

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**

**GABRIELA KUHN MARCHIORO**

**CONDICIONADOR DE SOLO DESENVOLVIDO A PARTIR DE PÓ DE ROCHA E  
DEJETOS BOVINOS**

**PATO BRANCO**

**2021**

**GABRIELA KUHN MARCHIORO**

**CONDICIONADOR DE SOLO DESENVOLVIDO A PARTIR DE PÓ DE ROCHA E  
DEJETOS BOVINOS**

**Soil conditioner developed from rock dust and bovine deject**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Agronomia do Curso de Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientador: José Ricardo da Rocha Campos

**PATO BRANCO  
2021**



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

**GABRIELA KUHN MARCHIORO**

**CONDICIONADOR DE SOLO DESENVOLVIDO A PARTIR DE PÓ DE ROCHA E  
DEJETOS BOVINOS**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação  
apresentado como requisito para obtenção do título  
de Bacharel em Agronomia do Curso de Agronomia  
do *Campus* Pato Branco da Universidade  
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Data de aprovação: 26 de outubro de 2021

---

José Ricardo da Rocha Campos  
Doutor em Solos e Nutrição de Plantas  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

---

Jorge Jamhour  
Doutor em Agronomia  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

---

Uidemar Morais Barral  
Doutor em Produção Vegetal  
Universidade de Brasília, Instituto de Geociências

**PATO BRANCO**

**2021**

Dedico este trabalho aos meus pais, ao meu noivo e aos amigos que conquistei durante esta trajetória, sempre me apoiando e ajudando na medida do possível.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço imensamente a Deus pelo dom da vida e por ter me permitido chegar até aqui. Agradeço aos meus pais Dulce e Arlei pelo incentivo, pela oportunidade e ajuda, seja ela financeira ou emocional.

Agradeço ao meu noivo Everton Felipe pelo apoio, incentivo, pelo ombro amigo e, principalmente, por ter acreditado no meu potencial, pela paciência nos momentos de desespero e não ter me deixado “chutar o balde”.

Agradeço aos amigos que fiz durante esta trajetória, principalmente, Kelvin, Marlon, Márcia, Evelin e José Carlos, por todo o companheirismo e cooperação.

Agradeço ao professor Jorge Jamhour pela oportunidade de monitoria, e todo o conhecimento transmitido.

Agradeço ao professor José Ricardo pela orientação deste trabalho, pelo conhecimento compartilhado e pela paciência ao longo desse percurso.

Agradeço também ao LabSolos pelo auxílio na construção do conhecimento e nas análises efetuadas para esse trabalho.

## RESUMO

O estado do Paraná conta com um rebanho bovino de, aproximadamente, 2.3 milhões animais, responsáveis por uma alta produção de dejetos que, na maioria das propriedades, não recebem um destino adequada. Estes dejetos são fontes naturais de nitrogênio e fósforo e podem ser utilizados como fertilizantes dentro da própria propriedade, o que contribui com o aumento da sustentabilidade da produção leiteira. Neste sentido, o presente trabalho teve como objetivo desenvolver um condicionador de solo de baixo custo e eficiência agrônômica satisfatória a partir de esterco bovino e diferentes fontes de fósforo para potencializar a eficiência do produto. O trabalho foi conduzido em casa de vegetação na Universidade Tecnológica Federal do Paraná - campus de Pato Branco – PR. O esterco foi coletado propriedade de agricultura familiar no município de Mangueirinha. Para a produção dos condicionadores de solo, foram adicionados ao esterco, gesso agrícola e diferentes fontes de P, definidas de acordo com a concentração total deste elemento na fonte em questão: i) pó de rocha basáltica, ii) fosfato natural reativo, iii) termofosfato e iv) superfosfato simples. Após passar por um processo de fermentação de, aproximadamente, 60 dias, o produto teve sua eficiência agrônômica testada, tendo o milho como planta teste. O experimento foi plantado em vasos com capacidade para 4 kg de solo, preenchidos com Latossolo Vermelho distrófico típico peneirado e corrigido o pH com calcário calcítico. A colheita foi realizada 45 dias pós semeadura. Foi realizado medidas de altura de planta e diâmetro de colmo, massa seca da parte aérea e da raiz, bem como, análises dos teores de P e N das respectivas partes. No presente estudo, a fonte de P que promoveu maiores resultados para Comprimento da Parte Aérea, Diâmetro do Colmo e Massa Seca da parte Aérea na cultura do milho foi o fosfato natural reativo. Para a variável MSR as fontes de P não diferem entre si.

**Palavras-chave:** esterco; basalto; condicionador; solo.

## ABSTRACT

The state of Paraná has a bovine herd of approximately 2.3 million animals, responsible for a high production of manure which, in turn, in most properties do not receive an adequate destination. These wastes are natural sources of nitrogen and phosphorus, they can be used as fertilizers within the property, which contributes to increasing the sustainability of dairy production. In this sense, this study aimed to develop a soil conditioner with low cost and satisfactory agronomic efficiency from cattle manure and different sources of phosphorus to enhance the efficiency of the product. The study was conducted in a greenhouse at the Federal Technological University of Paraná - campus of Pato Branco - PR. Manure was collected from family farms in the municipality of Manguaçu - PR. For the production of soil conditioners, gypsum and different sources of phosphorus were added to the manure: i) basaltic rock powder, ii) thermophosphate, iii) thermophosphate and iv) simple superphosphate, constituting 4 treatments. After going through a fermentation process and reducing humidity, the final product was tested, using corn as a test plant to assess the agronomic efficiency of the products. The experiment was planted in pots with a capacity of 4 kg of soil, filled with sieved typical dystrophic Red Latosol and corrected for pH with calcitic limestone. Harvest was carried out 45 days after sowing. Measurements of plant height and stem diameter were carried out, after drying, the dry mass of shoot and root was weighed, as well as analyzes of phosphorus and nitrogen contents of the respective parts. The mixture of rock dust, cattle manure and agricultural gypsum obtained satisfactory results even though it did not have the highest results in the evaluated variables.

**Keywords:** manure; basalt; conditioner; soil.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Baldes de compostagem do esterco com adição das fontes fosfatadas e do gesso agrícola. UTFPR, Pato Branco-PR, 2021.....	21
Figura 2 – Croqui do experimento (onde T se lê tratamento; R se lê repetição e C se lê controle). UTFPR, Pato Branco-PR, 2021.....	22
Figura 3 – Vasos com plantas remanescentes após o raleio. UTFPR, Pato Branco-PR, 2021.....	22
Figura 4 – A: lavagem das raízes; B: secagem do material em estufa. UTFPR, Pato Branco-PR, 2021.....	23
Figura 5 – Deficiência de fósforo aos 26 dias após a semeadura, no tratamento controle. UTFPR, Pato Branco-PR, 2021.....	33



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Quantidades e fontes de fósforo definidas para 4 kg de esterco bovino. UTFPR, Pato Branco-PR, 2021.....	20
Tabela 2 – Atributos químicos do solo utilizado no experimento. UTFPR, Pato Branco-PR, 2021.....	21
Tabela 3 – Atributos químicos dos condicionadores formulados. UTFPR, Pato Branco-PR, 2021.....	24
Tabela 4 – Quadrados médios dos componentes comprimento de parte aérea (CPA), Diâmetro do colmo (DC), Massa seca da raiz (MSR) e Massa seca da parte aérea (MSA). UTFPR, Pato Branco-PR, 2021.....	25
Tabela 5 – Teste de tukey para comprimento de parte aérea (CPA (cm)), Diâmetro do colmo (DC (mm)), Massa seca da parte aérea (MSA (g)) e Massa seca da raiz (MSR(g)). UTFPR, Pato Branco-PR, 2021.....	26
Tabela 6 – Quadrados médios dos componentes nitrogênio parte aérea (N), fósforo parte aérea (P), potássio parte aérea (K), nitrogênio raiz (N), fósforo raiz (P) e potássio raiz (K). UTFPR, Pato Branco-PR, 2021.....	31
Tabela 7 – Teste de Tukey para as análises químicas de fósforo raiz (P raiz) e potássio raiz (K raiz). UTFPR, Pato Branco-PR, 2021.....	31

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

C/N	Relação carbono nitrogênio
CPA	Comprimento de parte aérea
CTC	Capacidade de troca de cátions
DC	Diâmetro de colmo
DNA	Ácido Desoxirribonucleico
FH	Fertilizante Heringer de pastagens
pastagens	
K raiz	Potássio na raiz
MSA	Massa seca da parte aérea
MSR	Massa seca da raiz
P raiz	Fósforo na raiz
pH	Potencial hidrogeniônico de uma solução
PIB	Produto Interno Bruto
PR	Unidade da Federação – Paraná
RNA	Ácido ribonucleico
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná

## LISTA DE SÍMBOLOS

@	Arroba
$\text{Al}_2\text{O}_3$	Óxido de alumínio
$\text{CaO}$	Óxido de cálcio
Cm	Centímetros
$\text{CuO}$	Óxido de Cobre
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	Óxido férrico
g	Gramas
K	Potássio
$\text{K}_2\text{O}$	Óxido de potássio
Kg	Quilogramas
$\text{MgO}$	Óxido de magnésio
mm	Milímetros
$\text{MnO}$	Óxido de manganês
N	Nitrogênio
$\text{Na}_2\text{O}$	Óxido de sódio
$\text{NH}_3$	Amônia
P	Fósforo
$\text{P}_2\text{O}_5$	Pentóxido de difósforo
$\text{SiO}_2$	Dióxido de silício
$\text{TiO}_2$	Dióxido de titânio
$\text{ZnO}$	Óxido de zinco
°C	Graus célsius

