto, Wendling e Santin (2015) destacam que em sistemas intensivos esta planta pode ser muito mais exigente nutricionalmente do que tem sido, devido à elevada exportação de nutrientes no momento da colheita. O produto colhido é composto por folhas, galhos finos, botões florais e sementes, o que resulta na ausência de ciclagem natural de nutrientes, e torna o sistema incapaz de manter a sustentabilidade. Esta insustentabilidade é intensificada pelas sucessivas colheitas e resulta em esgotamento da fertilidade do solo, com redução da produtividade do erval, o que conseqüentemente inviabiliza economicamente a atividade de produção, uma vez que no Brasil grande parte dos solos que suportam a produção de erva-mate já estão esgotados (WENDLING; SANTIN, 2015).

A adubação orgânica pode ser utilizada como fonte de reposição dos nutrientes na cultura da erva-mate. Neste contexto, os dejetos líquidos de suínos podem constituir uma fonte de nutrientes, quando aplicados no solo, e podem contribuir com o

desenvolvimento e produtividade das culturas. Tais fontes apresentam em sua composição nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), cobre (Cu), zinco (Zn) e boro (B), o que as qualifica para uso agrícola. Além disso, sua utilização como fonte de nutrientes às culturas constitui uma forma de “descarte”, uma vez que a criação de suínos produz grande quantidade de dejetos com alto potencial poluente (MIYAZAWA; BARBOSA, 2015).

Todavia, os adubos orgânicos podem apresentar proporções desequilibradas de nutrientes (WENDLING; SANTIN, 2015), tornando-se necessário a complementação com outras fontes, dentre as quais o adubo mineral. Deve-se considerar que os adubos minerais solúveis apresentam rápida solubilização e liberação dos nutrientes. Diante disso, os nutrientes solubilizados e que não venham ser absorvidos pelas plantas poderão ser lixiviados ou volatilizados, contaminando os recursos hídricos superficiais e subterrâneos e a atmosfera, dependendo das transformações que podem sofrer o elemento mineral, como é o caso das fontes solúveis de nitrogênio, com prejuízos para a camada de ozônio, e potencializando o efeito estufa (WENDLING; SANTIN, 2015).

Neste contexto, o pó de rocha pode constituir uma alternativa à complementação de adubos orgânicos, visto que este pode fornecer muitos nutrientes simultaneamente – devido à composição variada dos minerais – liberar os nutrientes de forma gradual, e reduzir os riscos de contaminação ambiental, além de ser de baixo custo (MELAMED; MIEKELEY, 2007; PÁDUA, 2012;). Gilkes (2000) destaca que o pó de rocha pode contribuir com efeito residual prolongado, reduzir os custos de produção, devido ao baixo custo de beneficiamento. De acordo com Wendling e Santin (2015) fontes de liberação lenta de nutrientes com efeito prolongado são desejadas na cultura da erva-mate.

Em um experimento que realizou com a cultura da *Eruca sativa*, Brugnera (2012) observou um melhor desenvolvimento da cultura em solo que recebeu aplicação do pó de rocha associado com a cama de frango. O autor concluiu que a cama continha micro-organismos e que esses possibilitaram a solubilização dos elementos no substrato onde esta cultura foi estabelecida.

Alguns autores consideram que o pó de rocha atua como condicionador do solo, ou seja, permitem que outros nutrientes e condições do solo sejam mais equilibrados e que os nutrientes sejam disponibilizados conforme a demanda da cultura. Martins (2010) ressalta que “[...] especialmente em culturas perenes, essas fontes são de

disponibilização lenta. A vantagem disso, em comparação às fontes convencionais, é que o agricultor não precisa ficar repondo os fertilizantes”.

Porém, segundo Cola e Simão (2012), a lenta solubilização e liberação de nutrientes às plantas, quando aplicado o remineralizador, é o principal desafio encontrado na agricultura, tornando esta fonte menos responsiva em períodos de tempo curtos, quando comparada às demais fontes minerais. Para Brugnera (2012), a solubilização envolve um processo relacionado às atividades biológicas, o que pode resultar em menor eficiência, se o emprego desta fonte não for associada às práticas culturais que estimulem a microbiota do solo. Sendo assim, a presença de microrganismos presente no esterco dos animais, sua associação com remineralizadores pode acelerar a decomposição da rocha e, por consequência, a liberação dos nutrientes (FERREIRA et al. 2009).

Este trabalho teve como objetivo avaliar o potencial de utilização de diferentes doses de dejetos líquidos de suínos, associadas ou não ao pó de rocha, como fonte de nutrientes na cultura da Erva-Mate nas fases de plantio e crescimento e formação de copa, e seu efeito sobre os aspectos nutricionais e morfológicos da cultura e alguns atributos químicos do solo.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

Na adubação da erva-mate desde o plantio, trabalha-se com três fases, sendo a primeira de plantio e crescimento, que corresponde até a primeira colheita do erval; a segunda fase é a de formação de copa, que ocorre desde a primeira até a terceira colheita do erval e a fase de produção, que ocorre após a terceira colheita (SBCS, 2016). Neste experimento foram realizadas a adubação de plantio e crescimento e a adubação de formação de copa, cada qual seguindo um método específico de execução que será descrito na sequência.

### ***Adubação de formação de copa***

A adubação de formação de copa foi realizada em um erval localizado em uma propriedade particular, na Linha São Roque, interior do município de Severiano de Almeida (RS), pertencente à região fisiográfica do Alto Uruguai, no norte gaúcho. Neste local, predominam solos das unidades de mapeamento Ciríaco-Charrua que ocorrem em associação e pertencem às ordens dos Chernossolos e Neossolos, respectivamente (EMBRAPA, 2013; STRECK et al., 2018).

A área em que foi implantado o experimento era composta por erva-mate com três anos de idade. Foi realizada caracterização edáfica, por meio da coleta de amostras de solo na camada de 0 a 20 cm (Tabela 1). Cada unidade experimental foi composta por três plantas, duas delas servindo como bordadura, e somente a planta central foi avaliada, compondo uma área de 12 m<sup>2</sup> cada unidade experimental.

Tabela 1. Composição química do solo no local de coleta, Severiano de Almeida – RS, 2018.

