

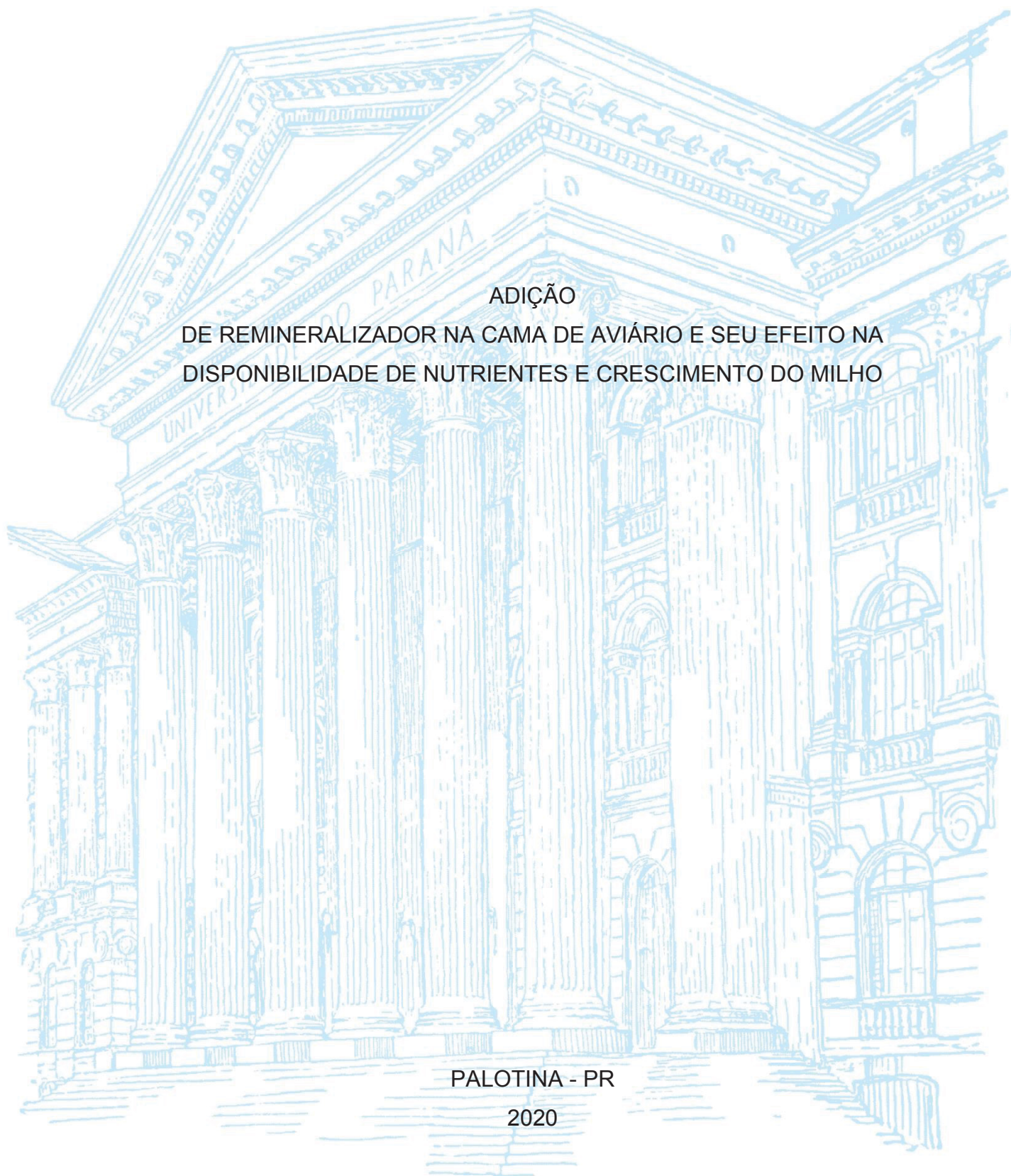
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

JANETE CHAVES DELLABETA CURTIS

ADIÇÃO
DE REMINERALIZADOR NA CAMA DE AVIÁRIO E SEU EFEITO NA
DISPONIBILIDADE DE NUTRIENTES E CRESCIMENTO DO MILHO

PALOTINA - PR

2020



JANETE CHAVES DELLABETA CURTIS

ADIÇÃO DE REMINERALIZADOR NA CAMA DE AVIÁRIO E SEU EFEITO NA
DISPONIBILIDADE DE NUTRIENTES E CRESCIMENTO DO MILHO

Dissertação apresentada ao curso de Pós-Graduação em Biotecnologia, Setor Palotina, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Biotecnologia.

Orientador: Prof. Dr. Robson Fernando Missio

Coorientador: Prof. Dr. Augusto Vaghetti Luchese

PALOTINA

2020

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

C978 Curtis, Janete Chaves Dellabeta
Adição de reminerador na cama de aviário e seu efeito na
disponibilidade de nutrientes e crescimento do milho / Janete
Chaves Dellabeta Curtis – Palotina,2020.
61f.

Orientador: Robson Fernando Missio
Coorientador: Augusto Vaghetti Luchese
Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Paraná,
Setor Palotina, Programa de Pós-graduação em Biotecnologia.

1.Pó de rocha . 2.Cama de aviário. 3.Liberação de nutrientes.
I. Missio, Robson Fernando. II. Luchese, Augusto Vaghetti. III.
Universidade Federal do Paraná. IV. Título.

CDU 636.5



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SETOR PALOTINA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO BIOTECNOLOGIA -
40001016083P6

ATA Nº31

ATA DE SESSÃO PÚBLICA DE DEFESA DE MESTRADO PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM BIOTECNOLOGIA

No dia trinta de outubro de dois mil e vinte às 08:30 horas, na sala online, via Plataforma Google Meet, foram instaladas as atividades pertinentes ao rito de defesa de dissertação da mestranda **JANETE CHAVES DELLABETA CURTIS**, intitulada: **Adição de remineralizador na cama de aviário e seu efeito na disponibilidade de nutrientes e crescimento do milho**, sob orientação do Prof. Dr. ROBSON FERNANDO MISSIO. A Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em BIOTECNOLOGIA da Universidade Federal do Paraná, foi constituída pelos seguintes Membros: ROBSON FERNANDO MISSIO (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ), MARCELO AUGUSTO BATISTA (UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ), LAERCIO AUGUSTO PIVETTA (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ). A presidência iniciou os ritos definidos pelo Colegiado do Programa e, após exarados os pareceres dos membros do comitê examinador e da respectiva contra argumentação, ocorreu a leitura do parecer final da banca examinadora, que decidiu pela APROVAÇÃO. Este resultado deverá ser homologado pelo Colegiado do programa, mediante o atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca dentro dos prazos regimentais definidos pelo programa. A outorga de título de mestre está condicionada ao atendimento de todos os requisitos e prazos determinados no regimento do Programa de Pós-Graduação. Nada mais havendo a tratar a presidência deu por encerrada a sessão, da qual eu, ROBSON FERNANDO MISSIO, lavrei a presente ata, que vai assinada por mim e pelos demais membros da Comissão Examinadora.

PALOTINA, 30 de Outubro de 2020.

Assinatura Eletrônica

05/11/2020 17:22:50.0

ROBSON FERNANDO MISSIO

Presidente da Banca Examinadora (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

Assinatura Eletrônica

05/11/2020 17:18:03.0

MARCELO AUGUSTO BATISTA

Avaliador Externo (UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ)

Assinatura Eletrônica

06/11/2020 06:12:06.0

LAERCIO AUGUSTO PIVETTA

Avaliador Externo (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

RUA PIONEIRO, 2153 - PALOTINA - Paraná - Brasil

CEP 85950-000 - Tel: (44) 3211-8500 - E-mail: mestradiotecufpr@gmail.com

Documento assinado eletronicamente de acordo com o disposto na legislação federal Decreto 8539 de 08 de outubro de 2015.

Gerado e autenticado pelo SIGA-UFPR, com a seguinte identificação única: 60572

Para autenticar este documento/assinatura, acesse <https://www.prppg.ufpr.br/siga/visitante/autenticacaoassinaturas.jsp> e insira o código 60572



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SETOR PALOTINA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO BIOTECNOLOGIA -
40001016083P6

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em BIOTECNOLOGIA da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da dissertação de Mestrado de **JANETE CHAVES DELLABETA CURTIS** intitulada: **Adição de remineralizador na cama de aviário e seu efeito na disponibilidade de nutrientes e crescimento do milho**, sob orientação do Prof. Dr. ROBSON FERNANDO MISSIO, que após terem inquirido a aluna e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa.

A outorga do título de mestre está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

PALOTINA, 30 de Outubro de 2020.

Assinatura Eletrônica

05/11/2020 17:22:50.0

ROBSON FERNANDO MISSIO

Presidente da Banca Examinadora (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

Assinatura Eletrônica

05/11/2020 17:18:03.0

MARCELO AUGUSTO BATISTA

Avaliador Externo (UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ)

Assinatura Eletrônica

06/11/2020 06:12:06.0

LAERCIO AUGUSTO PIVETTA

Avaliador Externo (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

RUA PIONEIRO, 2153 - PALOTINA - Paraná - Brasil

CEP 85950-000 - Tel: (44) 3211-8500 - E-mail: mestradiotecufpr@gmail.com

Documento assinado eletronicamente de acordo com o disposto na legislação federal Decreto 8539 de 08 de outubro de 2015.

Gerado e autenticado pelo SIGA-UFPR, com a seguinte identificação única: 60572

Para autenticar este documento/assinatura, acesse <https://www.prppg.ufpr.br/siga/visitante/autenticacaoassinaturas.jsp> e insira o código 60572

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela força e capacitação e por estar ao meu lado, sem ele isso não seria possível.

Ao Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia da UFPR – Setor Palotina, instituição que carinhosamente tenho orgulho de fazer parte.

Ao meu coorientador Prof Dr Augusto Vaghetti Luchese pela oportunidade, amizade, apoio, empatia e muitos outros atributos que poderia elencar aqui. Muito obrigada por me proporcionar um Mestrado de muito aprendizado e por todo conhecimento transmitido. Serei eternamente grata.

Ao Meu Orientador Prof. Dr Robson Fernando Missio pela oportunidade, pelos ensinamentos e paciência, principalmente na correção, que sei que não foi fácil. Minha eterna gratidão.

Aos meus professores da graduação e mestrado pelas amizades, ensinamentos e exemplos. Também agradeço aos funcionários da UFPR – Setor Palotina pelos auxílios prestados.

Ao meu amado marido Diego, amigo e companheiro nas horas boas e nas não tão boas. Sem seu apoio, paciência e ajuda eu jamais teria chegado até aqui.

Aos meus queridos filhos, que sempre estiveram ao meu lado, me ajudando, apoiando, e compreendendo nos momentos que estive ausente, vocês são parte dessa conquista.

A minha amiga Nathalia Dallius, por toda a ajuda, amizade e conselhos durante essa etapa tão importante. Sou eternamente grata.

Aos meus familiares, que mesmo de longe, me apoiam incondicionalmente.