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>12</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>14</b>
<b>2.1</b>	<b>Geral.....</b>	<b>14</b>
<b>2.2</b>	<b>Específicos.....</b>	<b>14</b>
<b>3</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>15</b>
<b>3.1</b>	<b>Produção de resíduos e o potencial para agricultura.....</b>	<b>15</b>
<b>3.2</b>	<b>Condicionadores de solo.....</b>	<b>16</b>
<b>3.3</b>	<b>Rochagem e uso de fertilizantes no Brasil.....</b>	<b>17</b>
<b>3.4</b>	<b>Fósforo.....</b>	<b>18</b>
<b>4</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>20</b>
<b>4.1</b>	<b>Preparação do condicionador de solo.....</b>	<b>20</b>
<b>4.2</b>	<b>Instalação e avaliação do experimento com o milho.....</b>	<b>21</b>
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>24</b>
<b>5.1</b>	<b>Análises dos componentes de rendimento.....</b>	<b>25</b>
5.1.1	Comprimento de parte aérea (CPA).....	26
5.1.2	Diâmetro de colmo (DC).....	27
5.1.3	Massa seca da parte aérea (MSA).....	28
5.1.4	Massa Seca das raízes (MSR).....	29
<b>5.2</b>	<b>Análises químicas.....</b>	<b>30</b>
5.2.1	Fósforo raiz.....	32
5.2.2	Potássio raiz.....	33
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>35</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>36</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Em 2019, o rebanho bovino brasileiro era composto por cerca de 213.6 milhões de animais, sendo que deste total, cerca de 9.5 milhões de animais estavam no estado do Paraná. Do rebanho paranaense podemos destacar que 2.3 milhões de animais estão diretamente envolvidos na produção leiteira (ABIEC, 2020).

Um dos grandes obstáculos da produção leiteira é a correta destinação dos dejetos que, em virtude da elevada produção, tendem a se acumular nas proximidades dos estábulos, causando mal cheiro, proliferação de moscas e de doenças. Estes resíduos, quando não manejados corretamente, podem acarretar diversos problemas ambientais dentre os quais se destaca a eutrofização das águas, principalmente, pelo acúmulo de fósforo (P) e nitrogênio (N) nos corpos hídricos (KLEIN; AGNE, 2012). Diariamente, uma propriedade que dispõe de um sistema intensivo de criação pode gerar até 88,4 kg de resíduo por animal, cuja composição é a base de urina, fezes, restos da alimentação e da cama (OSHIRO *et al.*, 2016).

O esterco bovino apresenta um elevado potencial de fornecimento de nutrientes para as plantas. Em média, para cada kg de esterco, temos cerca de 17 g de N, 9 g de  $P_2O_5$  e 14 g  $K_2O$ , possuindo também uma relação C/N de 32. Valores estes que podem variar de acordo com a alimentação fornecida para o animal (MAPA, 2018). Neste sentido, uma das possíveis soluções para uma correta destinação dos dejetos, a porção de esterco, é a sua utilização na produção de condicionadores de solo e fertilizantes.

Os condicionadores de solo são produtos capazes de promover melhorias físicas, químicas e podem contribuir com o aumento da diversidade e atividade biológica do solo. Estes condicionadores podem ser produzidos por matéria-prima de diversas origens: animal, vegetal, mineral, entre outras. Condicionadores estes produzidos são divididos em classes, de A a F, de acordo com a matéria-prima (BRASIL, 2006).

Uma das promissoras fontes de P para produção de condicionadores de solo é o pó de rocha basáltica, cuja aplicação na forma de pó é denominada rochagem. Esta tecnologia pressupõe o uso de determinadas rochas moídas visando o rejuvenescimento dos solos mais intemperizados. Embora estas rochas adicionadas ao solo apresentem um conjunto de nutrientes, estes são liberados lentamente, o que de modo geral pode ser insatisfatório a curto prazo.

Neste sentido, a junção de esterco bovino com pó de rocha, seguido de um processo de fermentação apresenta potencial para gerar um condicionador de solo, podendo ser produzida em pequena escala e até mesmo dentro das propriedades rurais. Diante deste contexto, este projeto visa testar a eficiência do esterco bovino misturado ao pó de rocha, comparado ao esterco misturado a outras três fontes de P, na cultura do milho.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Geral**

Avaliar a eficiência de diferentes fontes de P: i) pó de rocha basáltica, resíduo da mineração; ii) superfosfato simples; iii) termofosfato e iv) fosfato natural reativo, para a produção de um condicionador de solo a base de esterco bovino, tendo a cultura do milho como planta teste.

### **2.2 Específicos**

- Avaliar a eficiência de condicionadores de solos produzidos por esterco bovino e diferentes fontes de P na cultura milho;
- Avaliar o desenvolvimento da planta e a eficiência agronômica do produto.

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1 Produção de resíduos e o potencial para agricultura

No cenário nacional, a agropecuária ainda se mantém como uma atividade de grande relevância. Pensando em mercado interno, a agropecuária pode ser considerada como um setor poderoso e promissor de uma grande parcela da população, setor tido como importante fonte de trabalho e de renda. Atualmente, a pecuária brasileira encontra-se em segundo lugar na criação de animais, contando com um rebanho efetivo de bovinos de 8.4 milhões de cabeças, segundo o censo agropecuário de 2017 (IBGE, 2017).

De acordo com Hentz e Carvalho (2014), no Sul do Brasil a criação de bovinos se dá, principalmente, em propriedades de pequeno porte, gerando muitas vezes o acúmulo de dejetos ou até mesmo a aplicação em excesso nas lavouras, pois como são pequenas propriedades muitas vezes estas estão em locais de terrenos declivosos, o que impossibilita a aplicação mecanizada, ou quando há uma quantidade alta de dejetos e falta de área para ser aplicada os produtores acabam espalhando o esterco repetidamente numa mesmo local, o que pode vir a se tornar um problema ambiental, contaminando tanto o solo como a água.

A bovinocultura desempenha um importante papel na ciclagem dos nutrientes do sistema, pois quando o animal ingere os alimentos reduz principalmente o tamanho das partículas, assim, quando excretadas, são mineralizadas com maior velocidade, disponibilizando mais rapidamente os nutrientes novamente ao solo. O nutriente devolvido ao solo em maior quantidade pelo esterco é o N (nitrogênio), seguido pelo P (fósforo) e pelo K (potássio). Um animal desenvolvido pode dejetar, em média, 13 vezes por dia, sendo que a cada porção pode variar de 1,5 a 2,7 kg de esterco, totalizando uma média de 27 kg/dia de esterco. Entretanto, estas quantidades podem variar de acordo com o tamanho, dieta e as condições ambientais as quais os animais estão expostos (RODRIGUES *et al.*, 2008).

Este dejetos representa uma importante fonte de nutrientes para a agricultura, principalmente quando se fala de agricultura familiar. A aplicação de materiais orgânicos ao solo, como o esterco, tem como benefício o aumento da quantidade de matéria orgânica, disponibilidade de macro e micronutrientes, aumento na CTC do



solo, além de proporcionar a diminuição do uso de fertilizantes sintéticos, principalmente os fertilizantes nitrogenados. Porém, a ação deste fertilizante orgânico é mais lento, ficando assim perceptível seus resultados em um longo prazo (SILVA, 2018).

Segundo Trani *et al.* (2008), durante a compostagem do esterco, ocorre a perda de 56% da amônia, perdendo assim grande parte do principal nutriente fornecido pelo esterco. Porém há estudos que mostram que esta perda pode ser amenizada com a utilização de gesso agrícola (sulfato de cálcio), sendo este misturado ao esterco é capaz de reter parte da amônia presente.

### 3.2 Condicionadores de solo

Segundo a Instrução Normativa SDA Nº 35, de 4 de julho de 2006, para o produto ser considerado condicionador de solo, ele deve proporcionar melhorias nas características físicas, físico-químicas ou na atividade biológica do solo, produto este com potencial de restabelecer solos deteriorados ou com desproporções nutricionais. Os produtos condicionadores de solo são divididos em seis classes, que vão de “A” até “F”, sendo levado em consideração a matéria-prima para esta separação (BRASIL, 2006).

As classes dos condicionadores de solo são distribuídas da seguinte forma:

- Classe A: tem como matéria-prima materiais de origem animal, vegetal e produtos de processamentos de agroindústrias, desde que estes não tenham passado por processos que envolvam sódio, metais pesados, ou elementos tóxicos;
- Classe B: emprega matéria-prima originária de agroindústrias ou indústrias que empregam no processo o uso de sódio, metais pesados e elementos potencialmente tóxicos;
- Classe C: A matéria-prima é provinda de lixo domiciliar que pode ser usado em segurança na agricultura;
- Classe D: A matéria-prima tem origem do tratamento de despejos sanitários, o qual tenha uma utilização segura na agricultura;
- Classe E: Utiliza matéria-prima exclusivamente de origem química ou mineral;
- Classe F: Esta classe corresponde a mistura de qualquer proporção de matéria-prima das classes “A” e “E”.

No mercado nacional os condicionadores de solo ainda não aparecem com muitas variedade para a comercialização, no entanto, muitos produtores já fazem o uso de produtos como o esterco bovino, cama de aviário e etc., com o objetivo de melhorar as características do solo, bem como aumentar o teor de matéria orgânica, diminuir a exposição e perda da água do solo, além de fornecer nutrientes e favorecer a atividade biológica do solo (VILELA, 2017).

Segundo Resende *et al.* (2012), a utilização de rocha moída vem cada vez mais sendo utilizada pelos agricultores, sendo esta uma fonte alternativa de nutrientes que é empregada também como condicionador de solo. Resende *et al.* (2012) ainda menciona a relevância de se testar o efeito do uso isolado da rocha e do uso desta associada a algum fertilizante tradicional (NPK, calcário), com o intuito de investigar seu potencial.