<b>Parâmetro</b>	<b>Unidade</b>	<b>Teor</b>
<b>Argila</b>	%	54
<b>pH</b>	-	5,4
<b>Índice SMP</b>	-	5,9
<b>Fósforo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)</b>	mg dm <sup>-3</sup>	2,1
<b>Potássio (K<sub>2</sub>O)</b>	mg dm <sup>-3</sup>	59,0
<b>Matéria Orgânica</b>	%	2,7
<b>Alumínio (Al<sup>+3</sup>)</b>	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	0,0
<b>Cálcio (Ca<sup>+2</sup>)</b>	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	5,2
<b>Magnésio (Mg<sup>+2</sup>)</b>	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	2,9
<b>H + Al</b>	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	4,9
<b>CTC</b>	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	13,2
<b>Saturação por Bases</b>	%	63,0
<b>Saturação por Al</b>	%	0,0

Fonte: Elaborada pela autora

A partir do resultado da análise do solo e da composição do DLS, foram definidos os tratamentos compostos pelas diferentes doses de adubo orgânico, dejetos líquidos de suínos (DLS), equivalentes a 0, 11, 23, 35 e 47 m<sup>3</sup>/ha, associadas ou não com pó de rocha. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso (DBC) e o arranjo dos tratamentos foi em esquema fatorial, doses de esterco líquido de suínos, com ou sem pó de rocha, conforme indicação do Manual de Adubação e Calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (2016) para a cultura da erva-mate. A dose do pó de rocha foi correspondente a 2 t/ha, sendo sua obtenção oriunda de rocha basáltica.

A adubação de formação de copa foi dividida em duas aplicações iguais, sendo a primeira no dia 26 de fevereiro de 2018 e a segunda no dia 26 de setembro do mesmo ano, onde as doses foram distribuídas na projeção da copa das plantas, a uma distância mínima de 40 cm, conforme recomendação do Manual de Adubação e Calagem para os estados do RS e SC (SBCS, 2016), o qual recomenda a aplicação nos meses de janeiro e setembro, porém, a primeira aplicação atrasou devido ao fato de que o erval estava em processo de colheita. O único manejo realizado na cultura foi a roçada com auxílio de um trator Agrale 4118 e roçadeira Lavrale, a fim de controlar a vegetação que cresceu e que serviu de cobertura nas entre linhas, mantendo o solo sempre protegido.

Foram avaliadas as variáveis teor de Nitrogênio (N) e Fósforo (P) foliares, a Área Foliar (AF), o peso seco e o pH do solo. Para determinação do N e P foliares, AF e peso seco, foram coletadas 30 folhas de cada parcela e utilizadas as mesmas metodologias citadas no experimento anterior. Já para a determinação do pH do solo foram coletadas amostras na área útil de cada unidade experimental com o auxílio de um trado calador na camada de 0 a 10 cm. Cada amostra foi composta por duas subamostras, as quais foram secas ao ar e em seguida avaliada a acidez ativa por meio da determinação do pH em água, na relação solo: água 1:1 (TEDESCO et al. 1995), e do pH em  $\text{CaCl}_2$  na relação solo: solução 1:2,5 (EMBRAPA, 2009).

Os resultados foram submetidos à análise de variância, análise de variância da regressão com as doses e teste de comparação de médias com a variável qualitativa (presença ou ausência de pó de rocha), quando o valor da probabilidade foi inferior a 5% ( $p \leq 0,05$ ), com o auxílio do software estatístico SISVAR versão 5.6 (FERREIRA, 2014).

#### ***Adubação de plantio e crescimento***

A adubação de plantio e crescimento foi realizada em mudas recém implantadas de erva-mate e mantidas em casa de vegetação instaladas na área experimental da Universidade Federal a Fronteira Sul (UFFS) – Campus Erechim (RS) correspondente à região fisiográfica do Alto Uruguai, no norte gaúcho a qual predomina a unidade de mapeamento Erechim, classificada como Latossolo Vermelho aluminoférrico húmico (EMBRAPA, 2013; STRECK et al., 2018).

O experimento foi realizado em vasos com capacidade de 8 litros que foram preenchidos com solo coletado na área do *Campus* da UFFS, na camada de 20 cm, os quais passaram por análises de seus atributos físicos e químicos como mostra a Tabela

2. Os vasos foram dispostos de modo aleatório seguindo o modelo de delineamento inteiramente casualizado (DIC) por ser um material relativamente homogêneo e com ambiente controlado.

Tabela 2. Composição química do solo no local de coleta, Erechim – RS, 2018.

<b>Parâmetro</b>	<b>Unidade</b>	<b>Teor</b>
<b>Argila</b>	%	62,00
<b>pH</b>	-	4,80
<b>Índice SMP</b>	-	5,40
<b>Fósforo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)</b>	mg dm <sup>-3</sup>	
<b>Potássio (K<sub>2</sub>O)</b>	mg dm <sup>-3</sup>	180,00
<b>Matéria Orgânica</b>	%	3,31
<b>Alumínio (Al<sup>+3</sup>)</b>	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	0,90
<b>Cálcio (Ca<sup>+2</sup>)</b>	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	5,10
<b>Magnésio (Mg<sup>+2</sup>)</b>	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	3,30
<b>H + Al</b>	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	8,70
<b>CTC</b>	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	9,80
<b>Saturação por Bases</b>	%	51,00
<b>Saturação por Al</b>	%	9,80

Fonte: Elaborada pela autora

A partir dos resultados da análise do solo e da composição do DLS (Tabela 3), foram definidos os tratamentos compostos pelas diferentes doses de adubo orgânico, dejetos líquidos de suínos (DLS), equivalentes a 0, 7, 14, 21, 28 m<sup>3</sup>/ha, associadas ou não ao pó de rocha, com três repetições, em um arranjo de tratamentos em esquema fatorial, doses de dejetos líquidos de suíno com e sem pó de rocha, totalizando 30 unidades experimentais. A definição das doses teve por base as indicações que constam no Manual de Adubação e Calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (2016) para a cultura da erva-mate. A dose do pó de rocha foi correspondente a 2 t/ha, sendo sua obtenção oriunda de rocha basáltica.