RESUMO

Neste trabalho foi analisado a interação entre a cama de aviário e remineralizador durante o processo de estabilização, gerando um produto de com maior liberação de nutrientes para solo e planta. O estudo é uma proposta para uma opção de aproveitamento de materiais disponíveis nas propriedades podendo gerar economia, em razão da possibilidade de redução de custos pela substituição de adubos minerais atualmente aplicados e que são, na sua grande maioria, importados. Os remineralizadores são insumos empregados nas atividades agrícolas com a finalidade de fornecer nutrientes às plantas e melhorar os atributos químicos dos solos, a cama de aviário possui nutrientes para solo e plantas, e os dois produtos estão disponíveis na região a um custo acessível. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da cama de aviário na solubilização de elementos presentes no remineralizador, propiciando assim, em contrapartida, o enriquecimento da cama com nutrientes e favorecendo a disponibilidade dos nutrientes presentes no remineralizador. O experimento foi constituído de um ensaio de incubação para caracterização química dos compostos e um ensaio vegetação com avaliação do crescimento vegetativo da cultura do milho. O ensaio de incubação consistiu de um experimento contendo 7 tratamentos com 5 repetições com diferentes misturas entre os dois materiais. A cama de aviário permaneceu sempre com 100g e a variação ocorreu com o remineralizador sendo, 0, 10, 20, 30, 40 e 50g, acrescentados na cama de aviário. Após a incubação foi determinado a volatilização de amônia (NH_3) e dióxido de carbono (CO_2) no período de 47 dias. Após está etapa determinou-se os teores totais dos seguintes elementos: N, Ca, Mg, K, P, e os teores disponíveis. O ensaio vegetativo foi realizado na cultura do milho em dois tipos de solos (textura média e argilosa) com os tratamentos: cama de aviário, pó de rocha, e as misturas de cama de aviário e remineralizador, com 100g e 10g (T10), 100g e 30g e 100g e 50g, respectivamente. O ensaio foi realizado em vasos sob condições de casa de vegetação, seguindo o delineamento experimental inteiramente casualizado arranjado em fatorial. Foram realizadas análises químicas nos solos (pH, P, Ca, Mg e K) e análises foliares das variáveis Massa seca, N, P, K e os teores de clorofila A, B e Total. Os melhores resultados de volatilização tanto para N- NH_3 (com menor volatilização) quanto CO_2 (com maior atividade microbiana), foi o tratamento denominado T30, com 100g de cama e 30g de remineralizador. Os teores extraíveis P e K, tiveram redução a partir do tratamento com 30% do remineralizador. Para os teores nutricionais totais o tratamento T10 apresentou melhor resultado na maioria dos nutrientes. Após a condução dos tratamentos quando aplicados em casa de vegetação, conclui-se que há incremento nos atributos do solo e nos tecidos foliares principalmente conforme o aumento na dose da mistura entre os materiais, demonstrando que há efeito entre a cama de aviário e remineralizador na cultura de milho.

Palavras-chave: Pó de rocha. Cama de aviário. Liberação de nutrientes.

ABSTRACT

In this work it was analyzed the interaction between the poultry bed and remineralizer during the process of stabilization, generating a product which releases more nutrients to the soil and the plant. The study is a proposal to an optional use of available materials in properties that can generate savings, due to the possibility of cost reduction by the replacement of current applied mineral fertilizers, which are mostly imported. The remineralizers are agricultural inputs used in agriculture activities with the purpose of providing nutrients to the plants and to improve chemical attributes of the soil, the poultry bed has nutrients to the soil and the plants, both products are available in the region at an affordable price. The purpose of this work was evaluating the effect of the poultry bed in the solubilization of elements present in the remineralizer, providing nutritional enrichment to the poultry bed and favoring the availability of nutrients in the remineralizer. The experiment consisted in an incubation test for the chemical characterization of the compounds and a vegetation test with evaluation of the vegetative growth of the corn crop. The incubation test consisted in an experiment containing 7 treatments with 5 repetitions with different mixtures between both materials. The poultry bed always remained with 100g and the variation occurred with the remineralizer, being 0g, 10g, 20g, 30g, 40g and 50g implemented in the poultry bed. After the incubation it was determined the volatilization of ammonia (NH_3) and of carbon dioxide (CO_2) in a 47-day period. After this step, it was determined the total contents of the following elements: N, Ca, Mg, K, P and the available contents. The vegetative test was performed in vases under the conditions of the greenhouse, following the completely randomized experimental design arranged in factorial. It were performed chemical analysis in the soils (pH, P, Ca, Mg e K) and foliar analysis of the variables dry mass, N, P, K and the contents of chlorophyll A, B and total. The best results of volatilization both for N- NH_3 (with less volatilization) and CO_2 (with more microbial activity), was the T30 treatment, with 100g of poultry bed and 30g of remineralizer. The extractable contents P and K had a reduction starting the treatment with 30% of remineralizer. For the total nutritional contents, the T10 treatment had the better result in most nutrients. After the conduction of the treatments when applied in the greenhouse, is concluded that it has an increment on the soil attributes and in the foliar tissues, mainly according to the increase in the dose of the mixture between the materials, demonstrating that it has effect between the poultry bed and the remineralizer in the corn cop.

Key words: Rock dust. Poultry bed. Nutrient release.

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO REMINERALIZADOR UTILIZADO NO EXPERIMENTO POR ESPECTROMETRIA DE FLUORESCÊNCIA DE RAIOS X. LAMIR – UFPR.....	19
TABELA 2 - ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DO REMINERALIZADOR POR PENEIRAMENTO.	19
TABELA 3 - DESCRIÇÃO DOS TRATAMENTOS UTILIZADOS NO EXPERIMENTO.....	20
TABELA 4 – RESUMO DA ANÁLISE DE VARIANCIAS PARA A EMISSÃO DE CO ₂ E VOLATILIZAÇÃO DE NH ₃ EM FUNÇÃO DOS TRATAMENTOS E TEMPO DE INCUBAÇÃO.	21
TABELA 5 – TEORES DE POTÁSSIO (K) e FÓSFORO (P) EXTRAÍVEIS NOS DIFERENTES TRATAMENTOS.	26
TABELA 6 – TEORES TOTAIS DE N, Mg, Ca, K e P NOS DIFERENTES TRATAMENTOS.....	27
TABELA 7 – ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DOS SOLOS UTILIZADOS PARA A COMPOSIÇÃO DO EXPERIMENTO	41
TABELA 8 – ANÁLISE QUÍMICA DOS SOLOS (TEXTURA ARGILOSA E MÉDIA) UTILIZADOS PARA A COMPOSIÇÃO DOS EXPERIMENTOS.	42
TABELA 9 – TEORES TOTAIS DE N, P e K DA CAMA DE AVIÁRIO	42
TABELA 10 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA DAS VARIÁVEIS VINCULADAS A PARTE AÉREA DAS PLANTAS DE MILHO EM FUNÇÃO DOS TRATAMENTOS E DOSES NOS 2 SOLOS ESTUDADOS.....	43
TABELA 11 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS ELEMENTOS DO SOLO EM FUNÇÃO DOS TRATAMENTOS E DOSES NOS 2 SOLOS ESTUDADOS.....	44
TABELA 12 - COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO REMINERALIZADOR UTILIZADO NO EXPERIMENTO POR ESPECTROMETRIA DE FLUORESCÊNCIA DE RAIOS X.....	47

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – LIBERAÇÃO TOTAL DE CO ₂ EM DIFERENTES TRATAMENTOS DE MISTURAS DE CAMA DE AVIÁRIO E REMINERALIZADOR EM FUNÇÃO DO TEMPO DE INCUBAÇÃO.....	23
FIGURA 2 – VOLATILIZAÇÃO TOTAL DE N-NH ₃ EM DIFERENTES TRATAMENTOS DE MISTURAS DE CAMA DE AVIÁRIO E REMINERALIZADOR EM FUNÇÃO DO TEMPO DE INCUBAÇÃO. .	24
FIGURA 3 – TEORES EXTRAÍVEIS DE POTÁSSIO (K) e FÓSFORO (P) EM DIFERENTES TRATAMENTOS DE MISTURAS DE CAMA DE AVIÁRIO E PÓ DE ROCHA	27
FIGURA 4 - TEORES TOTAIS DE N, Mg, Ca, P e K NOS DIFERENTES TRATAMENTOS DE MISTURAS DE CAMA DE AVIÁRIO E REMINERALIZADOR.....	29
FIGURA 5 – COMPORTAMENTO DAS VARIÁVEIS DA PARTE AÉREA EM FUNÇÃO DOS TRATAMENTOS E EM DOIS TIPOS DE SOLO.	46
FIGURA 6 – COMPORTAMENTO DAS VARIÁVEIS DO SOLO EM FUNÇÃO DOS TRATAMENTOS E EM DOIS TIPOS DE SOLO.....	49
FIGURA 7 – COMPORTAMENTO DO NUTRIENTE POTÁSSIO (K) DA PARTE AÉREA E SOLO EM FUNÇÃO DOS TRATAMENTOS E EM DOIS TIPOS DE SOLO.	53
FIGURA 8 – COMPORTAMENTO DO NUTRIENTE FÓSFORO (P) DA PARTE AÉREA E SOLO EM FUNÇÃO DOS TRATAMENTOS E EM DOIS TIPOS DE SOLO.	55

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL.....	12
1.1 OBJETIVOS	13
1.1.1 Objetivo geral	13
2 . CAPITULO 1: AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE MICROBIANA E PERDAS DE N- NH₃ E CO₂ EM CAMA DE AVIÁRIO TRATADA COM REMINERALIZADOR	15
RESUMO.....	15
ABSTRACT.....	16
2.1 INTRODUÇÃO	17
2.2 MATERIAL E MÉTODOS	19
2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	21
2.3.1 Emissões de CO ₂	21
2.3.2 Volatilização de amônia (NH ₃).....	23
2.3.3 Caracterização química.....	25
2.4 CONCLUSÕES	31
REFERÊNCIAS.....	32
3. CAPITULO 2: PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA DO MILHO (ZEA MAYS L.) E ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO, EM RESPOSTA A APLICAÇÃO DE CAMA DE AVIÁRIO TRATADA COM REMINERALIZADOR.....	37
RESUMO.....	37
ABSTRACT.....	38
3.1 INTRODUÇÃO	39
3.2 MATERIAL E MÉTODOS	41
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	43
3.4 CONCLUSÃO	57
REFERÊNCIAS.....	58

1 INTRODUÇÃO GERAL

A elevação dos custos dos fertilizantes e o aumento da poluição ambiental, devido os resíduos gerados nas propriedades e indústrias, fazem com que o uso de resíduos orgânicos na agricultura se torne uma opção atrativa e econômica, em razão da ciclagem de nutrientes. Este fato tem gerado aumento na demanda de informações para avaliar a viabilidade técnica e econômica para disposição de alguns desses resíduos em solos agrícolas (SANTOS et al., 2011).

Por não ser um grande produtor de fertilizantes, o Brasil tende a importar um volume alto, no ano de 2018 a ANDA (2018) contabilizou a importação de 26 milhões de toneladas, ou seja, 76% de todo o volume consumido no país.