O gesso agrícola ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), como condicionador de solo proporciona o maior crescimento radicular das plantas vindo a reduzir os efeitos do estresse hídrico e aumentando a resistência da planta. O gesso, além do fornecimento de enxofre e cálcio, quando misturado ao esterco bovino é capaz de reduzir as perdas de N na forma de amônia ( $\text{NH}_3$ ), além de reduzir o odor do esterco (NUTRIGESSO, 2017).

### **3.3 Rochagem e uso de fertilizantes no Brasil**

No Brasil, os agricultores passaram a fazer o uso significativo de fertilizantes somente a partir dos anos 60. Antes disto, o progresso na produtividade era sinônimo de aumento de áreas. Este desenvolvimento proporcionou o crescimento do PIB, elevando também o consumo de fertilizantes ao longo dos anos, porém a produção nacional deste não acompanhou a demanda, tendo assim o aumento da importação de fertilizantes (LAPIDO-LOUREIRO; NASCIMENTO, 2009).

O Brasil ocupa o 4º lugar no consumo de nutrientes para a formulação de nutrientes, porém o consumo de fertilizantes pelos agricultores depende da sua renda, do preço do produto e das políticas agrícolas. O uso de fertilizantes se dá em maior quantidade, geralmente, no segundo semestre do ano, quando há o plantio das grandes culturas como soja e milho (SILVEIRA *et al.*, 2017).

A maior parte dos fertilizantes convencionais utilizados no Brasil é proveniente de importação, tendo assim um preço na maioria das vezes mais

elevado, o que muitas vezes torna-se um fator limitante para pequenos agricultores, além de que para sua fabricação há um grande gasto de energia e há também uma alta emissão de gases prejudiciais a camada de ozônio. Tendo em vista estes fatos, vêm se buscando alternativas mais sustentáveis e acessíveis. Uma alternativa que vem ganhando espaço é a rochagem (uso do pó de pedra), que consiste na aplicação de pó de rocha nos solos da propriedade, fazendo-se a remineralização dos solos sem afetar o meio ambiente. Diferente dos fertilizantes convencionais, a liberação dos nutrientes é lenta tendo assim a disponibilidade de nutrientes por mais tempo, sendo melhor aproveitado pelas plantas (LAPIDO-LOUREIRO; RIBEIRO, 2009).

As rochas mais indicadas para esta técnica são as vulcânicas e máficas, pois possuem maior quantidade de nutrientes, principalmente o P. No entanto, muitas vezes estas rochas precisam ser estimuladas para que ocorra a liberação dos nutrientes mais rapidamente, estimulação esta que pode ser a moagem das rochas, deixando-as com menores granulometrias, aumentando assim a área de contato das mesmas com o solo, facilitando a ação de processos físicos, químicos e biológicos que liberam os nutrientes para a solução do solo (MOREIRA *et al.*, 2017).

No sul do Brasil há a predominância de rochas basálticas como material de origem dos solos, a qual é fonte de  $K_2O$ ,  $Na_2O$ ,  $CaO$ ,  $MgO$ ,  $P_2O_5$ ,  $Al_2O_3$ ,  $Fe_2O_3$ ,  $CuO$ ,  $ZnO$ ,  $TiO_2$ ,  $MnO$  e  $SiO_2$ . O pó de rocha além de ser eficiente para a fertilidade do solo, também apresenta bons resultados para a correção de acidez e aumento da CTC do solo (ESCOSTEGUY; KLAMT, 1998).

### 3.4 Fósforo

O fósforo é um nutriente essencial para as plantas, pois este está diretamente ligado ao DNA, ao RNA e a membrana plasmática das células. Além disto, o crescimento tanto de parte aérea como radicular pode se limitar com a deficiência de P uma vez que este nutriente está ligado diretamente a fotossíntese e formação de açúcares fosfatados, aminoácidos e fosfolipídeos (COIMBRA *et al.*, 2014 apud TAIZ; ZEIGER, 2006).

Os solos basálticos são, de maneira geral, ricos em óxidos de ferro e alumínio, compostos com os quais o P possui elevada afinidade e que pode se ligar, ficando indisponível a absorção pelas plantas. Entretanto, a presença de matéria

orgânica pode contribuir para a maior quantidade de P disponível para as plantas, já que esta se liga ao ferro evitando a formação de fosfato de ferro, devido a este fato são geralmente aplicadas grandes quantidades do nutriente ao solo, mesmo a planta exigindo baixas quantidades (DUARTE, 2019a).

Segundo Duarte (2020), o pó de rocha, o termofosfato, o fosfato natural reativo e o superfosfato simples possuem diferentes solubilidades e assim, conseqüentemente, apresentam uma diferença no tempo necessário para entrar na solução do solo. Neste sentido, há de se considerar que, em certas condições, a elevada solubilidade de uma fonte de P pode não ser uma vantagem porque este elemento, uma vez em solução, pode se ligar aos óxidos de ferro e de alumínio, ficando indisponível para planta. Neste, além de se conhecer o solo a ser cultivado, é necessário se conhecer o processo de produção do fertilizante para uma correta tomada de decisão:

- Pó de rocha: este passa pelo processo de trituração e análise química para verificar se os nutrientes presentes atendam os requisitos para ser utilizado no meio agrícola (VELOSO, 2020);

- Termofosfato: a rocha fosfática é moída e em sequência passa por um tratamento térmico com a temperatura entre 1400 a 1500 °C (SOUZA; YASUDA, 2008);

- Fosfato natural reativo: obtido através da moagem de rochas sedimentares formadas pela deposição de restos de animais marinhos, possuem alta reatividade e são porosas (VELOSO, 2021);

- Superfosfato simples: é produzido através do tratamento da rocha fosfática com ácido sulfúrico, assim também disponibilizando porções de enxofre ao fertilizante (DUARTE, 2019).

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Preparação do condicionador de solo

O presente trabalho foi conduzido em uma casa de vegetação na Universidade Tecnológica Federal do Paraná no campus de Pato Branco – PR. As coletas do esterco foram feitas no município de Mangueirinha-PR, em uma propriedade localizada no interior do município com as coordenadas 25°55'23.5" S 52°16'45.0" W. A propriedade tem como atividade principal a bovinocultura de leite.

A coleta do esterco foi feita com o auxílio de um balde, sem deixar entrar em contato com o solo. Após a coleta da quantidade necessária, as amostras foram divididas em partes semelhantes em 4 baldes limpos e transportados para a estufa da universidade, onde passaram por compostagem.

Para a produção dos condicionadores de solo foram adicionados ao esterco diferentes fontes de P: i) pó de rocha basáltica com 0,72% de P, ii) termofosfato com 18% de P, iii) fosfato natural reativo com 18% de P e iv) superfosfato simples com 18% de P em sua composição, cada uma destas fontes em um balde diferente constituindo 4 tratamentos. A definição da dose de cada fonte de P foi feita a partir da composição deste elemento em cada fonte, de forma a se obter teores iguais deste elemento em cada produto gerado.

Em cada tratamento foi adicionado uma fração estequiométrica de gesso agrícola com o intuito de diminuir as perdas de N por volatilização. As dosagens definidas foram as que seguem na Tabela 1.

**Tabela 1 – Quantidades e fontes de fósforo definidas para 4 kg de esterco bovino. UTFPR, Pato Branco-PR, 2021**

Fontes de P	Dosagens para a mistura com 4 kg de esterco	
	Fonte de P (kg)	Gesso Agrícola (kg)
Pó de rocha	1,00	0,35
Termofosfato	0,04	0,35
Fosfato natural reativo	0,04	0,35
Superfosfato Simples	0,04	0,30

**Fonte: Autoria própria (2021)**

As misturas foram feitas da seguinte forma: metade da quantidade total da fonte de P foi adicionada e homogeneizada como esterco no dia 21 de outubro 2019,

Mesmo dia em que foi adicionado metade da dose de gesso agrícola que ficou na superfície da mistura (Figura 1) que ficou em repouso por doze dias. Após este período, foi realizada a mistura de todo o material de cada tratamento e adicionados o restante dos produtos, seguindo os mesmos procedimentos iniciais.

Os formulados permaneceram em processo de fermentação dentro do balde (Figura 1), sendo revolvidos semanalmente até que o excesso de umidade foi eliminado e o produto final apresentou-se friável.

**Figura 1 – Baldes de compostagem do esterco com adição das fontes fosfatadas e do gesso agrícola. UTFPR, Pato Branco-PR, 2021**



Fonte: Autoria própria (2019)

#### 4.2 Instalação e avaliação do experimento com o milho

**Tabela 2 – Atributos químicos do solo utilizado no experimento. UTFPR, Pato Branco-PR, 2021**

MO	P	pH	K	Al <sup>3+</sup>	H+Al	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	SB	V	m
g dm <sup>-3</sup>	mg dm <sup>-3</sup>	CaCl <sub>2</sub>	-----	-----	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	-----	-----	-----	-----	%
26,80	0,97	5,30	0,26	0,00	3,97	3,90	2,10	6,26	61,19	0,00
Alto	Muito baixo	Alto	Alto	Muito baixo	–	Alto	Muito alto	–	Alto	Muito baixo

Valores de referência de classificação segundo o manual de adubação e calagem do estado do Paraná.

Fonte: (SBCS, 2017)

O experimento foi conduzido em uma casa de vegetação do campus da universidade. Utilizou-se a cultivar de milho FS533PWU (cultivar para silagem e

plântio de safrinha). O milho foi semeado em vasos com solo previamente analisado (Tabela 2) e corrigido com calcário na dose de 2 t.ha<sup>-1</sup> 30 dias antes do plântio. Os vasos foram distribuídos, conforme o croqui (Figura 2), em um delineamento inteiramente ao acaso, sendo quatro tratamentos e quatro repetições, totalizando 20 unidades experimentais.