Tabela 3. Composição química do DLS utilizado no experimento, Severiano de Almeida – RS, 2018.

<b>Parâmetro</b>	<b>Unidade</b>	<b>Teor</b>
<b>N</b>	kg/m <sup>3</sup>	2,80
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	kg/m <sup>3</sup>	1,60
<b>K<sub>2</sub>O</b>	kg/m <sup>3</sup>	0,00
<b>pH</b>	-	7,70
<b>CE</b>	mS/cm	12,95

Fonte: Elaborada pela autora.

A aplicação da adubação de plantio e crescimento nas mudas recém-implantadas foi realizada no dia 04 de outubro de 2018, em casa de vegetação com ambiente controlado. Foi aplicada a dose cheia, correspondente à aplicação que deveria ser realizada aos 6 meses, devido ao fato de que o experimento precisou ser finalizado antes de completar 1 ano. O único manejo realizado na cultura foi o controle de plantas invasoras nos vasos a partir do arranquio manual, uma vez que a irrigação era automática. Foram utilizadas mudas nativas de erva-mate, nas quais se avaliaram o teor de Nitrogênio (N) e Fósforo (P) Foliar, a Área Foliar (AF), a altura das plantas, o diâmetro de colo e o peso seco.

A determinação da AF foi realizada em 8 folhas de cada planta, com o auxílio de um medidor portátil, modelo CI-203 marca Bioscience, no laboratório MASSA (Manejo Sustentável dos Sistemas Agrícolas) da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS) – *Campus* Erechim. A altura da planta foi medida através do uso de trena (fita graduada), da base até a inserção da última folha e o diâmetro de colo foi medido através do uso de paquímetro digital.

Os teores de N e P Foliare foram realizados em amostra com 30 folhas totalmente expandidas. As amostras foram processadas no Laboratório de Química do Solo da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS) – *Campus* Erechim. Inicialmente foram postas para secar em estufa de circulação forçada de ar à 65°C. Em seguida realizou-se a moagem das folhas em moinho de facas tipo Wille TE-650/1 – Tecnal, a determinação da massa seca das amostras e a digestão por peróxido de hidrogênio (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) e ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), associados à mistura de digestão, para extração dos nutrientes presentes no tecido foliar. Posteriormente foi realizada a destilação e a

titulação para determinação final do N e do P. Os procedimentos analíticos foram realizados com base na metodologia proposta por Tedesco et al. (1995).

Os resultados foram submetidos à análise de variância, análise de variância da regressão com as doses (variável quantitativa) e teste de comparação de médias com a variável qualitativa (presença ou ausência de pó de rocha), quando o valor da probabilidade foi inferior a 5% ( $p \leq 0,05$ ), com o auxílio do software estatístico SISVAR versão 5.6 (FERREIRA, 2014).

### **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Neste tópico serão apresentados os resultados obtidos a partir da aplicação do DLS, associado ou não ao pó de rocha, como fonte de nutrientes para a cultura da erva-mate nas fases de formação de copa e plantio e crescimento, respectivamente.

#### ***Adubação de formação de copa***

Não foi possível observar de forma clara as respostas das variáveis: teor de N Foliar, AF, peso seco e pH do solo com a aplicação de doses crescentes de DLS, associado ou não ao pó de rocha, conforme apresenta a Tabela 4. Tal comportamento pode ser explicado pelo fato de que o estudo foi implantado em uma área produtiva e não em uma unidade experimental, ou seja, o erval já possuía 3 anos e por isso as plantas não eram uniformes, além de não ter sido possível o controle sobre as variáveis climáticas. Por esses motivos, os resultados apresentaram um alto coeficiente de variação (CV%).

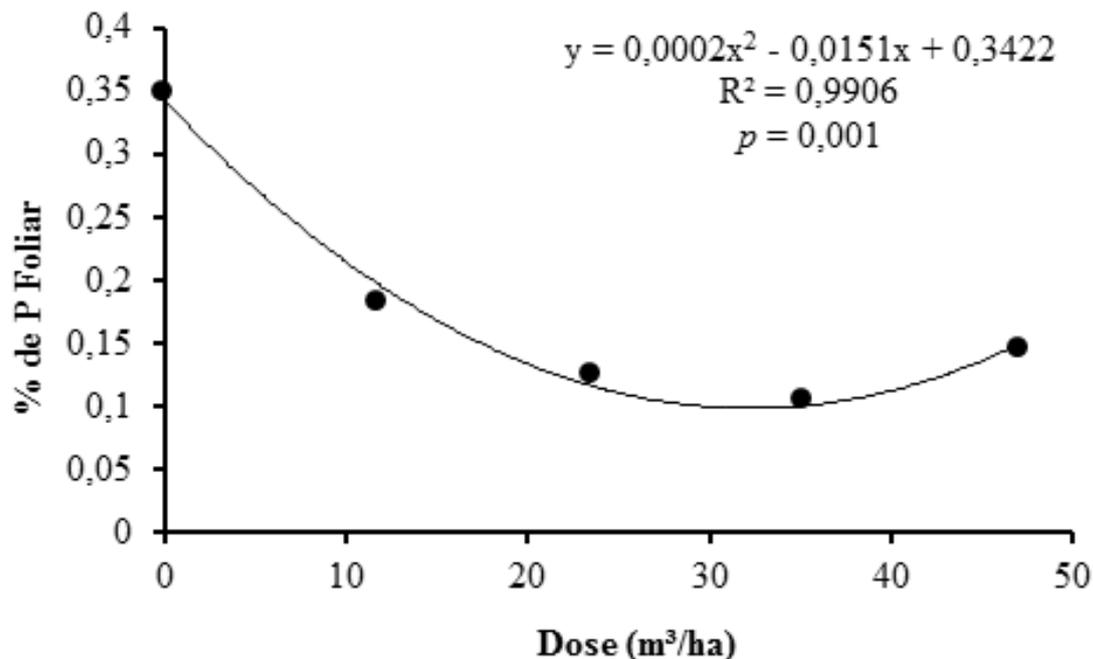
Tabela 4. AF, teor de N foliar, pH em H<sub>2</sub>O, pH em CaCl<sup>2</sup> e peso seco em função da aplicação de DLS associado ou não ao pó de rocha, na cultura da erva-mate. Severiano de Almeida – RS, 2019.