Os produtores estão buscando minimizar os custos de produção utilizando os fertilizantes orgânicos devido menor valor, destacando a cama de aviário como um fertilizante que pode suprir algumas necessidades da fertilização do solo (BENITES et al., 2010).

Este tipo de fertilizante é considerado uma alternativa para repor a matéria orgânica do solo e melhorar suas características físicas, químicas e biológicas, além de ter se tornado uma alternativa interessante para resolver um passivo ambiental devido sua taxa de geração ser muito maior que sua taxa de degradação (MELLO et al., 2000).

Segundo KOZEN (2003), a cama de aviário pode ser utilizada como um fertilizante eficaz e seguro na produção de grãos e pastagens, desde que precedidos dos ativos ambientais que assegurem a proteção ao meio ambiente, antes da sua reciclagem.

Analisando quimicamente algumas de camas de aviário, Zhang et al. (2002) obtiveram os teores médios de 2,8% de Nitrogênio (N), 2,7% de Fósforo (P) e 2,3% de Potássio (K), com teor de água de 23% e pH de 7,1. Já Oliveira (2001) trabalhando com 240 amostras obteve respostas diferentes em relação ao anterior, com valores maiores de N, P e K.

Quimicamente os teores de nutrientes são menores em uma matéria-prima orgânica em relação a um fertilizante, com objetivo de maior eficiência e liberação de nutrientes, algumas indústrias de adubos orgânicos, estão incorporando remineralizador no solo, tendo como denominação a rochagem (MELLO et al., 2000).

Para Cola e Simão (2012), o princípio da rochagem é a aplicação de um produto com vasta diversificação de nutrientes no solo. As rochas por si têm como principais elementos químicos os óxidos de silício, assim como consideráveis quantidades de Cálcio (Ca) e Magnésio (Mg), além de outros elementos importantes (TURNER & VERHOOGEN, 1960).

RESENDE et al. (2002) destacam que os elementos químicos existentes nas rochas podem ser liberados por simples operações químicas, dentre eles, o Ca, o Mg e K e os que podem ser concentrados residualmente correspondem ao P e elementos traços.

Cola e Simão (2012) citam em seus estudos que a rochagem juntamente com algumas matérias-primas orgânicas, tende a aumentar a liberação de nutrientes no solo para as plantas, pois com a junção da matéria orgânica com os nutrientes da rocha, tendem a promover o aumento da liberação de nutrientes.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

Avaliar as alterações químicas das misturas de cama de aviário e remineralizador em diferentes proporções, e avaliar as alterações nos atributos químicos do solo, na produção de MS e alterações na composição química do milho (*Zea mays* L.)

Objetivos específicos

- Quantificar se há enriquecimento nutricional do composto entre cama de aviário e o remineralizador;
- Avaliar as perdas do nitrogênio e carbono da mistura remineralizador e cama de aviário ao longo do tempo;
- Avaliar o desenvolvimento da cultura de milho e a liberação de nutrientes para o solo e a planta, pelos tratamentos testados.

REFERENCIAS

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE DIFUSÃO DE ADUBOS, ANDA, 2018. Disponível em: <http://anda.org.br/estatisticas>. Acesso em: 03 jun. 2020.

BENITES, V. de M.; CORREA, J.C.; DE MENEZES, J.F.S. Production of granulated organo mineral fertilizer from pig slurry and poultry litter in Brazil. In: World fertilizer congresso oh the international scientific centre for fertilizers. 2010. Bucarest. **Anais...** Bucarest, 2010, p.85-90, 2010.

COLA, G.P.A.; SIMÃO, J.B.P. Rochagem como forma alternativa de suplementação de potássio na agricultura agroecológica. **Revista Verde**, Mossoró – RN, v.7, n.1, p. 01-08, 2012.

KOZEN, E. A. **Fertilização de lavoura e pastagem com dejetos suínos e cama de aves**. EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. V Seminário técnico da cultura de milho, Vieira, 2003.

MELLO, S.C., PEREIRA, H.S.; VITTI, G.C. Efeitos de fertilizantes orgânicos na nutrição e produção do pimentão. **Horticultura Brasileira**, v.18, n.3, p.200-203, 2000. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-05362000000300012>.

OLIVEIRA, F.L. **Manejo orgânico da cultura do repolho (*Brassica oleracea* var. capitata)**: adubação orgânica, adubação verde e consorciação. 2001. 87 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2001. Disponível em: https://orgprints.org/24882/1/Oliveira_Manejo.pdf. Acesso em: 03 jun. 2020.

RESENDE, M.; CURTI, N.; RESENDE, S.B. de; CORRÊA, G.F. **Pedologia: base para distinção de ambientes**. Viçosa-MG, 2002. 338 p.

SANTOS, J.F. dos; GRAGEIRO, J.I.T.M.; OLIVEIRA, E.C.; BEZZERRA, A.S.; SANTOS, M. do C.C.A.S. Adubação orgânica na cultura de milho no brejo paraibano. **Revista de Engenharia Ambiental**. Espirito Santo do Pinhal, v.6, p.209-2016; mai/ago.2011.

TURNER, F.J.; VERHOOGEN, J. Igneous and Metamorphic Petrology. 2 ed. New York: **McGraw-Hill**, 1960. 694p.

ZHANG, F.S.; YAMASAKI, S.; KIMURA, K. Waste ashes for use in agricultural production: I Liming effect, contents of plant nutrients and chemical characteristics of some metals. **The Science of the Total Environment**, n.284, p.215-225, 2002.

2 . CAPITULO 1: AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE MICROBIANA E PERDAS DE N-NH₃ E CO₂ EM CAMA DE AVIÁRIO TRATADA COM REMINERALIZADOR

RESUMO

A cama de aviário e o remineralizador utilizados neste trabalho possuem uma grande oferta na região Oeste Paranaense, devido ao grande número de aviários de corte e pedreiras, com isso estes produtos podem gerar um maior valor agregado para a cadeia do agronegócio. O experimento foi constituído de um ensaio de incubação para caracterização química dos materiais, contendo 7 tratamentos e 5 repetições. Os tratamentos utilizados foram misturas T₁₀ - 10, T₂₀ - 20, T₃₀ - 30, T₄₀ - 40 e T₅₀ - 50, em gramas de remineralizador com 100 g de cama de aviário (mistura), com as testemunhas cama de aviário puro (T_{CA}) e pó de rocha puro (T_{Rem}). Durante o período de incubação de 40 dias para CO₂ e 47 dias N-NH₃ determinou-se a liberação de CO₂ e N-NH₃ e no final do processo a quantificação química dos elementos essenciais para as plantas. O melhor resultado para volatilização de amônia foi o T₃₀, com a estabilização mais rápida, consequentemente menor perda para o meio, estatisticamente igual à TCA. Para a liberação de CO₂ o melhor resultado foi no tempo 3 com a aplicação de 30% de mineralizador na cama de aviário, o que resultou em uma estabilidade final desta perda para o aumento da matéria orgânica do meio. Os teores extraíveis de P e K teve redução a partir do tratamento T₃₀. O tratamento T₁₀ apresentou melhores resultados para todos os teores de nutrientes totais avaliados, embora para alguns nutrientes sendo estatisticamente iguais a testemunha.

Palavras-chave: Volatilização de NH₃. Perda de CO₂. Adubo orgânico.

ABSTRACT

The poultry bed and the remineralizer used in this work have a big offer in the West region of Paraná due to the large number of broiler poultry and quarries, thereby these products can generate greater added value for the agribusiness chain. The experiment consisted in an incubation test for the chemical characterization of the materials, containing 7 treatments and 5 repetitions. The treatments used were mixtures T₁₀ -10, T₂₀ - 20, T₃₀ -30, T₄₀- 40 and T₅₀ -50, in grams of remineralizer with 100g of poultry bed (mixture), with pure poultry bed (T_{ca}) and pure rock dust (T_{rem}) as witnesses. During the 40-day incubation period for the CO₂ and the 47-day incubation period for the N-NH₃ it was determined the release of CO₂ and N-NH₃ and, at the end of the process, the chemical quantification of the essential elements to the plants. The best result for the ammonia volatilization was the T₃₀, with faster stabilization and, therefore, with less lost to the environment, statistically as the TCA. For the release of CO₂, the best result was also in T₃₀, with the application of 30% of mineralizer on the poultry bed that resulted on a final stability of this lost to the increasement of organic matter. The extractable contents of P and K were reduced starting the T₃₀ treatment. The T₁₀ treatment has shown better results for all total nutrients content evaluated, although, for some nutrients, it was statistically the same as the witnesses.

Key words: N-NH₃ volatilization. CO₂ release. Organic fertilizer.

2.1 INTRODUÇÃO

A demanda por fertilizantes é uma realidade devido ao aumento da produção agrícola. Insumos naturais, tanto orgânicos quanto minerais, podem suprir essa demanda, desde que os teores de nutrientes disponíveis sejam compatíveis com os produtos encontrados no mercado (REETZ, 2017). Para isso, é necessário saber a composição química dos mesmos, bem como destinar a utilização conforme a aptidão agrícola (SILVA, 2017).

Silva et al. (2011) relatam que a elevação do custo dos fertilizantes comerciais, e o aumento da poluição ambiental fazem do uso de resíduos orgânicos na agricultura uma opção atrativa, do ponto de vista econômico, em razão da ciclagem de nutrientes. Esses fatos geram um aumento na demanda por informações com intuito de avaliar a viabilidade técnica e econômica para a disposição de alguns desses resíduos em solos agrícolas (SANTOS et al., 2011).

Destaca-se neste cenário os resíduos gerados nas cadeias da pecuária: aves, suínos e bovinos, onde estas deverão retornar a natureza de forma racional, ou seja, sem impactar o ambiente (CORREA e MIELE, 2011).

A avicultura perante a cadeia da pecuária, representa 2% do PIB nacional (AVICULTURA INDUSTRIAL, 2019). Muitos são os resíduos por elas liberados ao solo ou ao meio, sendo a cama de aviário o que mais se destaca destes resíduos.

A cama de aviário é um material composto principalmente de palha de arroz, serragem, e juntamente com fezes, urina, restos de ração e penas que se misturam, caracterizando um produto de origem animal (DUTRA et al., 2005). Seus principais nutrientes são N, K e P, componentes estes que também são os principais dos adubos minerais, no qual 60% são importados, com elevado custo para aquisição (EMATER, 2011).

Fávero (2012) analisou diversas camas de aviários, com intuito de observar potencial de aumento na quantidade de nutrientes para o solo, relatando que foi mais significativo para os teores de P, K e S do solo. Esta liberação está atrelada com dois processos bioquímicos na cama de aviário como a volatilização da amônia (NH_3) e a perda de dióxido de carbono (CO_2) para o meio.

Medeiros (2007), explica que a emissão do gás amônia pode influenciar negativamente tanto o ambiente criatório como as comunidades urbanas próximas a eles. Estas perdas de N envolvidas na volatilização de NH_3 pode variar muito e são

extremamente dependentes das condições ambientais e do manejo empregado durante a aplicação dos fertilizantes nitrogenados (Meisinger e Jokela, 2000).

De modo geral, utilizando a cama de aviário observam-se perdas de NH_3 que variam entre 3 a 60% do N total aplicado (Sharpe et al., 2004). Esta volatilização pode influenciar na disponibilidade principalmente do N e de outros nutrientes na matéria prima.