**Figura 2 – Croqui do experimento (onde T se lê tratamento; R se lê repetição e C se lê controle). UTFPR, Pato Branco-PR, 2021**

Entrada estufa	T4R2	T2R1	T3R2	T1R2	C1R2
	T1R3	C1R1	T4R4	T2R2	T3R3
	T3R4	T1R1	T4R3	T2R4	C1R3
	C1R4	T2R3	T3R1	T1R4	T4R1

Fonte: Autoria própria (2019)

**Figura 3 – Vasos com plantas remanescentes após o raleio. UTFPR, Pato Branco-PR, 2021**



Fonte: Autoria própria (2019)

A semeadura do milho foi feita no dia 16 de março de 2020 da seguinte forma: i) foi aberto uma cova no vaso para adicionar o produto final; ii) após isto, misturado levemente com um pouco de solo; iii) foi feito pequenas covinhas para adicionar as sementes, as quais foram colocadas 3 sementes por vaso; iv) posteriormente a estabilização da cultura, foi feito o raleio das plantas deixando



apenas duas por vaso (Figura 3). A colheita foi realizada 45 dias após a semeadura, metodologia esta também utilizada por Dos Santos *et al.* (2013).

Na colheita foram realizados: a medição de altura de planta em centímetros; a medição do diâmetro de colmo em milímetros; foram cortadas as partes aéreas rente ao solo, sendo as raízes lavadas e armazenadas para análises posteriores; a parte aérea foi colocada em sacos de papel kraft de 7 kg, as quais foram armazenadas em uma estufa de secagem (Figura 4) para que, posteriormente, fossem feitas as pesagens de massa seca da parte aérea e da raiz, e análises laboratoriais dos teores de P e N contidos nas partes das plantas de cada tratamento.

**Figura 4 – A: lavagem das raízes; B: secagem do material em estufa. UTFPR, Pato Branco-PR, 2021**



**Fonte: Autoria própria (2020)**

Após a secagem do material em estufa, este foi triturado para poder se efetuar as análises químicas para a quantificação do N e do P.

Para este procedimento foi utilizada a mistura  $H_2SO_4 + H_2O_2$ , o qual é usado para a determinação de N total e P total. Este método de digestão sulfúrica para determinar o N também é chamado de N-Kjeldahl (MIYAZAWA *et al.*, 2009).



## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das análises químicas dos produtos obtidos das misturas de fonte de fósforo, esterco bovino e gesso agrícola, são apresentados na Tabela 3. Os resultados evidenciam elevados teores de MO com valores variando de 75,05 g dm<sup>-3</sup> no tratamento 2 a 56,29 g dm<sup>-3</sup> no tratamento 1, sendo este último o que recebeu maior volume de material mineral (pó de rocha).

Os teores de K foram bem semelhantes entre os tratamentos e foram mais elevados no tratamento 4, seguido dos tratamentos 3, 2 e 1 que apresentou teor de K de 3,3 mg dm<sup>-3</sup>.

Os teores de P não são apresentados na tabela abaixo em virtude de erros na leitura do mesmo e novas análises não foram feitas em virtude da paralisação da Pandemia do covid-19.

O pH dos formulados apresentou-se básico para todos os tratamentos, tendo amplitude de 0,4, sendo o mais baixo 7 do tratamento 1 com pó de rocha e o mais alto com 7,4 do tratamento 3 com fosfato natural reativo.

Já a acidez potencial (H+Al) ficou semelhante entre os compostos, sendo a maior 1,59 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> do composto 4 seguido dos compostos 1, 2 e 3 respectivamente.

Os teores de Ca<sup>+2</sup> foram muito altos em todos os compostos, porém sendo o mais alto o composto 4 com 53,50 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> seguido pelos compostos 3, 1 e 2 o qual possui 40,90 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>.

**Tabela 3 – Atributos químicos dos condicionadores formulados. UTFPR, Pato Branco-PR, 2021**

	MO	pH	K	H+Al	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	SB	V
	g dm <sup>-3</sup>	CaCl <sub>2</sub>	-----cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----					%
<b>1</b>	56,29	7,00	3,33	1,46	45,90	7,40	56,63	97,49
<b>2</b>	75,05	7,30	3,80	1,33	40,90	5,60	50,30	97,42
<b>3</b>	71,30	7,40	3,85	1,33	46,90	7,40	58,15	97,76
<b>4</b>	65,67	7,20	4,15	1,59	53,50	7,40	65,05	97,61

**1: Pó de basalto + esterco bovino + gesso agrícola; 2: Termofosfato + esterco bovino + gesso agrícola; 3: Fosfato natural reativo + esterco bovino + gesso agrícola; 4: Superfosfato simples + esterco bovino + gesso agrícola.**

**Fonte: Autoria própria (2021)**

O Mg ficou semelhante em todos os compostos, em quais os compostos 1, 3 e 4 com as mesmas quantidades de  $7,40 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  e o composto 2 com  $5,60 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , sendo estas quantidades consideradas muito altas.

A SB dos compostos assim também ficou com valores elevados, já que os nutrientes componentes da equação tiveram teores elevados vindo a contribuir na saturação de bases (V%) as quais ficaram acima de 97% em todos os compostos.

### 5.1 Análises dos componentes de rendimento

De acordo com a análise de variância, houve diferença significativa entre as diferentes fontes de P, nas variáveis: comprimento de parte aérea (CPA), diâmetro de colmo (DC), massa seca da raiz (MSR) e massa seca da parte aérea (MSA), como mostrado na Tabela 4.

**Tabela 4 – Quadrados médios dos componentes comprimento de parte aérea (CPA), Diâmetro do colmo (DC), Massa seca da raiz (MSR) e Massa seca da parte aérea (MSA). UTFPR, Pato Branco-PR, 2021**

Fontes da variação	GL	CPA	DC	MSR	MSA
Tratamentos	4	97,5750**	7,2660**	39,7261**	16,0154**
Resíduo	15	26,4167	0,3805	7,3842	0,7412
Média	–	71,1500	12,8460	10,5370	7,6690
CV (%)	–	7,2238	4,8017	25,7890	11,2265

GL=Graus de Liberdade; CPA = Comprimento da parte aérea; DC = Diâmetro do colmo; MSR = Massa seca da raiz; MSA – Massa seca da parte aérea; CV (%): Coeficiente de variação

\*\*Diferença significativa em nível de 5% de probabilidade.

Fonte: Autoria própria (2021).

Em relação as variáveis CPA, DC e MSA, os melhores resultados foram obtidos para as fontes de P: fosfato natural reativo, o pó de rocha e o termofosfato que foram superiores ao superfosfato simples e a testemunha (Tabela 5). Quanto a variável MSR, não foi observado diferenças significativas entre as diferentes fontes de P que, por sua vez, foram superiores ao tratamento controle (Tabela 5). Estes resultados sugerem que a maior eficiência das fontes de P com menor solubilidade em água (pó de rocha, fosfato natural reativo e termofosfato) pode estar relacionada a liberação gradativa deste elemento durante o processo de fermentação, onde ácidos orgânicos são produzidos. Já a superioridade destas fontes em relação ao

superfosfato simples, é um assunto que carece de pesquisas mais aprofundadas para ser esclarecido (VELOSO, 2021).

**Tabela 5 – Teste de tukey para comprimento de parte aérea (CPA (cm)), Diâmetro do colmo (DC (mm)), Massa seca da parte aérea (MSA (g)) e Massa seca da raiz (MSR(g)). UTFPR, Pato Branco-PR, 2021**

Tratamentos	CPA		DC		MSA		MSR	
1	62,7500	b	10,6625	c	4,3275	c	5,7900	b
2	74,5000	a	13,5825	ab	8,8700	ab	11,9925	a
3	73,2500	ab	13,2200	ab	8,2900	ab	11,8375	a
4	74,5000	a	14,1700	a	9,3950	a	13,9200	a
5	62,7500	b	12,5950	b	7,4625	b	9,1450	ab

**1: Adição de esterco puro; 2: Pó de basalto + esterco bovino + gesso agrícola; 3: Termofosfato + esterco bovino + gesso agrícola; 4: Fosfato natural reativo + esterco bovino + gesso agrícola; 5: Superfosfato simples + esterco bovino + gesso agrícola; Médias seguidas da mesma letra não apresentam diferenças significativas pelo teste de tukey a 5% probabilidade. Fonte: Autoria própria (2021).**

#### 5.1.1 Comprimento de parte aérea (CPA)

Através do teste de comparação entre médias (Tukey), conforme os resultados mostrados na Tabela 5, para o CPA podemos identificar que o pó de rocha e o fosfato natural reativo obtiveram o melhor desempenho, diferindo do controle que obteve o pior resultado, mas que também não diferiu significativamente dos tratamentos com superfosfato simples e termofosfato.

Theodoro *et al.* (2013) em seus estudos com pós de rocha para as culturas anuais milho, feijão, alho, cenoura e quiabo, observou que o pó de rocha proveniente do basalto obteve melhores resultados na cultura do milho. Já Marquette e Castamann (2017) cita que tanto o pó de basalto quanto o pó de basalto associado a esterco bovino não incrementaram na produtividade do milho, concluindo que para obter melhores resultados deveria testar por mais de dois anos com outras culturas, já que o pó de basalto libera os nutrientes gradativamente.