Dose DLS (m <sup>3</sup> /ha)	Tratamentos (2 t/ha)	Variáveis				
		AF (cm <sup>2</sup> )	Teor de N Foliar (%)	pH em H <sub>2</sub> O	pH em CaCl <sup>2</sup>	Peso Seco (g)
0,00	SEM	6498,8	3,9	4,0	3,9	7,2
	COM	6018,5	3,1	4,3	4,0	6,0
11,80	SEM	4635,3	3,9	3,9	3,8	8,0
	COM	10131,1	3,3	4,0	3,9	8,7
23,50	SEM	8602,8	4,0	3,9	3,8	8,3
	COM	11144,0	4,1	4,1	3,9	8,4
35,20	SEM	10332,3	3,1	4,0	3,9	9,4
	COM	14420,4	3,5	3,9	3,8	9,6
47,00	SEM	15253,6	2,9	3,9	3,8	5,3
	COM	5666,2	3,4	4,0	3,7	7,8

Fonte: Elaborada pela autora.

Em relação a variável teor de P foliar, o aumento das doses de DLS associadas ao pó de rocha resultou em redução nos teores observados até a dose de 35,2 m<sup>3</sup>/ha e em seguida um pequeno aumento (Figura 1). Tal comportamento se deve ao fato de que o P é facilmente adsorvido pelos colóides do solo, o que o torna indisponível para absorção rápida da planta, e que isto pode ter sido influenciado pela presença do pó de rocha, atrasando a liberação do nutriente oriundo da rocha basáltica, e que pode ter ocorrido uma maior solubilização com a aplicação da maior dose do DLS. Além disso, o teor de N apresentado na composição do DLS foi superior ao teor de P, fator que resulta no rápido crescimento vegetativo, mas que causa um efeito de diluição nos teores de P foliares.

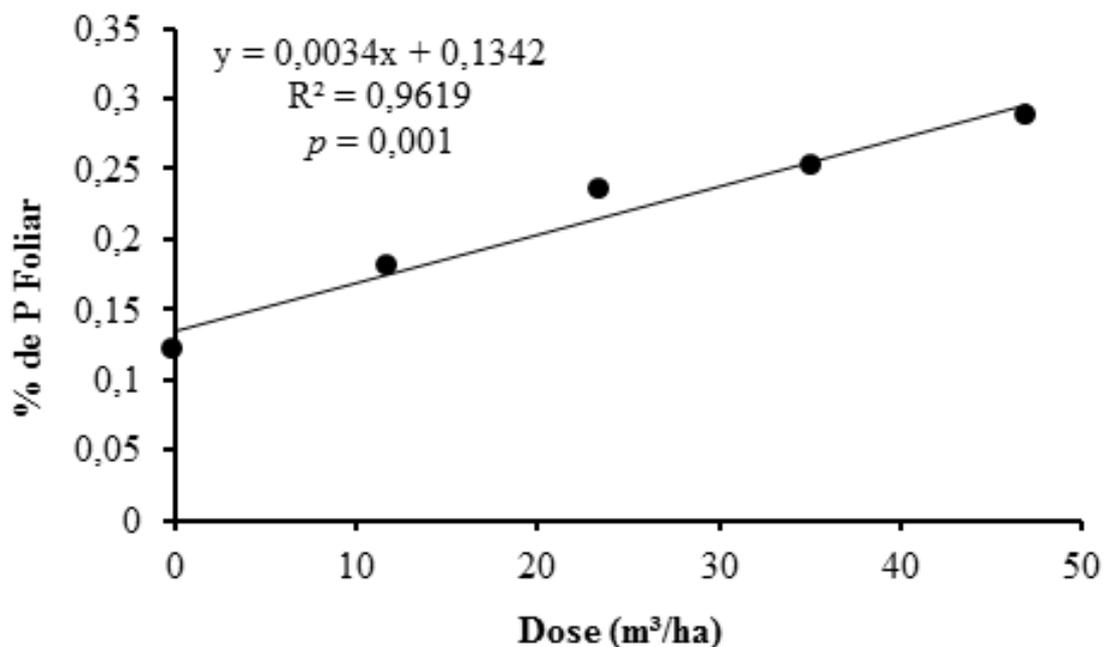
Figura 1. Teor de P Foliar (%) em função das doses de DLS (m<sup>3</sup>/ha) com pó de rocha. Severiano de Almeida – RS, 2019.



Fonte: Elaborada pela autora.

Quando aplicadas as doses de DLS de forma isolada, ou seja, sem o pó de rocha, a resposta para o teor de P foliar nas plantas foi positiva, com um aumento linear (Figura 2). Fabbris (2013) em seu estudo com aplicação de DLS nas culturas da aveia branca e aveia preta observou também um acúmulo nos teores de P da parte aérea das plantas, respondendo linearmente aos tratamentos. Nunes (2016) salienta que o fósforo depende de fatores específicos para ser absorvido pelas plantas, como a acidez do solo e o excesso de Al. No caso desta pesquisa, o solo em que se encontrava o erval apresentou pH de 5,4 e Saturação por Al de 0,0%, características positivas que explicam a maior disponibilidade de P no tecido foliar da erva-mate.

Figura 2. Teor de P Foliar (%) em função da aplicação de DLS (m<sup>3</sup>/ha) sem pó de rocha. Severiano de Almeida – RS, 2019.



Fonte: Elaborada pela autora.

Na Tabela 5 estão apresentados os dados resultantes da interação entre o DLS e o pó de rocha, onde na dose de 11,8 m<sup>3</sup>/ha do adubo orgânico não resultou significado para ambos os tratamentos. Para as demais doses, a média apresentada mostra que a aplicação do DLS de maneira isolada, ou seja, sem o pó de rocha, obteve resultado melhor para a cultura da erva-mate.

Tabela 5. Teor de P Foliar (%) na erva-mate em função a interação do DLS (m<sup>3</sup>/ha) com o pó de rocha, e valores médios. Severiano de Almeida – RS, 2019.