O teor de carbono (C) é útil para avaliar o grau de humificação dos resíduos, uma vez que, com o aumento do tempo de compostagem, ocorre diminuição do teor de MO do composto (Dias et al., 2010). Também permite determinar a relação C/N, que é um dos fatores reguladores do processo de compostagem (Jiménez e García, 1989).

Com isso, existem vários processos que a indústria tenta modificar a estrutura química destes resíduos, para que o produtor possa aplicar no solo e conseqüentemente ter um aumento de produção. Muitos são os produtos aplicados no solo para aumento de produtividade, mas alguns se destacam por melhorar a performance de outros produtos, um produto que vem ganhando aceitação na comunidade científica para uso na agricultura como fonte de nutriente é o remineralizador (ZHANG e HE, 2006).

O remineralizador apresenta em sua composição mineralógica o predomínio de Oxido de Silício (SiO_2), bem como CaO , Mg e K_2O . Além disso, possui frações significativas de materiais amorfos ou em cristais pequenos e mal-formados, o que acelera a solubilização dos elementos contidos em sua estrutura (BRASIL, 2016).

O remineralizador de solo é um material de origem mineral, que por processos de intemperismo sofreu redução em seu volume e alterou sua estrutura de classificação de tamanhos por processos mecânicos, alterando índices de fertilidade por meio da adição de macronutrientes e micronutrientes, que são disponibilizados para as plantas, promovendo a melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (LOBATO, 2016).

Os remineralizadores são obtidos a partir de um processo chamado cominuição, onde este é dividido em duas grandes etapas, tendo como a primeira a britagem e a segunda moagem das rochas com diferentes tipos de processos internos (SOUZA, 2016).

O objetivo do trabalho foi avaliar a liberação do CO₂ e volatilização de NH₃, ao longo do tempo de incubação, além de analisar quimicamente misturas com diferentes proporções de remineralizador e cama de aviário.

2.2 MATERIAL E METÓDOS

Os experimentos foram conduzidos na Universidade Federal do Paraná - Setor Palotina, consistindo em um ensaio de incubação para caracterização química dos materiais.

A cama de aviário foi obtida a partir de aviários da região de Palotina, interior do Paraná, sendo coletada após a troca da cama de aviário, depois de ser reutilizada por 12 lotes.

O remineralizador foi cedido por uma Mineradora instalada em Palotina e possui as análises químicas, realizadas pelo Laboratório de Análise de Minerais e Rochas – LAMIR e Laboratório CRTI Centro Regional para o Desenvolvimento Tecnológico e Inovação. O remineralizador, ou seja, o pó de rocha foi obtido diretamente com a mineradora, apresentando características de constituição e granulometria conforme Tabelas 1 e 2.

TABELA 1 - COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO REMINERALIZADOR UTILIZADO NO EXPERIMENTO POR ESPECTROMETRIA DE FLUORESCÊNCIA DE RAIOS X. LAMIR – UFPR.

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	TiO ₂	MnO	P ₂ O ₅	P.F	Soma
50,22	12,67	13,92	8,92	5,36	1,32	2,87	2,06	0,20	0,20	1,75	99,59

SiO₂: dióxido de silício; Al₂O₃: óxido de alumínio; Fe₂O₃: óxido de ferro; CaO: óxido de cálcio; MgO: óxido de magnésio; K₂O: óxido de potássio; Na₂O: óxido de sódio; TiO₂: dióxido de titânio; MnO: óxido de manganês; P₂O₅: pentóxido de fósforo; P.F: perda ao fogo.

TABELA 2 - ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DO REMINERALIZADOR POR PENEIRAMENTO.

Abertura (mm)	4	2	1	0,5	0,25	0,125	0,063	0,044	<0,044
Massa Retida (g)	0	0,04	0,83	36,51	18,32	35,42	53,29	60,29	66,85
% Passante	100	99,98	99,56	97,28	88,12	70,41	43,77	33,42	0

Fonte: Autora (2020).

Ensaio de incubação

Para o ensaio de incubação foi realizado um experimento contendo 7 tratamentos e 5 repetições. A Tabela 3, apresenta a nomenclatura, os tratamentos e quantidade de cama de aviário com o pó de rocha no experimento.

TABELA 3 - DESCRIÇÃO DOS TRATAMENTOS UTILIZADOS NO EXPERIMENTO.

Nomenclatura	Tratamentos	Cama de aviário (g)	Remineralizador (g)
TCA	Tratamento Cama de Aviário	100	0
T10	Tratamento 10%	100	10
T20	Tratamento 20%	100	20
T30	Tratamento 30%	100	30
T40	Tratamento 40%	100	40
T50	Tratamento 50%	100	50

FONTE: Autora (2019).

Para a determinação da respiração microbiana (CO₂) utilizou-se a metodologia proposta por Silva et al. (2007) com adaptações. As leituras iniciaram no dia da implantação do ensaio e nos primeiros 14 dias foi realizada a leitura todos os dias. A partir do 15º dia, foram realizadas leituras a cada 2 dias.

Para determinação da amônia volatilizada foi utilizada a metodologia de captação de gases, método proposto por Sampaio et al. (1999). A volatilização de NH₃ foi avaliada diariamente até o terceiro dia e com intervalo de dois dias para a quarta avaliação. Dos dias 5 a 11 as avaliações foram realizadas a cada 3 dias. Após o 11º dia, as avaliações foram realizadas com intervalo de 4 dias.

Foram realizadas análises referentes a nutrientes presente nos tratamentos, sendo o N analisado pelo método Kjeldahl. Já o P e K foram extraídos pelo método de Mehlich1, posteriormente procedeu-se a leitura do P pela espectrofotometria e o K por fotometria de chama, segundo metodologia de tecido vegetal proposta pela EMBRAPA (1999).

Para a quantificação química (CO₂ e NH₃), o delineamento experimental utilizado foi arranjo fatorial (6X2) com 5 repetições, utilizando as porcentagens do remineralizador (10, 20, 30, 40 e 50) na cama de aviário e o segundo fator o tempo em dias. Os resultados foram submetidos a análises de variância pelo teste F e as médias de efeito qualitativo foram comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Foi aplicado o modelo de regressão logarítmica para as respostas de CO₂ e NH₃, conforme recomenda FERREIRA, 2018.

Para a análise de quantificação de nutrientes, foi aplicado o teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade comparando as médias, com auxílio do Software Sisvar (Ferreira 2008).

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

2.3.1 Emissões de CO₂

Houve interação significativa entre os tratamentos e tempo de incubação, demonstrando que para a variável analisada o fator tempo foi um parâmetro importante para liberação de CO₂ (Tabela 4). Segundo (SIX et al., 2006) o balanço entre entrada e saída do carbono do solo, pela decomposição dos resíduos, dependerá, entre outros fatores, da atividade microbiana, portanto, quanto maior a liberação de CO₂, maior atividade microbiana. Além disso, a relação C/N está diretamente relacionada com a atividade microbiana e estabilização da MO. A relação C/N sendo baixa, maior será o processo de decomposição do material orgânico (SOUSA, 2003; DORODNIKOV et al., 2011). Portanto, quanto a maior atividade microbiana (medida pela emissão de CO₂), melhor a interação entre os materiais testados, o que contribui para a solubilização do remineralizador.

TABELA 4 – RESUMO DA ANÁLISE DE VARIANCIAS PARA A EMISSÃO DE CO₂ E VOLATILIZAÇÃO DE NH₃ EM FUNÇÃO DOS TRATAMENTOS E TEMPO DE INCUBAÇÃO.

Fonte de Variação	GL		QM	
	CO ₂	NH ₃	CO ₂	NH ₃
Tratamentos (T)	5	5	0,279 (p-valor 0,000)	11,51 (p-valor 0,000)
Tempo (D)	26	14	32,162 (p-valor 0,000)	508,04 (p-valor 0,000)
TxD	130	70	0,0346 (p-valor 0,001)	1,61 (p-valor 0,000)
Erro	648	355	0,0235	0,3086
CV (%)	9,31	29,32	-	-

FONTE: Autora (2020).

Said-Pullicino et al. (2007) argumentam que a diminuição da liberação de CO₂, está diretamente relacionada com a estabilidade do processo de decomposição da matéria orgânica pelos microrganismos. Colaborando com o presente estudo onde até

o 8º dia teve maior liberação de CO₂ vindo a diminuir no decorrer dos dias de incubação.

Cotta et al. (2015), relataram que a emissão de CO₂ a partir da cama de aviário, ocorre com a decomposição da matéria orgânica, onde os microrganismos utilizam o C como fonte de energia e o N para constituição celular, como consequência em média 68% do carbono é eliminado na forma de gás carbônico.

Neste estudo, quando aumentou-se a porcentagem de remineralizador na cama de aviário observa-se uma diminuição de emissão de CO₂, do que quando avaliado as menores porcentagem, quando aplicado 20% de remineralizado o resultado foi melhor nos primeiros dias de avaliação, com uma alta liberação de C em forma de CO₂.

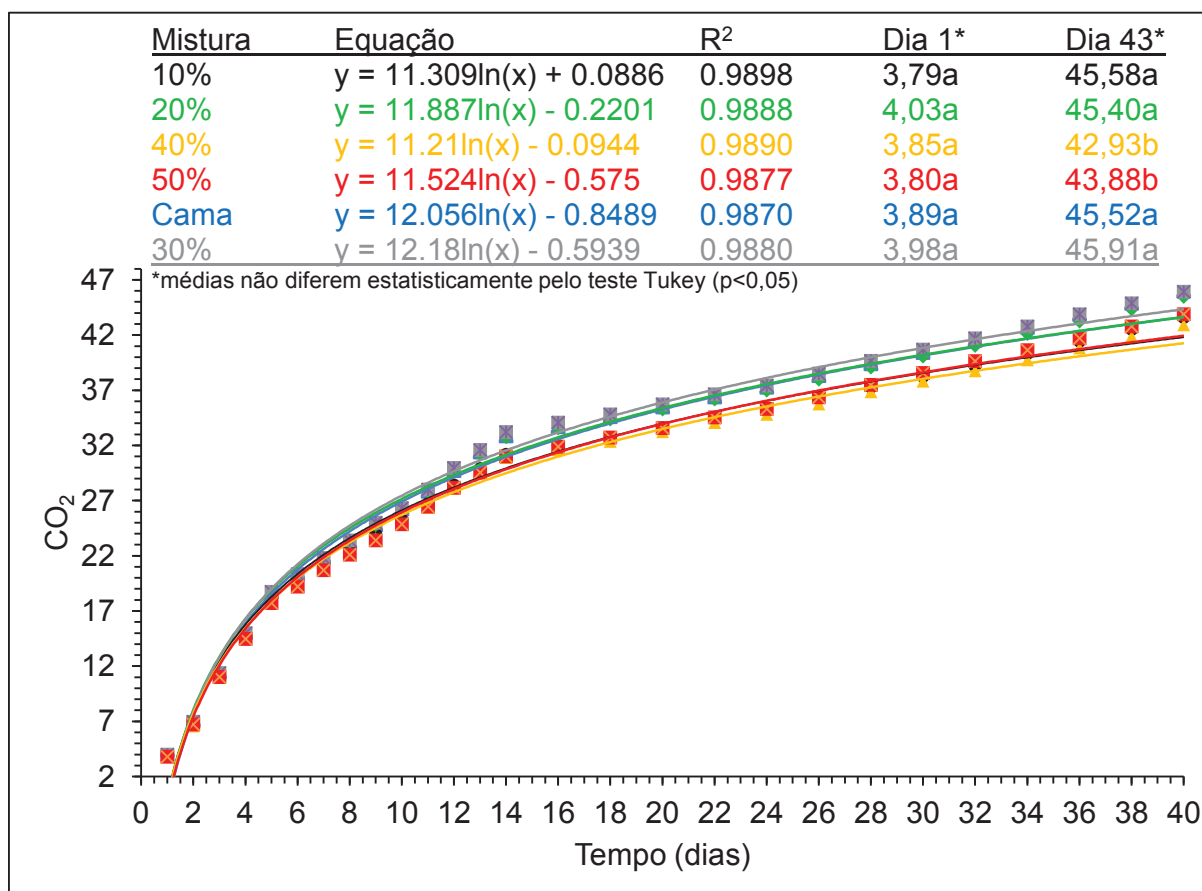
Maragno et al. (2007) e Lima et al. (2009), estudaram similaridades sobre a relação da redução de emissão de CO₂ com o aumento ou a redução do carbono durante a compostagem, estas teorias podem ser relacionadas com os resultados apresentados na Figura 1, onde nos primeiros dias de incubação, a emissão de CO₂ esteve em crescimento, invertendo sua tendência ao longo do período.