Em pesquisas realizadas por Rodrigues Neto e Nolla (2017), foi observado que o termofosfato sozinho aplicado à cultura do milho não incrementou, significativamente, a altura do milho, diferente de quando aplicado associado a vinhaça e quando associado a esterco, obtendo melhores resultados. Já Fogaça e

Nolla (2015) em seus testes com  $\frac{1}{2}$  esterco +  $\frac{1}{2}$  superfosfato simples;  $\frac{1}{2}$  esterco +  $\frac{1}{2}$  termofosfato;  $\frac{1}{2}$  vinhaça +  $\frac{1}{2}$  superfosfato simples;  $\frac{1}{2}$  vinhaça +  $\frac{1}{2}$  termofosfato, estes fertilizantes minerais e orgânicos associados obtiveram um melhor resultado do que se aplicados sozinhos em relação a altura do milho.

Com relação ao fosfato natural reativo, Oliveira e Duarte (2019) observaram que não houve diferença no crescimento do milho aplicando fosfato natural reativo só ou mesmo associado ao superfosfato triplo para o crescimento de plantas, citando que seriam necessários dois anos de avaliação já que a liberação de nutrientes do fosfato natural reativo é gradativa.

Maia *et al.* (2013) com base em seus experimentos com cinzas de ossos bovinos e com superfosfato simples, ambos com tratamentos em diferentes dosagens, relatou que, em relação a parte aérea do milho, os tratamentos com superfosfato simples obtiveram maior desempenho, o qual foi diminuindo conforme eram reduzidas as doses e ainda citou que isto se deve ao fato que o superfosfato simples é altamente solúvel em água. O que pode vir a explicar o fato de que o superfosfato simples não diferiu do tratamento controle.

### 5.1.2 Diâmetro de colmo (DC)

Ao analisarmos o diâmetro de colmo (Tabela 5), o tratamento que alcançou o melhor resultado foi o de fosfato natural reativo, não diferindo dos tratamentos com pó de rocha e termofosfato que não diferiram do tratamento com superfosfato simples. O pior resultado foi obtido com o tratamento controle.

De acordo com Bonfada (2014) que avaliou o efeito de pó de rocha (uma mistura de 5 tipos de rochas) no desenvolvimento da cultura do milho, aplicando de diferentes formas: i) aplicado em semeadura, ii) parte em semeadura e parte por cobertura mudando; iii) apenas as proporções nos tratamentos, observou que não houve influência no diâmetro de colmo em relação a sua testemunha que não foi adubada na semeadura e nem por cobertura posteriormente. Já Writzl *et al.* (2019) em seus trabalhos, analisou por dois anos a produtividade do milho pipoca adubado com pó de basalto e pó de basalto associado a cama de frango, percebeu que com a aplicação do pó de rocha basáltica associada a cama de frango houve incremento não só no diâmetro de colmo, mas também na altura da planta e no número de

folhas, isso se deu devido ao fornecimento de N pela cama de frango, compensando a deficiência deste nutriente na rocha basáltica.

Em relação ao termofosfato, no que diz respeito ao diâmetro de colmo, Rodrigues Neto e Nolla (2017) obtiveram o melhor resultado associando vinhaça e superfosfato simples, porém a mistura de termofosfato com vinhaça não obteve significativa. Entretanto, o tratamento realizado somente com termofosfato obteve um dos piores resultados, citando ainda que o melhor desempenho do termofosfato se deu em associação com outros compostos.

Conforme análises realizadas por Brasil *et al.* (2012) que verificou a eficiência de fosfatos naturais reativos na cultura do milho em solo com diferentes níveis de saturação por bases, onde quanto maior foi a saturação de bases menor foi a diferença significativa entre os fosfatos naturais, vindo a incrementar de forma semelhante no diâmetro de colmo das plantas de milho, estes diferindo do tratamento com superfosfato triplo que obteve o melhor resultado em relação aos fosfatos naturais, o qual em razão de sua alta solubilidade em água os nutrientes foram disponibilizados mais rapidamente a planta, a qual teve uma resposta mais significativa.

Em experimento similar, Nascimento *et al.* (2018) avaliou a cultura do milho submetido a adubação com fontes de P sozinhas e associadas micronutrientes, no que se diz respeito a diâmetro de colmo a utilização do superfosfato simples tanto sozinho quanto associado a micronutrientes obteve resultados significativos, tal fato se deve a rápida disponibilização após o contato com a água assim como cita Brasil *et al.* (2012) para o superfosfato triplo, sendo estes dois semelhantes em relação a solubilização em água.

### 5.1.3 Massa seca da parte aérea (MSA)

Em relação ao Massa seca da parte aérea, o tratamento com fosfato natural reativo apresentou o melhor desempenho, não apresentando diferença significativa entre tratamentos com pó de rocha e com termofosfato, os quais não diferiram do tratamento com superfosfato simples. Esta variável, assim como as demais, teve o controle com o pior resultado (Tabela 5).

Em testes realizados por Meert *et al.* (2009) com adubação de N-P-K, N-P-K mais pó de basalto, pó de basalto e com adubo da independência (adubo composto

por material orgânico), em seus resultados a adubação com a presença de N-P-K se sobressaiu em relação aos outros no que se diz respeito a produção de massa seca de parte aérea, porém os autores também realizaram uma breve análise econômica no tocante lucro/receita, constatando que apesar do menor rendimento dos tratamentos sem adição de N-P-K e com menores receitas, apresentaram-se mais vantajosos na questão de lucratividade.

Moretto (2017) testou a eficiência do termofosfato grosso, termofosfato magnésiano, termofosfato potássico, e superfosfato triplo na cultura do milho em solos com baixa e média quantidade de P. O autor observou que, em solo com baixa quantidade de P, o termofosfato magnésiano teve a maior massa seca da parte aérea aplicando a dose de  $40 \text{ mg dm}^{-3}$ , porém não se diferenciando estatisticamente do superfosfato triplo. Já no solo com médio teor de P, quanto mais se aumentou a dosagem do termofosfato magnésiano maior foi sua resposta no acréscimo de massa seca da parte aérea do milho, sendo na dosagem de  $120 \text{ mg dm}^{-3}$  o maior peso seco da parte aérea o qual não diferiu estatisticamente do termofosfato potássico.

Em experimentos com fosfato natural reativo Brasil *et al.* (2012) observou que quanto menor a saturação por bases do solo maior é a eficiência dos fosfatos naturais reativos vindo a ter um acréscimo na quantidade de massa seca da parte aérea do milho, mostrando uma maior eficiência do fosfato natural reativo em solo ácido, resultado este inverso do superfosfato triplo que houve acréscimo na massa seca da parte aérea quando a saturação por bases aumentou.

Cabral *et al.* (2020), verificou o acúmulo de P e massa seca da parte aérea do milho com tratamentos de diferentes doses de superfosfato simples organomineral e mineral. No que se diz respeito ao acúmulo de massa seca da parte aérea quanto maior foi a dose de superfosfato simples maior foi o peso de massa seca da parte aérea do milho, crescendo linearmente com o aumento das doses.

#### 5.1.4 Massa Seca das raízes (MSR)

No que se refere a massa seca da raiz, podemos observar que o melhor resultado foi alcançado pelo tratamento com fosfato natural reativo (Tabela 5). Este, por sua vez, não diferiu significativamente dos tratamentos com pó de rocha,

termofosfato e do tratamento com superfosfato simples. Este último não diferiu do controle que apresentou o pior resultado (Tabela 5).

Em experimentos feitos por Melo *et al.* (2018), com superfosfato triplo, fosfato reativo de Bayóvar, rejeito de rocha fosfática e FH pastagens, fontes fosfatadas esta que foram testadas na cultura do capim Piatã, no que se refere a massa seca de raízes o autor observou que apenas o rejeito de rocha fosfática, sendo esta a fonte de P com menor solubilidade em relação às demais, não proporcionou grandes quantidades de massa seca de raízes em relação às demais fontes fosfatadas assim as diferindo estatisticamente.

Trabalhos realizados por Franco (2003), foram feitas avaliações da massa seca de parte aérea e de raízes do capim Tifton 85, com aplicação de fosfato natural de Arad, fosfato natural de Gafsa, superfosfato triplo, termofosfato em pó e termofosfato grosso. A avaliação foi feita em 3 cortes, sendo que a cada corte foram subtraídos dois vasos do experimento para avaliação de raízes. O primeiro corte foi feito com a planta transplantada há 30 dias para o vaso, lembrando que esta já tinha 15 dias antes de ser transplantada. O autor verificou que apesar de o superfosfato triplo obter o maior peso seco de raízes, não teve diferença estatística em relação ao termofosfato tanto em pó quanto grosso, obtendo resultados semelhantes entre os tratamentos.

Nascimento *et al.* (2019), verificou em seu experimento que em comparação com Superfosfato Simples + micronutrientes, fosfato natural reativo de Arad + micronutrientes, Superfosfato simples e o fosfato natural reativo de Arad, no que diz respeito ao acúmulo de massa seca de raízes o fosfato natural reativo de Arad obteve o maior resultado. O fosfato natural reativo de Arad por ter uma lenta solubilização há menores perdas por adesão à solução do solo, vindo a ser melhor aproveitada pela planta.

Pesquisas efetuadas por Dos Santos *et al.* (2013) com biofertilizantes fosfatados na produção de biomassa nas plantas de milho, percebeu que se aplicado por superfície o superfosfato simples associado a cama de aviário obteve o melhor resultado em relação aos demais não diferindo estatisticamente da mistura de superfosfato simples ao esterco bovino, porém quando incorporado ao solo tem resultado inferior a mistura de fosfato de gafsa e cama de aviário.