Tratamentos	Teor de P Foliar (%)					Média
	Doses de Dejeito Líquido de Suínos (m <sup>3</sup> /ha)					
	0	11,8	23,5	35,2	47	
Sem Pó de Rocha	0,12 b	0,18 <sup>ns</sup>	0,23 a	0,25 a	0,29 a	0,21 a
Com Pó de Rocha	0,35 a	0,18	0,12 b	0,10 b	0,14 b	0,18 b
C.V. (%)	15,24					

<sup>ns</sup>: Não significativo.

Fonte: Elaborada pela autora.

### *Adubação de plantio e crescimento*

A aplicação de doses crescentes de DLS, associado ou não ao pó de rocha, não influenciou as respostas das variáveis: teor de P foliar, diâmetro de colo e peso seco, conforme pode se observar nos resultados apresentados na tabela 6. Mesmo tendo recebido a dose cheia da adubação de plantio e crescimento, as mudas ficaram sob condições experimentais por um curto período de tempo, apenas 6 meses, o que impossibilitou que as plantas pudessem assimilar todos os nutrientes disponíveis de forma a promover a melhoria de algumas características como o peso seco e o diâmetro de colo.

Alguns nutrientes como o P dependem de fatores específicos para serem assimilados pelas plantas, como a acidez e a umidade do solo (NUNES, 2016). Em solos ácidos que apresentam elevado teor de alumínio (Al) o P torna-se pouco disponível para as plantas (NUNES, 2016), como é o caso do solo utilizado neste estudo, que apresentou pH de 4,8 e Saturação por Al de 9,8%. Além disso, a concentração de N no DLS é maior que a concentração de P, fator que pode resultar em aumento na altura da planta e tamanho da folha e conseqüente diluição do teor de P foliar.

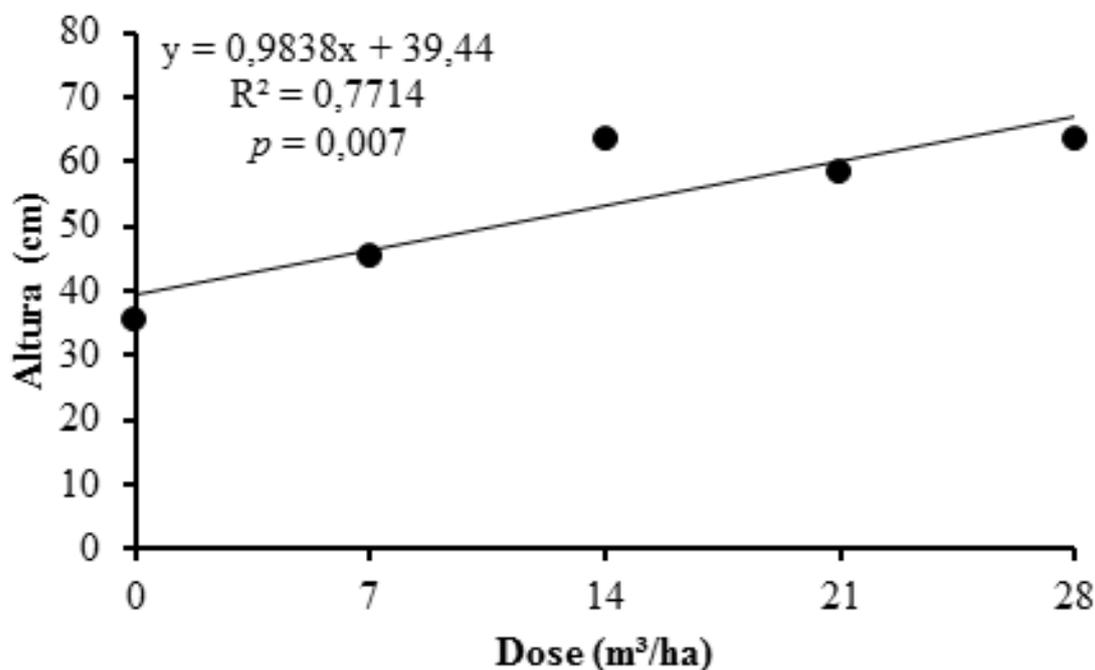
Tabela 6. Diâmetro de colo, teores de P foliar e peso seco em função da aplicação de DLS, associado ou não ao pó de rocha, na cultura da erva-mate. Erechim – RS, 2019.

Doses DLS (m <sup>3</sup> /ha)	Tratamentos (2 t/ha)	Variáveis		
		Diâmetro de colo (mm)	P Foliar (%)	Peso Seco (g)
<b>0,00</b>	SEM	7,87	1,05	0,38
	COM	8,74	0,83	0,73
<b>7,00</b>	SEM	8,10	1,96	0,79
	COM	8,19	0,96	0,41
<b>14,00</b>	SEM	9,80	1,87	0,93
	COM	8,52	1,61	0,69
<b>21,00</b>	SEM	6,10	1,10	0,42
	COM	8,11	0,51	0,32
<b>28,00</b>	SEM	6,89	0,97	0,55
	COM	10,15	0,79	0,35

Fonte: Elaborada pela autora.

Em relação a variável altura de plantas, pode-se observar que as doses aplicadas resultaram em efeito linear e crescente (Figura 3), como observado nos estudos realizados com cultura do milho por Venturin (2017) e Bócoli (2014), que constataram respostas lineares positivas.

Figura 3. Altura das plantas (cm) em função das doses de DLS (m<sup>3</sup>/ha) aplicadas isoladamente. Erechim – RS, 2019.