O melhor tratamento em média foi o T30, que teve maior liberação de CO₂, conforme o decorrer do tempo do experimento, apresentando um aumento expressivo a partir do quarto dia de incubação (Figura 1).

Anderson e Domsch (1978) concluíram que quanto maior a atividade respiratória e maior a decomposição de matéria orgânica, é provável que seja maior a liberação de CO₂. Neste estudo os primeiros dias de incubação, devido há grande quantidade de matéria orgânica e uma alta atividade microbiana houve uma maior liberação de CO₂ para o ambiente. Com passar do tempo a matéria orgânica foi diminuindo e, portanto, diminuiu a liberação de CO₂, e conseqüentemente observa-se que nos tratamentos com maiores índices de matéria orgânica obteve maior liberação. Moreira e Siqueira (2006), observaram que a decomposição da matéria orgânica ocorre devido a respiração microbiana.

Basak e Biwas (2009), relatam que os microrganismos presentes nos resíduos orgânicos, podem auxiliar na melhor solubilização dos nutrientes presentes nos adubos minerais. Na Figura 1 podemos observar que o tratamento que recebeu a dose de 30% de remineralizador apresentou mais rápida estabilização e maior liberação (em média), de CO₂, ainda que avaliado em curto período de tempo de incubação.

FIGURA 1 – LIBERAÇÃO TOTAL DE CO₂ EM DIFERENTES TRATAMENTOS DE MISTURAS DE CAMA DE AVIÁRIO E REMINERALIZADOR EM FUNÇÃO DO TEMPO DE INCUBAÇÃO.



FONTE: Autora (2020).

2.3.2 Volatilização de amônia (NH₃)

Observa-se presença de interação significativa entre os tratamentos e o tempo de incubação (Tabela 4) para a volatilização de NH₃.

Os dados de NH₃, na Figura 2, demonstram que as perdas de amônia foram maiores até o sexto dia. A partir do oitavo dia, ocorreu uma maior estabilização, sendo o melhor tratamento com menor volatilização o tratamento com 30g de remineralizador (T30). Resultados semelhantes foram encontrados por Oliveira (2017) em estudos com dejetos suínos que relata as maiores perdas de amônia entre o 4° e 6° dias após a aplicação, apresentando uma estabilização no decorrer do experimento.

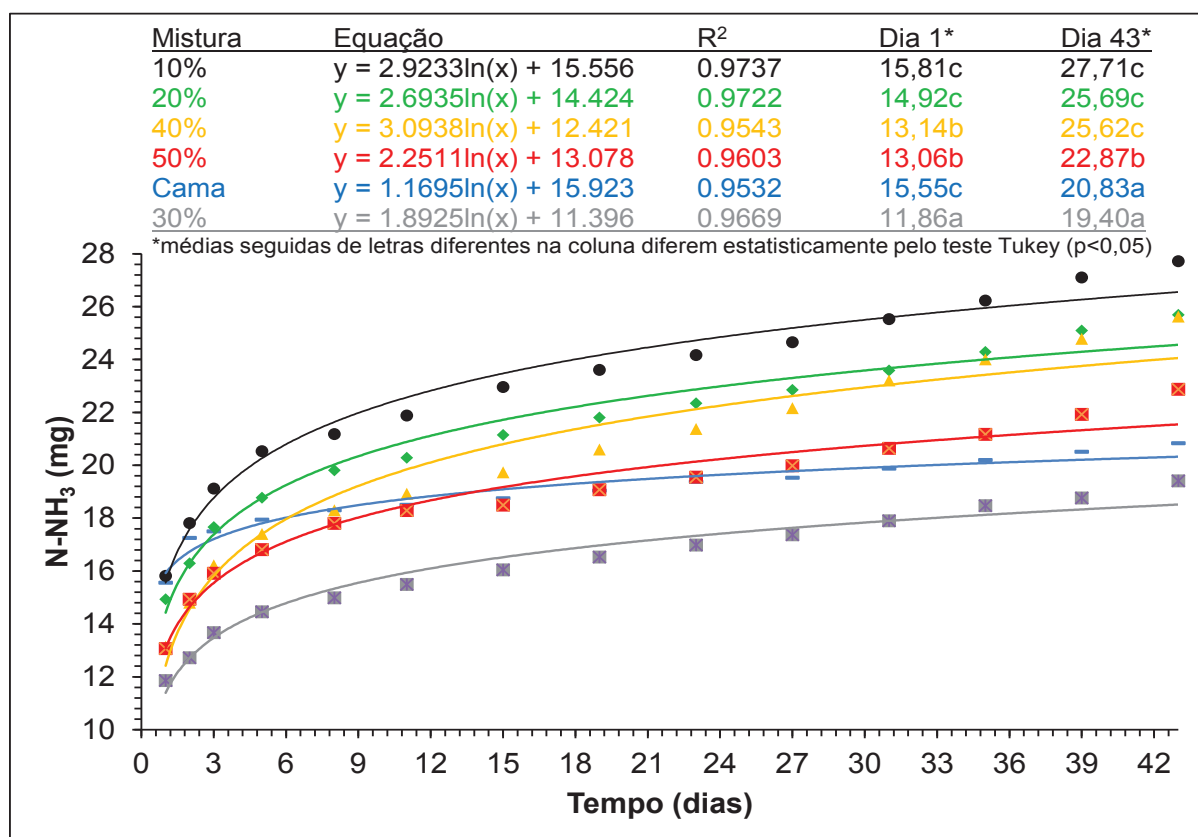
Medeiros et al. (2008) analisaram a volatilização de NH₃ com aplicação de fertilizantes em condições de campo, obtiveram perdas significativas em porcentagem de N para o meio do início ao fim das análises, resultados de 20 a 30% dentro de 24 dias trabalho, o que corrobora com os dados desta pesquisa em que as perdas de N

foram significativas do primeiro ao último dia da análise, em que a mistura de 30% de remineralizador obteve-se os menores valores de volatilização de NH₃.

O tratamento (T30) teve menor liberação no primeiro e segundo dia em relação aos demais tratamentos, e o mesmo estabilizou com maior rapidez em relação aos outros tratamentos, se mantendo até o fim do experimento com valores de volatilização de NH₃ próximo aos valores da cama de aviário pura (Figura 2).

Stafanato et al. (2013) em estudo realizado em casa de vegetação, observaram também que nos três primeiros dias de análise ocorreram as maiores perdas de amônia por volatilização, havendo mudanças apenas no décimo-oitavo dia, o qual a volatilidade estabilizou, quando o mesmo atuou com fertilizantes.

FIGURA 2 – VOLATILIZAÇÃO TOTAL DE N-NH₃ EM DIFERENTES TRATAMENTOS DE MISTURAS DE CAMA DE AVIÁRIO E REMINERALIZADOR EM FUNÇÃO DO TEMPO DE INCUBAÇÃO.



Fonte: Autora (2020).

Um fator muito provável que pode ter contribuído para a elevada volatilização nos primeiros dias foi a temperatura ambiente dentro da BOD, sendo de 25°C, onde aumentou a velocidade de mineralização da matéria orgânica, que também apresentava maior concentração nos primeiros dias. Em estudo realizado por Lourenço (2013), constatou que as perdas em temperatura de 35°C foram bem

maiores quando comparadas as que permaneceram em temperatura de 18°C, chegando a 30% de diferença.

Outro fator que pode ter influenciado a volatilização pode ter sido devido a relação C/N, que diminuiu conforme a dose do pó de rocha. Em experimento onde comparados compostos comuns e compostos enriquecidos tipos bokashi e fonolito que apresentaram redução no nitrogênio, consequentemente causado pelo aumento de volatilização (Tavares, 2017). Também Li et al. (2013) citam em seu estudo que um dos fatores que pode influenciar é a relação C/N muito baixa que compõe a mistura inicial aonde promovem a perda de nitrogênio pela volatilização de amônia. Fato semelhante ao do estudo em questão que com o aumento da fração com material mineral inorgânico, aumentou as perdas de N por volatilização de NH_3 devido a diluição do material orgânico.

Todos os tratamentos apresentaram similaridades durante o período de incubação, grandes perdas nos primeiros dias vindo a estabilizar com o passar dos dias, o tratamento que apresentou melhor resultado foi o T30, porém não superou a volatilização de amônia do tratamento TCA (Figura 2), demonstrando ser uma mistura com excelente potencial para uso em sistemas de adubação agrícola.

Quando observado as perdas de amônia ao longo dos dias de incubação os primeiros dias apresentaram maiores volatilizações, corroborando, estudo realizado com dejetos suínos também teve maiores concentrações perdidas nas primeiras horas em aplicação a campo (Port et al., 2003).

2.3.3 Caracterização química

Com o aumento da proporção do remineralizador houve redução na extração do fósforo e potássio (Tabela 5). Fator que pode ter contribuído para este resultado é o baixo teor de K e P presentes no remineralizador (Tabela 1).

A Tabela 5, mostra a diferença significativa entre os tratamentos avaliados quanto a concentração de K, onde os tratamentos TCA e T10 apresentaram as maiores concentrações diferindo estatisticamente dos demais tratamentos. Os tratamentos T20 ao T50 apresentaram concentrações semelhantes estatisticamente de K.

TABELA 5 – TEORES DE POTÁSSIO (K) e FÓSFORO (P) EXTRAÍVEIS NOS DIFERENTES TRATAMENTOS.