## 5.2 Análises químicas

Conforme a análise de variância dos resultados da análise química da parte aérea e das raízes do milho demonstrada na Tabela 6, as variáveis de N, P e K na parte aérea e N na raiz não obtiveram diferença significativa entre os tratamentos, diferente dos resultados de P na raiz e K na raiz que obtiveram diferenças significativas entre os tratamentos.

**Tabela 6 – Quadrados médios dos componentes nitrogênio parte aérea (N), fósforo parte aérea (P), potássio parte aérea (K), nitrogênio raiz (N), fósforo raiz (P) e potássio raiz (K). UTFPR, Pato Branco-PR, 2021.**

Fontes da variação	GL	-----Parte Aérea-----			-----Raiz-----		
		N	P	K	N	P	K
<b>Tratamentos</b>	4	0,2216 <sup>ns</sup>	0,0007 <sup>ns</sup>	0,6025 <sup>ns</sup>	0,0478 <sup>ns</sup>	0,0308 <sup>**</sup>	1,2890 <sup>**</sup>
<b>Resíduo</b>	15	0,1077	0,0006	0,3061	0,0560	0,0026	0,1241
<b>Média</b>	–	1,6685	0,0113	5,2160	1,1015	0,2310	1,4245
<b>CV (%)</b>	–	19,6714	21,5561	10,6062	21,4760	22,2428	24,7306

GL: Graus de liberdade; CV (%): Coeficiente de variação.

**\*\*Diferença significativa.**

**ns Diferença não significativa.**

**Fonte: Autoria própria (2021).**

Na análise química da parte aérea e das raízes, como apenas as variáveis fósforo na raiz (P raiz) e potássio na raiz (K raiz) obtiveram diferenças significativas entre os tratamentos, sendo submetido ao teste de comparação entre médias (tukey).

**Tabela 7 – Teste de Tukey para as análises químicas de fósforo raiz (P raiz) e potássio raiz (K raiz). UTFPR, Pato Branco-PR, 2021**

Tratamentos	P raiz		K raiz	
<b>1</b>	0,1550	b	0,9100	b
<b>2</b>	0,1500	b	2,0825	a
<b>3</b>	0,2325	b	1,9875	a
<b>4</b>	0,3650	a	1,1825	b
<b>5</b>	0,2525	b	0,9600	b

**1: Adição de esterco puro; 2: Pó de basalto + esterco bovino + gesso agrícola; 3: Termofosfato + esterco bovino + gesso agrícola; 4: Fosfato natural reativo + esterco bovino + gesso agrícola; 5: Superfosfato simples + esterco bovino + gesso agrícola; Médias seguidas da mesma letra não apresentam diferenças significativas pelo teste de tukey a 5% probabilidade.**

**Fonte: Autoria própria (2021).**



Conforme as análises realizadas, o N não apresentou diferenças significativas entre os tratamentos. Este fato pode estar associado a concentração de N no composto que pode chegar a  $10 \text{ g Kg}^{-1}$  de esterco (ARTUR *et al.*, 2007), que no presente trabalho pode ter sido suficiente para o adequado desenvolvimento da planta.

### 5.2.1 Fósforo raiz

Na Tabela 7 podemos observar que para a variável P raiz o tratamento com melhor resultado foi o tratamento com fosfato natural reativo, diferindo significativamente dos demais, os quais não diferiram entre si.

Apesar de ser um nutriente essencial a cultura do milho, o P é demandado em maior quantidade pela cultura após um período de 40 dias depois a germinação, aumentando gradativamente a necessidade até o florescimento, chegando ao pico de absorção aos 77 dias após a germinação (VASCONCELLOS *et al.*, 2000). De acordo com os resultados dos teores de P obtidos na análise, podemos justificar que a diferença entre os tratamentos se deve ao fato que o corte e avaliação do milho foram efetuados com um curto espaço de tempo, pois o mesmo foi feito 45 dias após a semeadura.

Já o fosfato natural reativo, que segundo os testes realizados apresentou o maior acúmulo de P em relação aos demais tratamentos, embora a solubilização possa ter sido prejudicada pelo alto pH do solo ainda associado ao esterco que pode ter vindo a aumentar o pH, correspondendo com as análises (Figura 3) dos materiais realizadas 13 dias antes do plantio, onde o pH das 4 misturas estavam com pH acima de 7, condizendo com os estudos de Silva (2018) que diz que o esterco tem poder alcalinizante, onde o mesmo avaliou em seu experimento as alterações químicas e físicas do solo com a adição de esterco bovino, e observou que quanto maior era a dose de esterco os valores de pH também aumentavam linearmente, a solubilização do fosfato natural reativo pode ter sido favorecida pelo ácido liberado pelos exsudados das raízes do milho, vindo a conseguir ter o maior acúmulo de P.

Ainda, Artur *et al.* (2007) em seus experimentos encontrou um pH de 6,1 no esterco bovino, levando em consideração este fato, podemos constatar que houve uma menor solubilização do pó de rocha, do termofosfato, pois necessitam da presença de ácido para ficar solúvel a planta. O qual pode ser notada a deficiência

do nutriente em questão na Figura 5, no tratamento controle, ainda mais pelo fato que não houve adição de nenhuma fonte fosfatada, e o solo utilizado já contava com baixo teor de P.

**Figura 5 – Deficiência de fósforo aos 26 dias após a semeadura, no tratamento controle. UTFPR, Pato Branco-PR, 2021**



**Fonte: Aatoria própria (2020)**

### 5.2.2 Potássio raiz

Para a variável K raiz os tratamentos de pó de rocha e termofosfato apresentaram maior concentração de K nas raízes, diferindo dos demais tratamentos (superfosfato simples, fosfato natural reativo e do controle) que não diferiram entre si (Tabela 7).

O K para a cultura do milho só perde para o N quando se fala de necessidade da planta, ele é responsável pela resistência da planta, regulação dos estômatos e também pelo crescimento radicular. Visto que este nutriente tem grande importância, o mesmo deve ser repostado praticamente em todos os cultivos, já que o mesmo é altamente extraído principalmente quando o milho é destinado para a produção de silagem, pois é feita a retirada de praticamente toda a planta da área. Na cultura do milho se conhece que a absorção máxima do K se dá entre os 60 e 70 dias após a semeadura (DUARTE, 2019b).

Em seus estudos Von Pinho *et al.* (2009) verificou que as plantas de milho obtiveram maior acúmulo de K a partir do estágio 3, aproximadamente 56 dias após

a semeadura, considerando que nos estádios iniciais da cultura o acúmulo de K foi inferior em relação aos estádios mais avançados. Em vista disso é possível considerar que o experimento conduzido por 45 dias não atingiu o tempo ideal para alcançar o pico de absorção do K.

Ribeiro *et al.* (2017), testou diferentes extratores para obtenção de K da rocha basáltica onde obteve-se o melhor resultado com o extrator de ácido cítrico. Sendo este um ácido orgânico fraco, é possível associar ao fato da liberação do K do pó de rocha com a acidez encontrada no solo, o qual estava levemente ácido, porém não ignorando a liberação de K do esterco adicionado, que contém cerca de 6,8 gramas de K por quilograma de esterco (ARTUR *et al.*, 2007).

## 6 CONCLUSÃO

Para a produção de condicionadores de solo a partir de resíduos bovinos, a fonte de P que promoveu maiores resultados para CPA, DC e MSA na cultura do milho foi o fosfato natural reativo. Para a variável MSR as fontes de P não diferem entre si.

Os maiores teores de P na raiz foi observado quando a fonte P utilizada foi o fosfato natural reativo. Em relação ao K, os melhores resultados foram obtidos com o termofosfato e o pó de basalto.

Ao chegar no fim deste trabalho, consideramos que o pó de rocha é uma boa alternativa de condicionador de solo, barato e sustentável, porém para se obter um melhor resultado deve ser testado pelo menos no ciclo todo da cultura ou podendo estender por mais de uma cultura chegando até dois anos de testes, pois a sua liberação é gradativa.

## REFERÊNCIAS

- ABIEC. **Beef Report, perfil da pecuária no Brasil**. [S. l.]: Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne, 2020. Disponível em: <http://abiec.com.br/publicacoes/beef-report-2020/>. Acesso em: 31 maio 2020.
- ARTUR, A. G.; CRUZ, M. C. P. da; FERREIRA, M. E.; BARRETTO, V. C. de M.; YAGI, R. Esterco bovino e calagem para formação de mudas de guanandi. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 6, p. 843–850, jun. 2007. DOI 10.1590/S0100-204X2007000600011. Disponível em: <http://www.scielo.br/j/pab/a/rrTp6YttYtsrtZpRGDMrWBL/?lang=pt>. Acesso em: 5 ago. 2021.
- BONFADA, É. B. **Efeito da adubação com silicato de cálcio e magnésio sobre o desenvolvimento e a produtividade do milho**. 2014. 41 f. Monografia – Universidade Federal da Fronteira Sul, Cerro Largo, 2014. Disponível em: <https://rd.uffs.edu.br:8443/handle/prefix/921>. Acesso em: 4 ago. 2021.
- BRASIL, E. C.; RODRIGUES, J. D. B.; ASSUNÇÃO, E. A.; NEVES, L. H.; AMARAL, A. J. M. S. do. Eficiência de fosfatos reativos em função de doses de P e índices de saturação por bases do solo e sua influência na produção de matéria seca de milho. *In: FERTBIO 2012*, 2012. **A responsabilidade socioambiental da pesquisa agrícola** [...]. Maceió: [s. n.], 2012. p. 4. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/965114>. Acesso em: 4 ago. 2021.
- BRASIL, M. da A., Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa n. 35, de 04 de julho de 2006**. Dispõe sobre as normas sobre especificações e garantias, tolerâncias, registro, embalagem e rotulagem dos corretivos de acidez, de alcalinidade e de sodicidade e dos condicionadores de solo, destinados à agricultura. 2006. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/fertilizantes/legislacao/in-35-de-4-7-2006-corretivos.pdf>. Acesso em: 5 ago. 2021.
- CABRAL, F. L.; BASTOS, A. V. S.; TEIXEIRA, M. B.; SILVA, E. C. da; SOARES, F. A. L.; SANTOS, L. N. S. Níveis de fertilização de fósforo mineral e organomineral na cultura do milho. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 6, p. 36414–36426, 10 jun. 2020. DOI 10.34117/bjdv6n6-255. Disponível em: <https://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/11486>. Acesso em: 4 ago. 2021.
- COIMBRA, R. R.; FRITSCHÉ-NETO, R.; COIMBRA, D. B.; NAOE, L. K.; CARDOSO, E. A.; RAONI, D.; MIRANDA, G. V. Relação entre tolerância do milho a baixo teor de fósforo no solo e responsividade a adubação fosfatada. **Bioscience Journal**, v. 30, n. 2, p. 332–339, 7 fev. 2014. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/13641>. Acesso em: 9 ago. 2021.
- DOS SANTOS, U. J.; DUDA, G. P.; SILVA, É. de O.; SILVA, A. O.; VIAR, P. F.; CARVALHO JÚNIOR, J. P. de. Produção de biomassa de plantas milho sob influência da adubação com biofertilizantes fosfatados. *In: CIÊNCIA DO SOLO: PARA QUÊ E PARA QUEM?*, 2013. **XXXIV Congresso brasileiro de ciência do**