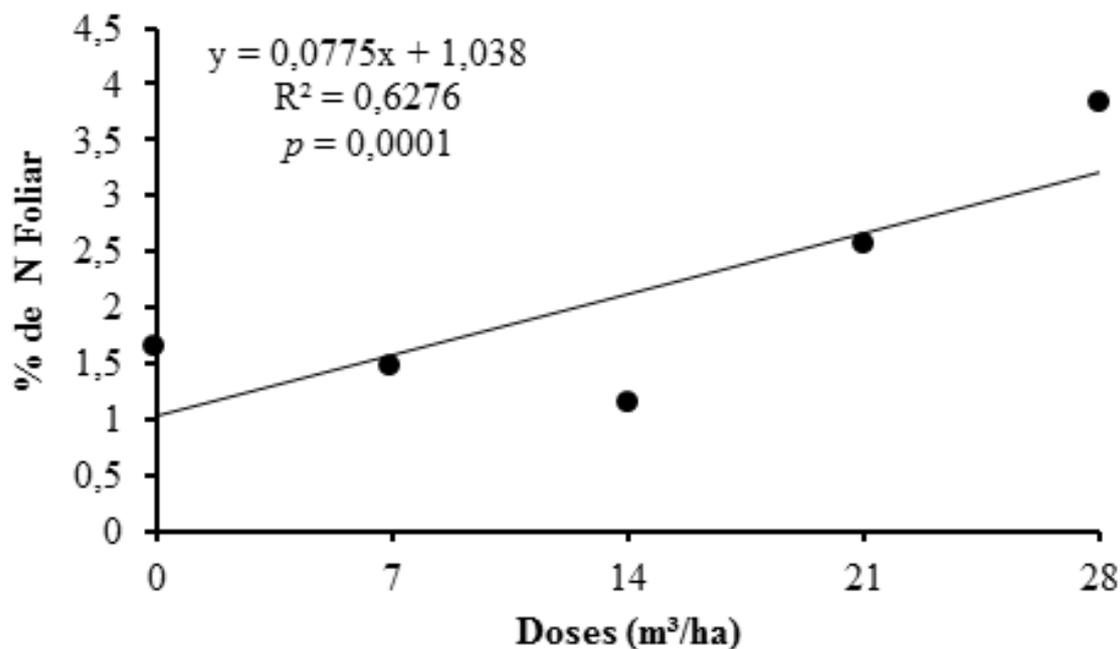
Fonte: Elaborada pela autora.

Quanto ao teor de N foliar, houve acréscimo conforme aumentaram as doses de DLS de forma isolada, ou seja, sem aplicação do pó de rocha (Figura 4). Estes resultados são corroborados com Gotz et al. (2017), em seu experimento com esterco bovino na cultura do trigo, que, quando aplicado sem o remineralizador (pó de rocha), também resultaram em aumento nos teores de N foliar.

Scherer (1995) observou este comportamento que pode ser explicado pelo fato de que o nitrogênio se encontra nos dejetos em sua forma prontamente assimilável ( $\text{NH}_4^+$ ) pela planta, o que facilita que ele seja absorvido e aproveitado mais rapidamente. Estes resultados foram observados também por Giacomini e Aita (2008) em seu estudo com aplicação de diferentes adubos na cultura do milho, onde observaram que o dejetos líquido resultou na adição de três vezes mais N amoniacal

(NH<sup>4+</sup>) ao solo em comparação com os demais tratamentos, comprovando o potencial deste adubo orgânico para o fornecimento de N às culturas.

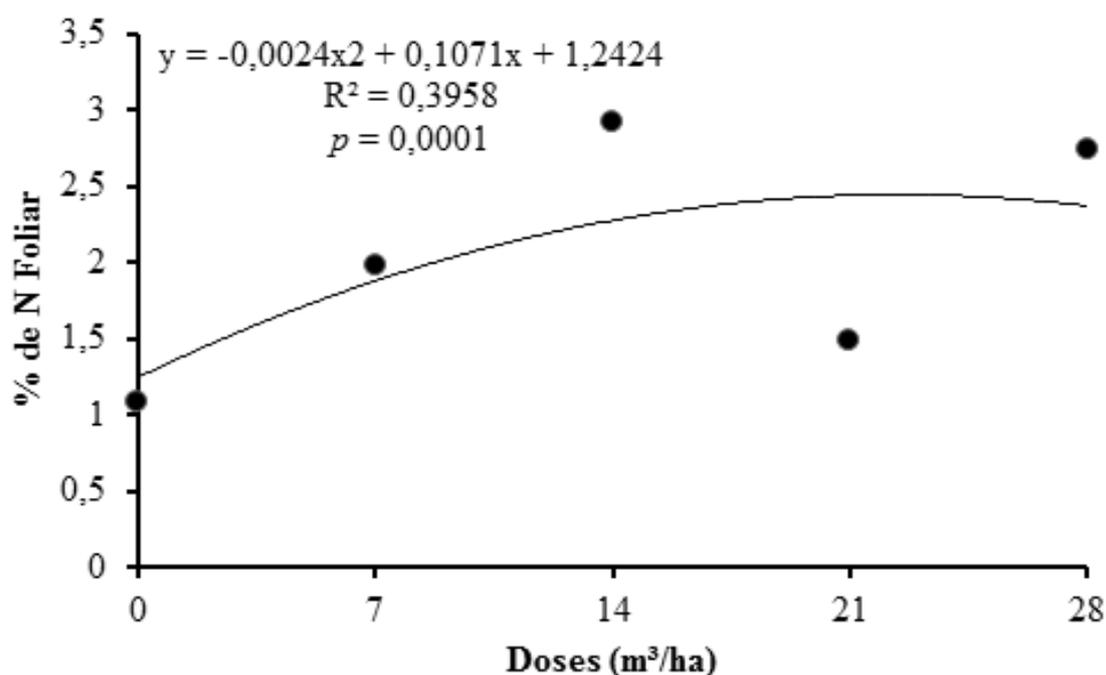
Figura 4. Teores de N Foliar (%) em função das doses de DLS (m<sup>3</sup>/ha) sem pó de rocha. Erechim – RS, 2019.



Fonte: Elaborada pela autora.

Já a aplicação das doses de DLS associadas ao pó de rocha (2 t/ha) resultou em um acréscimo linear no teor de N foliar até a dose de 14 m<sup>3</sup>/ha do adubo orgânico, seguido de um decréscimo a partir da dose de 21 m<sup>3</sup>/ha (Figura 5), que também ocorreu em relação a variável altura de planta. Esse primeiro resultado pode ser explicado pelo fato de adicionar junto ao pó de rocha o dejetos líquido de suínos que possui na sua composição microrganismos e soluções ácidas que auxiliam na solubilização dos nutrientes liberando-os para o solo. A eficiência dada pela presença de materiais orgânicos ricos em microrganismos em acelerar o processo de solubilização do pó de rocha já foi constatada por Rosa (2007) e por Malavolta (1980), que pode ter ocorrido em consequência da ação de ácidos orgânicos na solubilização.