Tratamentos	K (g kg ⁻¹)	P (g kg ⁻¹)
T _{CA} – Cama de Aviário	20,96a	7,18a
T ₁₀ – 10% Pó de Rocha	21,63a	7,47a
T ₂₀ – 20% Pó de Rocha	19,86b	7,09a
T ₃₀ – 30% Pó de Rocha	17,63b	6,19b
T ₄₀ – 40% Pó de Rocha	19,08b	6,59b
T ₅₀ – 50% Pó de Rocha	18,09b	6,36b
Média	19,54	6,18

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

FONTE: Autora (2020).

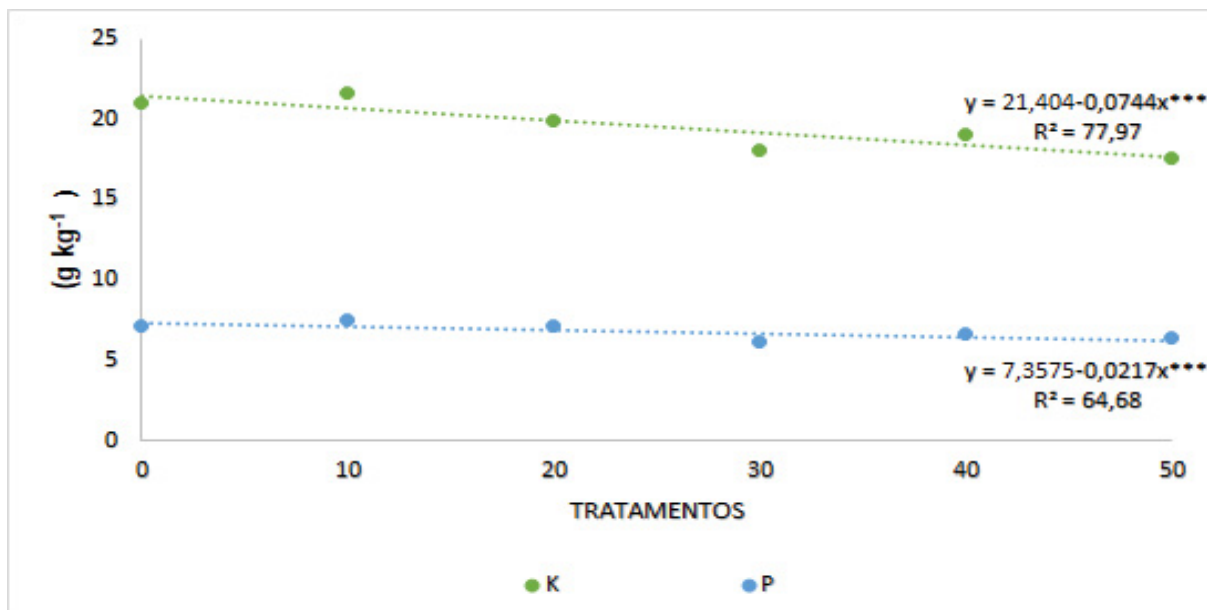
No mesmo sentido, para o P, os tratamentos T_{CA}, T₁₀ e T₂₀ apresentaram os maiores teores de P extraível. Estes resultados podem ter ocorrido, pois conforme foram aumentando a quantidade do remineralizador nos tratamentos, menor vai sendo a liberação tanto do K como do P, fator que pode estar atribuído a composição química do remineralizador.

Ávila et al., (2007) realizaram uma caracterização química de diferentes tipos de cama de aviário, onde avaliaram seis lotes consecutivos com e sem utilização produtos químicos, constataram valores médios de P na cama de aviário com maravalha de 8 g kg⁻¹, valor superior aos resultados do presente trabalho.

Tavares (2017), concluiu que o processo de compostagem comum é capaz de acelerar o intemperismo do remineralizador e promover uma maior liberação de K, resultado diferente do encontrado no presente estudo.

Os gráficos de regressão apresentados na Figura 3, apresentam de forma linear que os teores extraíveis de K e P diminuíram com o aumento da proporção de remineralizador. Resultados diferentes do presente estudo, Tavares (2017), avaliou processos de compostagem entre mistura de composto e remineralizador, onde obteve aumento no teor de K das misturas com 5 e 10%. Biswas et al. (2009), também encontraram resultados semelhantes ao estudarem o enriquecimento de compostagem com rocha e resíduos de mica.

FIGURA 3 – TEORES EXTRAÍVEIS DE POTÁSSIO (K) e FÓSFORO (P) EM DIFERENTES TRATAMENTOS DE MISTURAS DE CAMA DE AVIÁRIO E PÓ DE ROCHA



Dados: gráficos de regressão linear em função dos tratamentos. *** $p < 0,00$
 Fonte: Autora (2020).

Dentre todos os nutrientes, somente o Mg não diferiu estatisticamente entre os tratamentos (Tabela 6).

TABELA 6 – TEORES TOTAIS DE N, Mg, Ca, K e P NOS DIFERENTES TRATAMENTOS.

Tratamentos	N (g kg ⁻¹)	Mg (g kg ⁻¹)	Ca (g kg ⁻¹)	K (g kg ⁻¹)	P (g kg ⁻¹)
Tca – Cama de Aviário	34,35a	11,08a	44,55b	37,84a	27,27a
T ₁₀ – 10% Pó de Rocha	29,61b	12,27a	50,92a	39,22a	29,07a
T ₂₀ – 20% Pó de Rocha	26,40c	9,69a	47,81a	35,04b	22,84b
T ₃₀ – 30% Pó de Rocha	26,14c	11,21a	42,91b	30,53c	18,03c
T ₄₀ – 40% Pó de Rocha	21,15d	11,93a	42,45b	29,96c	14,10d
T ₅₀ – 50% Pó de Rocha	20,20d	14,36a	39,83b	28,77c	11,74d
Média	26,30	11,75	44,74	33,56	16,01

FONTE: Autora (2020).

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade.

É importante destacar que a perda de nitrogênio em processos de decomposição de matéria orgânica é inerente ao próprio processo. Dessa maneira, o fato da adição do remineralizador ao processo ter reduzido significativamente o teor de N em relação ao tratamento testemunha (cama de aviário pura), pode ser devido a uma diluição da fração orgânica e da estreita faixa de relação C/N, evidenciando o potencial do pó de rocha (remineralizador) em reter nitrogênio nos tratamentos com a adição de pó de rocha. Corroborando o presente estudo Tavares (2017), em suas

pesquisas com compostos do tipo bokashi e fonolito, também observou que com a diminuição da matéria orgânica e aumento do fonolito houve redução de nitrogênio.

Acredita-se que um dos fatores que também pode ter contribuído para redução de liberação de nutrientes conforme o aumento de dose do remineralizador, seja o curto período de incubação, fato esse que os tratamentos com maiores doses de cama de aviário possibilitaram um incremento nutricional devido a maior quantidade de matéria orgânica, conseqüentemente maior ação microbiológica, (Tabela 6). Corroborando com o presente estudo, Writzl et al. (2019) concluíram que o tratamento com remineralizador teve ausência nos primeiros 30 dias aplicados em cultura de milho, fato que contribuiu no baixo desenvolvimento foi a composição da rocha basáltica, outro fator citado no estudo e que no segundo ano de avaliação e que foi obtido os maiores resultados, fato que pode ter ocorrido no trabalho em questão o curto período de incubação.

Ainda no estudo de Writzl et al. (2019), observou que o cálcio foi o principal nutriente da pesquisa, que com remineralizador puro ou misturado com cama de aviário teve teores de 98 e 117% na camada de 0-20 cm. No presente estudo cálcio teve os melhores resultados para os tratamentos T10 e T20 e os demais tratamentos permaneceram iguais estatisticamente com a cama de aviário pura.

Com o incremento do remineralizador na cama de aviário esperava-se que houvesse aumento de cálcio e magnésio conforme o aumento da quantidade do mesmo, devido os teores presentes na composição química do remineralizador (Tabela 1) e pela ação da atividade microbiana auxiliar na liberação dos minerais de difícil solubilidade. Porém, para o Mg, não houve diferença estatística entre os tratamentos (Tabela 6). Para o Ca teve diferenças significativas entre os tratamentos, mas não o esperado. Resultados semelhantes foram obtidos por Nichele (2006) que com a aplicação de basalto comparado com calcário, não obteve aumento conforme aumento de dose do pó de basalto.

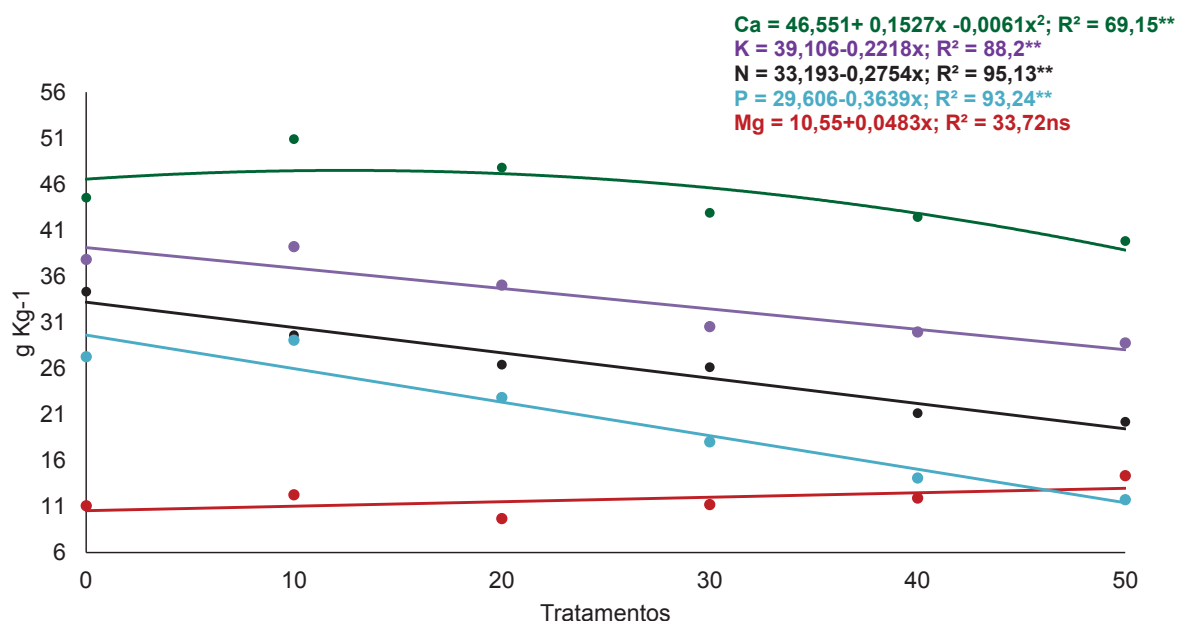
Tanto para P quanto para K era esperava-se que os resultados se apresentassem em baixas concentrações devidas os teores da composição química da rocha (Tabela 1). Branco et al. (2001) destacam que baixo pH e presença de ácidos orgânicos para possibilitar a redução da fixação do fósforo, o que conseqüentemente pode aumentar a disponibilidade do elemento. Também concordam que os ácidos orgânicos tendem a aumentar a disponibilidade de fósforo. No presente estudo os

tratamentos TCA e T10 foram os que apresentaram as maiores concentrações dos elementos P e K (Tabela 6).