solo [...]. Florianópolis: [s. n.], 2013. p. 4. Disponível em: <https://www.sbcs.org.br/cbcs2013/anais/arquivos/783.pdf>. Acesso em: 22 maio 2021.

DUARTE, G. R. B. **Manejo de fósforo para plantas: tudo o que você precisa saber**. 2019a. *Lavoura10*. Disponível em: <https://blog.aegro.com.br/fosforo-para-plantas/>. Acesso em: 4 ago. 2021.

DUARTE, G. R. B. **Potássio para milho: Por que é tão importante e como fazer seu manejo**. 11 nov. 2019b. *Lavoura10*. Disponível em: <https://blog.aegro.com.br/potassio-para-milho/>. Acesso em: 9 ago. 2021.

DUARTE, G. R. B. **Superfosfato triplo e simples: solubilidade, formas e diferenças**. 2020. *Lavoura10*. Disponível em: <https://blog.aegro.com.br/superfosfato-triplo/>. Acesso em: 4 ago. 2021.

ESCOSTEGUY, P. A. V.; KLAMT, E. Basalto moído como fonte de nutrientes. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 22, n. 1, p. 11–20, 1998. DOI <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06831998000100002>. Disponível em: [https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-06831998000100002&script=sci\\_abstract&tlng=pt](https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-06831998000100002&script=sci_abstract&tlng=pt). Acesso em: 15 jan. 2021.

FOGAÇA, S. Z.; NOLLA, A. Adubação mineral e orgânica para o consórcio de milho e braquiária em latossolo vermelho distrófico típico do noroeste paranaense. *In: XXIV EAIC 2017 E IV EAIC JR, 2015*. Maringá: [s. n.], 2015. p. 4. Disponível em: <http://www.eaic.uem.br/eaic2015/anais/artigos/62.pdf>. Acesso em: 15 jun. 2021.

FRANCO, H. C. J. **Avaliação agronômica de fontes e doses de fósforo para o capim-Tifton 85**. 2003. 95 f. Dissertação de mestrado – Universidade Estadual Paulista “Julio De Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2003. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/96995>. Acesso em: 5 ago. 2021.

HENTZ, P.; CARVALHO, N. L. de. Impactos ambientais da fertilização orgânica em sistemas agropecuários na região sul-brasileira. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, v. 18, n. 1, p. 340–352, abr. 2014. DOI <http://dx.doi.org/10.5902/2236117012367>. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/reget/article/view/12367/pdf>. Acesso em: 14 fev. 2021.

IBGE. **Censo Agro 2017**. 2017. Disponível em: [https://censos.ibge.gov.br/agro/2017/templates/censo\\_agro/resultadosagro/pecuaria.html](https://censos.ibge.gov.br/agro/2017/templates/censo_agro/resultadosagro/pecuaria.html). Acesso em: 13 fev. 2021.

KLEIN, C.; AGNE, S. A. A. Fósforo: de nutriente à poluente. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, v. 8, n. 8, p. 1713–1721, dez. 2012. DOI <http://dx.doi.org/10.5902/223611706430>. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/reget/article/view/6430/pdf>. Acesso em: 7 jan. 2021.

LAPIDO-LOUREIRO, F. E. de V.; NASCIMENTO, M. Importância e função dos fertilizantes numa agricultura sustentável e competitiva. *In: TECNOLOGIA, M. da C. e (org.). Fertilizantes: agroindústria e sustentabilidade*. Rio de Janeiro: CETEM, 2009. p. 81–132. Disponível em: <http://mineralis.cetem.gov.br/handle/cetem/497>. Acesso em: 7 fev. 2021.

LAPIDO-LOUREIRO, F. E. de V.; RIBEIRO, R. C. C. Fertilização natural: rochagem, agricultura orgânica e plantio direto. Breve síntese conceitual. *In: TECNOLOGIA, M. da C. e (org.). Fertilizantes: agroindústria e sustentabilidade*. Rio de Janeiro:

CETEM, 2009. p. 149–172. Disponível em:

<http://mineralis.cetem.gov.br/handle/cetem/497>. Acesso em: 9 mar. 2021.

MAIA, G. F.; MATTAR, E.; ORTEGA, G.; MOREIRA, J. G.; RIBEIRO, I. L. Resposta do milho a fertilização com fósforo em latossolo amarelo distrófico na amazônia ocidental. **Enciclopédia Biosfera**, v. 9, n. 17, p. 2339–2347, 1 dez. 2013. Disponível em: <https://conhecer.org.br/ojs/index.php/biosfera/article/view/3209>. Acesso em: 5 jul. 2021.

MAPA, M. da A. P. e A. **Pecuária de baixa emissão de carbono: Tecnologias de produção mais limpa e aproveitamento econômico dos resíduos da produção de bovinos de corte e leite em sistemas confinados**. Brasília: MAPA, 2018. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/plano-abc/projeto-pecuaria-abc/arquivos-publicacoes/cartilha-carbono-web.pdf>. Acesso em: 4 fev. 2021.

MARQUETTO, L.; CASTAMANN, A. **Diferentes fontes de fertilizantes utilizados na cultura do milho**. 2017. Disponível em: <https://rd.uffs.edu.br/handle/prefix/824>. Acesso em: 22 abr. 2021.

MEERT, L.; MICHALOVICZ, L.; KÖLLN, O. T.; MÜLLES, M. M. L.; KAWAKAMI, J. **Produtividade e rentabilidade do milho cultivado com fertilizantes naturais após ervilhaca**. v. 4, 2009. Disponível em: <http://revistas.utfpr.edu.br/pb/index.php/SysScy/article/view/524>. Acesso em: 4 ago. 2021.

MELO, M. P. de; LIMA, R. C. P.; FREITAS, G. A. de; OLIVEIRA, L. B. de; LIMA, S. O. **Produção do capim piatã submetido a fontes e doses de fósforo**. v. 12, n. 3, p. 15--23, 2018. Disponível em: <https://revistatca.pb.gov.br/edicoes/volume-12-2018/volume-12-n-3-2018/03-ce-0518-11-producao-do-capim-piata-submetido-a-fontes-e-dose-de-fosforo.pdf>. Acesso em: 5 ago. 2021.

MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A.; MURAOKA, T.; CARMO, C. A. F. S. do; MELO, W. J. de. Análise química de tecido vegetal. In: SILVA, F. C. da (org.). **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. p. 191–233.

MOREIRA, D. T.; SOARES, M. R.; AMARAL, A. F. do; SARTORIO, S. D. Efeito da rochagem no crescimento e nutrição de plantas de batata. nov. 2017., Backup Publisher: EMBRAPA. **III Congresso Brasileiro de Rochagem** [...]. Assis: Triunfal Gráfica e Editora, nov. 2017. p. 305–309.

MORETTO, J. de L. **Termofosfatos: eficiência agronômica e alterações químicas em solos com diferentes concentrações iniciais de fósforo**. 2017. 83 f. Tese de doutorado – Faculdade de Ciências Agrônomicas da UNESP, Botucatu, 2017. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/151588>. Acesso em: 4 ago. 2021.

NASCIMENTO, K. P. M.; GALVÃO, J. R.; ALVES, K. F.; BARBOSA, M. F.; VIANA, T. C.; JESUS, A. M. B. S. de; LIMA, L. M.; OLIVEIRA, C. A. G. de. Fontes fosfatadas e micronutrientes são relevantes na cultura do milho. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 10, n. 5, p. 1–14, 12 out. 2019. DOI 10.6008/CBPC2179-6858.2019.005.0001. Disponível em:



<http://sustenere.co/index.php/rica/article/view/CBPC2179-6858.2019.005.0001>. Acesso em: 5 ago. 2021.

NASCIMENTO, K. P. M.; YAKUWA, T. K. M.; ARAÚJO, L. B.; ALMEIDA, G. V. de; GALVÃO, J. R. Características agronômicas do milho sob a aplicação de fontes fosfatadas e micronutrientes. *In: III CONGRESSO INTERNACIONAL DAS CIÊNCIAS AGRÁRIAS, 2018*. [S. l.: s. n.], 2018. DOI <https://doi.org/10.31692/2526-7701.IIICOINTERPDVAGRO.2018.00350>. Disponível em: <https://cointerpdvagro.com.br/wp-content/uploads/2019/01/Caracter%C3%ADsticas-agron%C3%B4micas-do-milho-sob-a-aplica%C3%A7%C3%A3o-de-fontes-fosfatadas-e-micronutrientes.pdf>. Acesso em: 6 jun. 2021.