Figura 5. Teores de N Foliar (%) em função das doses de DLS (m<sup>3</sup>/ha) com pó de rocha. Erechim – RS, 2019.



Fonte: Elaborada pela autora.

Na Tabela 7 pode-se observar a variação que ocorreu entre as doses (0, 7, 14, 21 e 28 m<sup>3</sup>/ha) do DLS quando associado ao pó de rocha (2 t/ha) e quando aplicado isolado sobre o teor de N foliar. A partir das médias obtidas para os dois tratamentos, observa-se que quando aplicado o adubo orgânico isolado, sem o pó de rocha, há uma resposta melhor da cultura em termos de N foliar do que quando aplicados juntos, fato que pode ser evidenciado em três tratamentos.

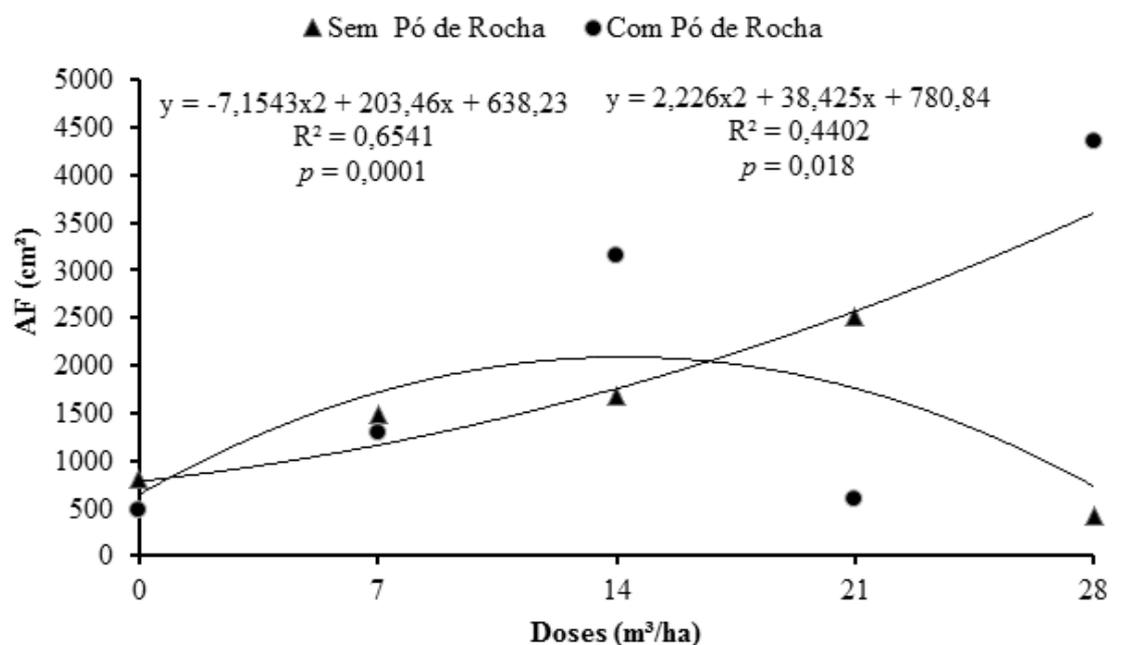
Tabela 7. Teor de N Foliar (%) na cultura da Erva-Mate em função da interação do DLS (m<sup>3</sup>/ha) e do pó de rocha, e valores médios. Erechim – RS, 2019.

Tratamentos	N Foliar (%)					Média
	Doses de Dejetos Líquidos de Suínos (m <sup>3</sup> /ha)					
	0	7	14	21	28	
Sem Pó de Rocha	1,65 a	1,47 b	1,13 b	2,56 a	3,81 a	2,12 a
Com Pó de Rocha	1,08 b	1,98 a	2,91 a	1,48 b	2,74 b	2,04 b
C.V. (%)	1,90					

Fonte: Elaborada pela autora

Em relação à AF, pode-se constatar a interação entre os fatores, DLS e pó de rocha, sendo que as melhores respostas foram apresentadas pelas plantas que receberam ambos os tratamentos, as quais apresentaram valores de AF de até 4361,5 cm<sup>2</sup> (Figura 6). Esse resultado pode ser explicado pelo fato do incremento microbiológico conferido pelo adubo orgânico que faz com que o remineralizador (pó de rocha) sofra maior solubilização e disponibilize nutrientes para a planta de forma mais rápida, conforme foi observado por Brugnera (2012) no tamanho de plantas de rúcula adubadas com pó de rocha e cama de frango.

Figura 6. AF (cm<sup>2</sup>) em função da aplicação de DLS (m<sup>3</sup>/ha) com e sem pó de rocha. Erechim – RS, 2019.



Fonte: Elaborada pela autora.

Na Tabela 8 estão apresentados os dados referentes à interação entre o DLS e o pó de rocha. Com as doses de 0 e 7 m<sup>3</sup>/ha do adubo orgânico não houve efeito da aplicação do pó de rocha. Já com as demais doses do DLS, os resultados indicam que a aplicação do pó de rocha resultou em valores de AF melhores para a cultura.

Tabela 8. AF na cultura da Erva-Mate em função a interação do DLS com o pó de rocha, e valores médios do efeito isolado. Erechim – RS, 2019.

Tratamentos	Área Foliar (cm <sup>2</sup> )					Média
	Doses de Dejeito Líquido de Suínos (m <sup>3</sup> /ha)					
	0	7	14	21	28	
Sem Pó de Rocha	814,49 <sup>ns</sup>	1494,22 <sup>ns</sup>	1679,76 b	2512,93 a	414,93 b	1383,3 b
Com Pó de Rocha	484,03	1289,77	3143,35 a	587,54 b	4361,49 a	1973,2 a
C.V. (%)	16,14					

<sup>ns</sup>: Não significativo.

Fonte: Elaborada pela autora.