Na mesma linha de pensamento, Blum et al. (2003) obtiveram teores de P de entre 21,9 a 25,3 g kg⁻¹, respectivamente, utilizando cama de aviário composta de maravalha de pinus, estes valores são maiores que o da pesquisa, mas entende-se que a matéria-prima pode interferir na produção final.

Menna et al. (2014) também verificou melhorias na liberação de fósforo quando fontes orgânicas e pó de rocha fosfática foram aplicados em conjunto. No entanto, em nosso trabalho os melhores resultados foram avaliados para os tratamentos TCA e T10 em um decréscimo linear conforme o aumento da proporção de pó de rocha (Figura 4 e Tabela 6).

FIGURA 4 - TEORES TOTAIS DE N, Mg, Ca, P e K NOS DIFERENTES TRATAMENTOS DE MISTURAS DE CAMA DE AVIÁRIO E REMINERALIZADOR



***p<0,00; ns = não significativo
Fonte: Autora (2020).

Estudo de Orrico Júnior et al. (2010), avaliando a liberação de alguns nutrientes para produção de compostagem com cama de aviário, encontraram resultados menores em relação ao da pesquisa, podendo entender que a aplicação de pó de rocha pode aumentar a liberação do nutriente nesta matéria-prima.

Bordignon (2013), mensurou que o uso de superfosfato simples (SS), apresentou maior quantidade de fósforo liberado avaliado somente com a cama de

aviário, em média $4,02 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$, em contrapartida, neste trabalho foi observado teores superiores de fosforo final.

Por fim, de acordo com a legislação brasileira de fertilizantes orgânicos o teor mínimo de nitrogênio deve ser de 1,00%, desta maneira, a adição do remineralizador na cama de aviário em todos os tratamentos não diminuiu o teor de N, o qual se manteve dentro do exigido por lei (BRASIL, 2009).

2.4 CONCLUSÕES

As maiores emissões para o meio de CO₂, foram constatadas no terceiro dia de incubação para o tratamento com 30% de remineralizador. A volatilização do N-NH₃ ocorreu intensamente até o 7º dia após aplicação dos tratamentos, destacando-se novamente o tratamento com 30% de remineralizador na cama de aviário, o qual teve uma estabilização mais rápida nas perdas.

Os teores extraíveis P e K, tiveram redução a partir do tratamento com 30% do remineralizador que já era esperado devido sua composição mineralógica.

Relativo aos teores totais de nutrientes, o tratamento com 10% do remineralizador na cama de aviário, registrou uma maior quantidade de nutrientes, porém, na maioria dos nutrientes ele não diferiu da testemunha (cama de aviário).

REFERÊNCIAS

- ANDERSON, J.P.E.; DOMSCH, K.H. 1978. A physiological method for the quantitative measurement of microbial biomass in soils. **Soil Biology and Biochemistry** 10, 215 – 221.
- AVICULTURAINDUSTRIAL. **Produção de frangos de crescer**, 2020. Disponível em: <https://www.aviculturaindustrial.com.br/imprensa/producao-de-frangos-deve-crescer-25-em-2020-diz-usda/20190821-083535-o022>. Acesso em: 03 de junho 2020.
- AVILA, V.S.; ABREU, V.M.N.; FIGUEIREDO, É.A.P. **Valor Agrônômico da cama de frango após reutilização por vários lotes consecutivos**. Embrapa Aves e Suínos. Comunicado Técnico 466, ISSN 0100-8862 Versão Eletrônica – 1ª edição. Concórdia, dez. 2007.
- BISWAS DR, NARAYANASAMY G, DATTA SC, SINGH G, BEGUM M, MAITI D, MISHRA A, BASAK BB. Changes in nutrient status during preparation of enriched organomineral fertilizers using rice straw, low-grade rock phosphate, waste mica, and phosphate solubilizing microorganism. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**. 2009. 40:2285-307.
- BLUM, L.E.B.; AMARANTE, C.V.T.; GÜITTER, G. Produção de morango e pepino em solo com incorporação da cama aviária e casca de pinus. **Horticultura Brasileira**, v.21, n.4, p.627-631, 2003.
- BORDIGNON, L.A.F.; **Efeito de condicionadores químicos sobre a qualidade da cama de frango**. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Zootecnia. Dois Vizinhos, 2013. Disponível em: http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/1533/1/DV_PPGZO_M_Bordignon%20C%20Leonardo%20Andr%C3%A9%20Fialkowski_2013.pdf. Acesso em: 03 jun. 2020.
- Branco, S. M.; Murgel, P. H.; Cavinatto, V. M. Compostagem: Solubilização biológica de rocha fosfática na produção de fertilizante organomineral. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.6, p.115-122, 2001.
- BRASIL. Instrução normativa DAS/MAPA 25/2009, de 28 de novembro de 2009. Diário Oficial **[da]** República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 29 nov. 2009. Seção 1, p. 1-18.
- Brasil, Congresso Brasileiro de Rochagem (3.: 2016: Pelotas, RS). **Anais do III Congresso Brasileiro de Rochagem**, 8 a 11 denovembro de 2016 / Editores: Adilson Luís Bamberg... et. al. Pelotas: Embrapa Clima Temperado; Brasília: Embrapa Cerrados; Assis: Triunfal Gráfica e Editora, 2016. 455 p. : il.

CORREA, J.C.; MIELE, M. **A cama de aviário e os aspectos agrônômicos, ambientais e econômico**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves. 2011. p.125-152. (Embrapa Suínos e Aves).

COTTA, J.A. de O.; CARVALHO, N.L.C.; BRUM, T. da S.; REZENDE, M.O. de O. Compostagem versus vermicompostagem: comparação das técnicas utilizando resíduos vegetais, esterco bovino e serragem. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.20, n.1, p. 65-78, 2015. DOI: <https://dx.doi.org/10.1590/S1413-41522015020000111864>.

DIAS, B. O.; SILVA, C. A.; HIGASHIKAWA, F. S.; ROIG, A.; SÁNCHEZ-MONEDERO, M. A. Use of biochar as bulkingagent for the composting of poultry manure: Effect on organic matter degradation and humification. **Biores. Technol.**, v.101, p.1239-1246, 2010.

DORODNIKOV, M.; KUZYAKOV, Y.; FANGMEIER, A.; WIESENBERG, G. L. B. C and N in soil organic matter density fractions under elevated atmospheric CO₂: Turnover vs. Stabilization. **Soil Biology & Biochemistry**, Oxford, v. 43, n. 3, p. 579-589, 2011.

DUTRA, I.S.; DOBEREINER, J.; SOUZA, A.M. Botulismo em bovinos de corte e leite alimentados com cama de frango. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v.25, n.2, p.115-119, 2005. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-736X2005000200009>.

FÁVERO, F. **Uso da cama de aviário associada a adubação mineral no sistema de produção de grãos da região oeste do Paraná**. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus Marechal Candido Rondon-PR, 2012.

FERREIRA, D.F. **Estatística Experimental Aplicada às Ciências Agrárias**, UFV, 588p., 2018.

FERREIRA, D.F. SISVAR: Um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Científica Symposium, Lavras**, v.6, n.2, 2008.

JIMÉNEZ, E. I.; GARCÍA, P. Evaluation of city refuse compostmaturity: A review. **Biol. Wastes**, v.27, p.115-142, 1989.

LI Y, LI W, WU C, WANG K. New insights into the interactions between carbon dioxide and ammonia emissions during sewage sludge composting. **Bioresource Technology**. 136: 385-93, 2013.

LIMA, C.C.; MENDONÇA, E.S.; SILVA, I.R.; SILVA, L.H.M.; ROIG, A. Caracterização química de resíduos da produção de biodiesel compostados com adição de mineral. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, n.3, p.334-340, 2009.

LOBATO, B. **Normatização viabiliza produção de remineralizadores agrícolas**. EMBRAPA. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/->

[/noticia/10926915/normatizacao-viabiliza-producao-de-remineralizadores-agricolas](#). Acesso em: 03 jun. 2020.

LOURENÇO, K. S. **Reações do nitrogênio no solo decorrentes da aplicação de fertilizantes orgânicos e minerais**. Dissertação (Mestrado em Manejo do Solo) – Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 92p., 2013.

MARAGNO, E.S.; TROMBIN, D.F.; VIANA, E. O uso da serragem no processo de minicompostagem. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.12, p.355-360, 2007.

MEDEIROS, R. **Aspergilose: risco biológico potencial para a população de Pinheiral-RJ**. Monografia (Graduação em Medicina Veterinária) – Curso de Medicina Veterinária, Centro Universitário de Barra Mansa. 44p., 2007.

MEDEIROS, R.; SANTOS, B.J.M.; FREITAS, M.; SILVA, O.A.; ALVES, F.F.; FERREIRA, E. A adição de diferentes produtos químicos e o efeito da umidade na volatilização de amônia em cama de frango. **Ciência Rural**, v.38, n.8, p.2321-2326, 2008. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782008000800035>.

MEISINGER, J.; JOKELA W. E. **Ammonia volatilization from dairy and poultry manure**. In: Proceedings from Managing Nutrients and Pathogens from Animal Agriculture. Camp Hill, PA, 2000. p.334-354.

MEENA, M.D.; BISWAS, D.R. Phosphorus and potassium transformations in soil amended with enriched compost and chemical fertilizers in a wheat–soybean cropping system. **Communications in soil science and plant analysis**. 45:624-652, 2014a.

MEENA, M.D.; BISWAS, D.R. Changes in biological properties in soil amended with rock phosphate and waste mica enriched compost using biological amendments and chemical fertilizers under wheat-soybean rotation. **Journal of Plant Nutrition**. 37: 2050-2073, 2014b.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: UFLA, 2006.

NICHELE, É. R.; **Utilização de minerais no desenvolvimento de plantas e na mitigação de odores em criações animais confinadas**. Dissertação (mestrado) – Centro de Ciências Agro veterinárias / UDESC. Lages, 2006. 86 p.

OLIVEIRA, G. F.; **volatilização de amônia em solo em Diferentes umidades, coberto com palha, após a incorporação De dejetos líquido suíno**. Dissertação (Mestrado), Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2017. 76 p.

ORRICO JÚNIOR, M.A.P.; ORRICO, A.C.A.; LUCAS JÚNIOR, J. de. Compostagem dos resíduos da produção avícola: cama de frangos e carcaças de aves. **Engenharia Agrícola**, v.30, n.3, p.538-545, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-69162010000300017>.

PORT, O.; AITA, C.; GIACOMINI, S. J. Perda de nitrogênio por volatilização de amônia com o uso de dejetos de suínos em plantio direto. **Pesq. agropec. bras., Brasília**, v. 38, n. 7, p. 857-865, 2003.

REETZ, H.F. **Fertilizantes e o uso eficiente**. São Paulo, 178 p., 2017. Disponível em: <http://www.ufla.br/dcom/wpcontent/uploads/2018/03/Fertilizantes-e-seu-uso-eficiente-WEB-Word-Ouubro-2017x-1.pdf>. Acesso em: 03 jun. 2020.

SAID-PULLICINO, D., ERRIQUENS, F.G., GIGLIOTTI, G. Changes in the chemical characteristics of water-extractable organic matter during composting and their influence on compost stability maturity. **Bioresource Technology**. Oxford, v.98, p.1822-1831, 2007.