NUTRIGESSO. Gesso agrícola. 2017. **Nutrigesso - Gesso Agrícola**. Disponível em: <http://www.nutrigesso.com.br/gessoagricola>. Acesso em: 4 ago. 2021.

OLIVEIRA, L. V. de; DUARTE, I. N. **Cultivo do milho em vasos com diferentes fontes de fósforo**. p. 1–10, 2019. Disponível em: <http://repositorio.fucamp.com.br/bitstream/FUCAMP/453/1/Cultivomilhovasos.pdf>. Acesso em: 15 jun. 2021.

OSHIRO, C. R.; SILVA, D. A. da; HOSKAWA, R. T.; SILVA, J. C. G. L. da; NAKAJIMA, N. Y. **Disponibilidade potencial de esterco da bovinocultura leiteira para energia em cooperativa**. dez. 2016. São Paulo: USP, dez. 2016. p. 7. Disponível em: <http://engemausp.submissao.com.br/18/anais/arquivos/435.pdf>. Acesso em: 22 jun. 2021.

RESENDE, Á. V. de; FURTINI NETO, A. E.; MARTINS, É. de S.; HURTADO, S. M. C.; OLIVEIRA, C. G. de; SNA, M. C. de. **Protocolo de avaliação agronômica de rochas e produtos derivados como fontes de nutrientes às plantas ou condicionadores de solo**. 1. ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2012. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/70059/1/doc-143.pdf>. Acesso em: 23 jun. 2021.

RIBEIRO, G. M.; ALMEIDA, J. A. de; LEMOS, L. S.; PEREIRA, G. E.; PEREIRA, G. R. Uso de pó de rocha como fonte de potássio para as plantas. *In: VI SIMPÓSIO INTERNACIONAL CIÊNCIA, SAÚDE E TERRITÓRIO, 2017. Alimentos seguros, nutritivos e suficientes [...]*. Lages: [s. n.], 2017. p. 501–507. Disponível em: [http://www.simposioppgas.com.br/downloads/ANAIS\\_SIMPOSIO2017.pdf](http://www.simposioppgas.com.br/downloads/ANAIS_SIMPOSIO2017.pdf). Acesso em: 9 ago. 2021.

RODRIGUES, A. M.; CECATO, U.; FUKUMOTO, N. M.; GALBEIRO, S.; SANTOS, G. T. dos; BARBERO, L. M. Concentrações e quantidades de macronutrientes na excreção de urina em pastagem de capim-mombaça fertilizada com fontes de fósforo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 6, p. 990–997, 2008. DOI <https://doi.org/10.1590/S1516-35982008000600006>. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/rbz/v37n6/v37n6a06.pdf>. Acesso em: 13 jun. 2021.

RODRIGUES NETO, D. A.; NOLLA, A. Crescimento e produtividade de milho submetido à aplicação e combinações de fertilizantes orgânicos e minerais em latossolo vermelho distrófico típico. *In: XXVI EAIC 2017 E VI EAIC JR, 2017*. Maringá: [s. n.], 2017. p. 4. Disponível em: <http://www.eaic.uem.br/eaic2017/anais/artigos/1887.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2021.



SBCS, S. B. de C. do S. (Org.). **Manual de adubação e calagem para o estado do Paraná**. 1. ed. Curitiba: SBCS/NEPAR, 2017.

SILVA, M. S. **Efeitos de esterco bovino em atributos químicos e físicos do solo, produtividade de milho e créditos de nitrogênio**. 2018. 77 f. Tese de doutorado – Universidade Estadual Paulista – UNESP, Jaboticabal, 2018. Disponível em: [https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/154592/silva\\_ms\\_dr\\_jabo.pdf?sequence=3&isAllowed=y](https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/154592/silva_ms_dr_jabo.pdf?sequence=3&isAllowed=y). Acesso em: 10 jan. 2021.

SILVEIRA, C. A. P.; BAMBERG, A. L.; MARTINAZZO, R.; PILLON, C. N.; MARTINS, É. de S. Protocolo para avaliação da eficiência agrônômica de remineralizadores de solo - uma proposta da Embrapa. nov. 2017., Backup Publisher: EMBRAPA. **III Congresso Brasileiro de Rochagem** [...]. Assis: Triunfal Gráfica e Editora, nov. 2017. p. 219–237.

SOUZA, E. C. A. de; YASUDA, M. **Uso agrônômico do termofosfato no Brasil**. 3. ed. Poços de Caldas: [s. n.], 2008. Disponível em: <https://www.yoorin.com.br/admin/media/uploads/publicacoesInformativosTecnicos/livro-uso-do-termofosfato-no-brasil.pdf>. Acesso em: 24 jun. 2021.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant Physiology**. [S. l.]: Sinauer Associates, 2006. v. 4, .

THEODORO, S. H.; LEONARDOS, O. H.; REGO, K. G.; MEDEIROS, F. de P.; TALINI, N. L.; SANTOS, F. dos; OLIVEIRA, N. Efeito do uso da técnica de rochagem associada à adubação orgânica em solos tropicais. *In: ANAIS DO II CONGRESSO BRASILEIRO DE ROCHAGEM, 2013*. Poços de Caldas: Suprema, 2013. p. 32–42. Disponível em: [https://www.researchgate.net/profile/Suzi-Theodoro/publication/295099176\\_Anaeis\\_d\\_o\\_II\\_Congresso\\_Brasileiro\\_de\\_Rochagem\\_coletanea\\_de\\_varios\\_autores/links/56c7718208aee3cee5394b0b/Anais-do-II-Congresso-Brasileiro-de-Rochagem-coletanea-de-varios-autores.pdf#page=32](https://www.researchgate.net/profile/Suzi-Theodoro/publication/295099176_Anaeis_d_o_II_Congresso_Brasileiro_de_Rochagem_coletanea_de_varios_autores/links/56c7718208aee3cee5394b0b/Anais-do-II-Congresso-Brasileiro-de-Rochagem-coletanea-de-varios-autores.pdf#page=32). Acesso em: 10 ago. 2021.

TRANI, P. E.; CAMARGO, M. S. de; TRANI, A. L.; PASSOS, F. A. **Superfosfato simples com esterco animal: um bom fertilizante organomineral**. 2008. Disponível em: [http://www.infobibos.com/Artigos/2008\\_2/organomineral/index.htm](http://www.infobibos.com/Artigos/2008_2/organomineral/index.htm). Acesso em: 15 jun. 2021.

VASCONCELLOS, C. A.; PITTA, G. V. E.; FRANÇA, G. E. de; ALVES, V. M. C. Fósforo para o milho? 2000. **Revista Cultivar**. Disponível em: <https://www.grupocultivar.com.br/artigos/fosforo-para-o-milho>. Acesso em: 5 ago. 2021.

VELOSO, C. **As vantagens e limitações do fosfato natural para a adubação agrícola**. 2021. **Blog Verde.ag**. Disponível em: <https://blog.verde.ag/nutricao-de-plantas/as-vantagens-e-limitacoes-do-fosfato-natural-para-a-adubacao-agricola/>. Acesso em: 4 ago. 2021.

VELOSO, C. **Rochagem: tudo o que você precisa saber sobre o uso de pós de rocha na agricultura**. 16 set. 2020. **Blog Verde.ag**. Disponível em: <https://blog.verde.ag/solo/rochagem-tudo-o-que-voce-precisa-saber-sobre-o-uso-de-pos-de-rocha-na-agricultura/>. Acesso em: 4 ago. 2021.

VILELA, F. J. **Desenvolvimento de um condicionador de solos com valor agregado a partir da biomassa de *Magonia pubescens***. 2017. 91 f. PhD Thesis – Universidade de Brasília, Brasília, 2017. Disponível em:

[https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/23507/1/2017\\_FernandoJos%C3%A9Vilela.pdf](https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/23507/1/2017_FernandoJos%C3%A9Vilela.pdf). Acesso em: 10 jun. 2021.

VON PINHO, R. G.; BORGES, I. D.; PEREIRA, J. L. D. A. R.; REIS, M. C. D. Marcha de absorção de macronutrientes e acúmulo de matéria seca em milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 8, n. 02, p. 157–173, 2009. DOI 10.18512/1980-6477/rbms.v8n02p%p. Disponível em: <http://rbms.cnpms.embrapa.br/index.php/ojs/article/view/278>. Acesso em: 9 ago. 2021.

WRITZL, T. C.; CANEPELLE, E.; STEIN, J. E. S.; KERKHOFF, J. T.; STEFFLER, A. D.; SILVA, D. W. da; REDIN, M. Produção de milho pipoca com uso do pó de rocha de basalto associado à cama de frango em latossolo. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 9, p. 101–109, 2019. DOI 10.21206/rbas.v9i2.3077. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/335153064\\_PRODUCAO\\_DE\\_MILHO\\_PIP\\_OCA\\_COM\\_USO\\_DO\\_PO\\_DE\\_ROCHA\\_DE\\_BASALTO\\_ASSOCIADO\\_A\\_CAMA\\_D\\_E\\_FRANGO\\_EM\\_LATOSSOLO](https://www.researchgate.net/publication/335153064_PRODUCAO_DE_MILHO_PIP_OCA_COM_USO_DO_PO_DE_ROCHA_DE_BASALTO_ASSOCIADO_A_CAMA_D_E_FRANGO_EM_LATOSSOLO). Acesso em: 6 jul. 2021.