A aplicação de pó de rocha basáltica apresentou pequenas mudanças nos atributos químicos do solo avaliados, fator este que pode ser atribuído ao pouco tempo de condução do experimento, visto que esta fonte é de lenta solubilidade, o que está de acordo com os resultados observados por Silva et al. (2008) em estudo com doses de basalto e resíduos orgânicos e seus efeitos sobre os aspectos químicos e microbiológicos de um subsolo exposto e sobre o crescimento de *Astronium fraxinifolium* Schott.

#### 4. CONCLUSÃO

A adubação de plantio e crescimento não influenciou o teor de P foliar, o diâmetro de colo e a massa seca das plantas avaliadas. Já em relação à altura de planta, ao teor de N foliar e à AF ocorreram respostas tanto com a aplicação do DLS de forma isolada quanto associada com o pó de rocha.

A adubação de formação de copa não influenciou o teor de N Foliar, a AF, a massa seca de folhas e o pH do solo. O teor de P foliar foi influenciado pela associação dos tratamentos e também pela aplicação isolada do DLS, sendo esta a que conferiu melhor resultado na cultura da erva-mate.

#### 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Recomenda-se a continuidade de pesquisas, com período de tempo maior, para possibilitar uma maior solubilização do pó de rocha e a liberação dos nutrientes a partir desta fonte no solo, pois a disponibilidade em larga escala de ambas as fontes utilizadas neste trabalho, poderá contribuir com a diminuição de impactos ambientais e o com o desenvolvimento sustentável.

A erva-mate, por ser uma cultura perene, pode ser especialmente beneficiada por esse tipo de adubação, a qual pode vir a melhorar e garantir a fertilidade do solo ao longo do tempo, diminuindo a necessidade de se adubar constantemente, tornando-se economicamente viável, socialmente justa e ecologicamente correta.

## REFERÊNCIAS

- BENDER, A. T.; NERIS, J. B.; BÖTTCHER, P. Importância econômica da cultura da erva mate. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 22., 2014, Ijuí. **Anais...** Ijuí: Salão do Conhecimento, 2014.
- BRUGNERA, R. L. **Avaliação do uso de pó de rocha basáltica como fertilizante alternativo na cultura da rúcula**. Projeto de trabalho final de graduação - Faculdade Dinâmica de Cataratas. Foz do Iguaçu, 2012.
- 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. 2012. 128 p.
- COLA, G. P. A.; et al. 2012. Rochagem como forma alternativa de suplementação de potássio na agricultura agroecológica. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**. Mossoró – RN, v. 7, n. 1, p. 15-27, mar. 2012.
- EMBRAPA**. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Sistema de Produção da Erva Mate. Soluções tecnológicas. Embrapa Florestas, Colombo, PR, 2015.
- FERREIRA DF. 2014. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciências e agrotecnologia** **38**: p. 109-112.
- FERREIRA, T. N.; et al. V. **Solos: manejo integrado e ecológico – elementos básicos**. Porto Alegre: EMATER/RS, 2000.
- GIACOMINI, S. J.; AITA, C. Cama sobreposta e dejetos líquidos de suínos como fonte de nitrogênio ao milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa. v. 32, n. 1, p. 195-205, 2008.
- GOTZ, L. F. **Uso de remineralizador e esterco bovino em solo cultivado com trigo**. Erechim: 2017.
- JACQUES, R. A. **Caracterização química da erva mate (*Ilex paraguariensis*): aplicação de diferentes processos de extração e influência das condições de plantio sobre a composição química**. 2005. Tese (Doutorado em Química) – Programa de Pós-Graduação em Química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.
- MALAVOLTA, E. **Elementos de Nutrição mineral de Plantas**. Piracicaba: Ceres, 1980. 215p.
- MEDRADO, M. J. S.; GRIGOLETTI JUNIOR, A.; STURION, J. A.; CORRÊA, G.; SOARES, C. M. S.; MOSELE, S. H. **Proposta de Modelo de Organização da Pesquisa Agrícola no Setor Ervateiro do Brasil (Documento 95)**. EMBRAPA FLORESTAS, Colombo, PR, 2004. 32 p.

MELAMED, R.; et al. **Pó-de-rocha como fertilizante alternativo para sistemas de produção sustentáveis em solos tropicais. Série estudos e documentos – SED-72**, [S.l.] 2007.

MIYAZAWA, M.; et al. **Dejeto Líquido de suíno como fertilizante orgânico: método simplificado**. Londrina: IAPAR, 2015.

PÁDUA, E. J de. **Rochagem como adubação complementar para culturas oleaginosas**. 2012. 92 f. Dissertação (Mestrado em fertilidade do solo e nutrição de plantas) – Programa de pós-graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal de Lavras. 2012. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012.

PANDOLFO, C. M.; et al. Resposta da erva-mate (*Ilex paraguariensis*) à adubação mineral e orgânica em um latossolo vermelho aluminoférrico. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 13, n. 2, p 37-45, set. 2003.

ROSA, M.M. et al. **WORKSHOP DE GRUPO DE PESQUISA**, 3., 2007, São Carlos. Anais... São Carlos: UFSCar, v. 3, p. 2580, 2007

SCHERER, E. E. **Aproveitamento do esterco de suínos como fertilizante**. Chapecó: CEPAF/EPAGRI, 1995.

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, E. A.; et al. Efeitos da rochagem e de resíduos orgânicos sobre aspectos químicos e microbiológicos de um solo exposto e sobre crescimento de *Astronium fraxinifolium* Schott. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 32, n. 2, p. 323-333, fev. 2008.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO / Núcleo Regional Sul. **SBCS / NRS: Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. [s. l.]: Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS/SC, 2016. 376 p.: il

STRECK, V. E.; et al. **Solos do Rio Grande do Sul**. 3.ed. – Porto Alegre: EMATER/RS-ASCAR, 2018. 222 p.

TEDESCO, M. J.; et al. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. 2. ed. Porto Alegre: Departamento de Solos. UFRGS, 1995.

TRANI, P. E.; et al. **Adubação orgânica de hortaliças e frutíferas**. São Paulo: IAC, 2013.

WENDLING, I.; SANTIN, D. **Propagação e nutrição de erva-mate**. 1. ed. Brasília: EMBRAPA, 2015.