SAMPAIO, M.A.P.N.; SCHOCKEN-INTURRINO, R.P.; SAMPAIO, A.A.M. Estudo da população microbiana e da liberação de amônia da cama de frango tratada com gesso agrícola. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.51, n.6, p.559-564, 1999.

SANTOS, J.F. dos; GRAGEIRO, J.I.T.M.; OLIVEIRA, E.C.; BEZZERRA, A.S.; SANTOS, M. do C.C.A.S. Adubação orgânica na cultura de milho no brejo paraibano. **Revista de Engenharia Ambiental**. 6:209-2016, 2011.

SHARPE, R. R.; SCHOMBERG, H. H.; HARPER, L. A.; ENDALE, D. M.; JENKINS, M. B. AND FRANZLUEBBERS, A. J. Ammonia volatilization from surface-applied poultry litter under conservation tillage management practices. **J. Environ.**, 33:1183-1188, 2004.

SILVA, E.E.; AZEVEDO, P.H.S.; DE-POLLI, H. **Determinação da respiração basal e quociente metabólico do solo**. Comunicado Técnico 99. Seropédica, p.2, 2007.

SILVA, F.C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia. 627p,1999.

SILVA, O. D. F. Martin; COSTA, M. Leticia. A indústria de defensivos agrícolas. **BNDES Setorial**, v. 35, p. 233 – 276,2011.

SILVA, L.A.P.F. **Viabilidade de utilização de remineralizadores como alternativa a fertilizantes convencionais**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 42 p., 2017.

SIX, J.; FREY, S. D.; THIES, R. K.; BATTEN, K. M. Bacterial and fungal contributions to carbon sequestration in agroecosystems. **Soil Science Society America Journal, Madison**, 70: 555-569, 2006.

SOUZA, M.D.B. de. **Efeito de rochagem, vinhaça e plantas de cobertura no desenvolvimento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) e em atributos químicos do solo**. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade Federal de São Carlos, 111p., 2016. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/8556/DissMDBS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 03 jun. 2020.

SOUSA, S. G. A. **Produção e Decomposição de Serrapilheira de uma Floresta Ombrófila Mista Aluvial, Rio Barigui, Araucária, PR.** Tese (Mestrado em Ciências Florestais), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, 127p., 2003.

STAFANATO, J.B.; GOULART, R. de S.; ZONTA, E.; LIMA, E.; MAZUR, N.; PEREIRA, C.G.; SOUZA, H.N. de. Volatilização de amônia oriunda de ureia pastilhada com micronutrientes em ambiente controlado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.37, n. 3, p.726-732, 2013. DOI: <https://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832013000300019>.

TAVARES, L. F. **Disponibilização de potássio e sílico de remineralizador pelo processo de compostagem.** Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Viçosa, Rio Paranaíba, 2017.

ZHANG, Y.; HE, Y. Co-compostig solid swine manure with pine sawdust as organic substrate. **Bioresource Technol.**, v.97, n.16, p.2024-2031, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2005.10.004>.

WRITZL.T.C.; CANEPELLE E.; STEIN J. E. S.; KERKHOFF J. T.; STEFFLER A. D.; SILVA D. W.; REDIN M. Produção de milho pipoca com uso do pó de rocha de basalto associado à cama de frango em latossolo. Universidade Estadual do Rio Grande do Sul - UERGS. Unidade Três Passos. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável (RBAS)**, v.9, n.2, p.101-109, 2019.

3. CAPITULO 2: PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA DO MILHO (*ZEA MAYS* L.) E ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO, EM RESPOSTA A APLICAÇÃO DE CAMA DE AVIÁRIO TRATADA COM REMINERALIZADOR

RESUMO

O Brasil tem aumentado constantemente sua produtividade agrícola, fato esse que faz com que seja um grande importador de adubos solúveis, deixando a produção agrícola cada vez mais cara devido à elevação dos custos com adubação. O uso de outras fontes de nutrientes como agrominerais e resíduos orgânicos seria uma opção importante ao agricultor buscando a substituição parcial ou complementação dos fertilizantes convencionais. Portanto, é necessário estudar estas fontes de nutrientes com menor custo. Este trabalho buscou avaliar a eficiência da mistura de cama de aviário e remineralizador na cultura de milho. Montou-se um experimento em casa de vegetação e um fatorial 5x4+2 com quatro repetições, sendo dois tipos de solos (argiloso e textura média), 5 tratamentos (T1 - pó de rocha, T2 - cama de aviário, T3 - cama de aviário com 10% de remineralizador, T4 - cama de aviário com 30% de remineralizador, T5 - cama de aviário com 50% de remineralizador), quatro doses (2,0; 4,0; 6,0 e 8,0 Mg ha⁻¹) e um tratamento testemunha absoluta para cada solo. As avaliações realizadas nas variáveis analisadas mostraram que há incremento nos atributos do solo e parte aérea das plantas, principalmente com o aumento de doses e que há efeito residual da cama de aviário juntamente com o pó de rocha aplicado na cultura de milho.

Palavras chave: Dejetos de aves, pó de rocha, agrominerais.

ABSTRACT

Brazil's agricultural productivity has been constantly increased, what makes this country a big importer of soluble fertilizers, making the agricultural production increasingly expensive owing to the risen costs of fertilizers. The use of other nutrient sources as agrominerals and organic waste could be an important option to the farmer who looks for a partial replacement or the complementation of conventional fertilizers. Therefore, it is necessary to study these nutrient sources which are less expensive. This work aimed the evaluation of the poultry bed and remineralizer mixture efficiency in the corn crop. It was set up an experiment at a greenhouse and a factorial 5x4+2 with four repetitions, using two types of soil (clayey and medium texture), 5 treatments (T₁ – rock dust, T₂ – poultry bed, T₃- poultry bed with 10% of remineralizer, T₄ – poultry bed with 30% of remineralizer and T₅ – poultry bed with 50% of remineralizer), four doses (2,0; 4,0; 6,0 e 8,0 Mg ha⁻¹) and an absolute witness treatment for each soil. The evaluations performed in the analyzed variables showed that it is an increment in the soil attributes and in the aerial part of the plant, mostly with the dose increasement, and that it is a residual effect in the poultry bed along with the rock dust applied in the corn crop.

Key words: Poultry waste. Rock dust. Agrominerals.

3.1 INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) é o cereal de maior volume de produção no mundo, com aproximadamente 1,114 bilhões de toneladas (FIESP, 2020), deixando para trás culturas como arroz, trigo e soja.

Pavinato et al. (2008) destacam que um dos fatores responsáveis pela alta produtividade da cultura do milho está no aumento expressivo do uso dos fertilizantes químicos. O nitrogênio é considerado o nutriente mais exigido por esta cultura e pode limitar diretamente a produtividade dos grãos, pois exerce importante função nos processos bioquímicos da planta, como constituinte de proteínas, enzimas, coenzimas, ácidos nucleicos, fito cromos e clorofila (SAMPAIO et al., 2010).

Além destes benefícios, a utilização deste nutriente pode aumentar o custo da adubação tanto de plantio como em cobertura, conseqüentemente o aumento na poluição ambiental, o que pode tornar o uso de resíduos orgânicos na agricultura uma opção atrativa do ponto de vista econômico, em razão da ciclagem de carbono e nutrientes (SILVA et al., 2011).

Diante deste fato, tem-se aumentado a demanda por pesquisas para avaliar a viabilidade técnica e econômica da substituição da aplicação dos fertilizantes químicos por fertilizantes orgânicos ou organominerais (MELO et al., 2008).

A substituição parcial de fertilizantes minerais por fertilizantes orgânicos, pode ser uma alternativa para uma produção sustentável (SAMPAIO et al., 2010). Segundo Graciano et al. (2006) são várias as fontes de adubos orgânicos conhecidos, onde os mais comuns são: resíduos de culturas, esterco, compostos, entre outros.

Dentre os diversos esterco oriundos das produções animais destaca-se os gerados pela avicultura de corte. Esta gera uma grande carga de resíduos orgânicos que podem prejudicar o meio ambiente se utilizado sem seus devidos cuidados, sendo que a mais conhecida é a cama de aviário (COSTA et al., 2009). Caracterizada como uma mistura de excrementos de aves, penas, fragmentos de material sólido e orgânico utilizados sobre os pisos dos aviários, acrescidos da ração desperdiçada dos comedouros, sendo mantida nestes aviários por vários ciclos e geralmente reutilizada de 4 a 6 vezes (SILVA et al., 2011).

O uso da cama de aviário tem inúmeras vantagens, destacando-se a facilidade para o uso nas propriedades a um baixo custo, pois são encontradas próximas às áreas agropecuárias (agrícola e pecuária), viabilizando a adubação em culturas

comerciais (COSTA et al., 2009). Quando utilizada adequadamente pode aumentar a produtividade de grãos, melhorando a fertilidade do solo e diminuindo o potencial poluidor no descarte do resíduo, tornando-se assim um importante fator agregador de valor (NASCIMENTO et al., 2012).

O remineralizador é um resíduo do beneficiamento de algumas rochas basálticas específicas e, tem sido testado como fertilizante para diversas culturas (VASCONCELOS et al. 2003a, 2003b).

Rosen (2002) observou efeitos positivos desse resíduo e reportou sua possível utilização na agricultura como fertilizante. Essas rochas são compostas por uma variedade de minerais como biotita, flogopita, feldspatóides, feldspatos, minerais máficos, que apresentam níveis consideráveis de K, Ca, Mg, Si e outros nutrientes (SOUZA et al., 2017).

O uso de remineralizadores pode restaurar solos que sofrem com processos de lixiviação, erosão, e aplicação de fertilizantes convencionais. Portanto o remineralizador pode aumentar a produtividade e a fertilidade do solo, e também favorecer o crescimento da planta, além de reduzir a utilização de insumos convencionais (SOUZA et al., 2011).

A rocha basáltica que dá origem ao remineralizador é oriunda de produtos vulcânicos originados do magma existente na crosta. Os produtos originados do vulcanismo trazem importantes informações, quanto as suas condições físico químicas da formação de minerais (FAIRCHILD et al., 2009).

Devido à grande quantidade de nutrientes que compõe essa rocha e visando a regulamentação desses produtos, a lei nº 12.890/2013 - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), inclui e regulamenta a comercialização dos produtos de decomposição das rochas, também denominados remineralizadores, como uma categoria de insumo destinada à agricultura.

A região Oeste do Paraná é abundante em rochas vulcânicas básicas do terceiro planalto, como o basalto. Essas rochas possuem composição química abundante em macro e micronutrientes como o cálcio, potássio, magnésio, silício e ferro. A matéria prima utilizada para dar origem ao remineralizador é abundante e, durante muito tempo, as pedreiras da região oeste do Paraná estocaram esses materiais como rejeito de mineração.

Portanto, a possibilidade de utilizar esse material associado a cama de aviário tem uma importância ambiental considerável. Com esse intuito, o objetivo do presente

trabalho foi avaliar o efeito da aplicação de misturas de pó de rocha (remineralizador) e cama de aviário em diferentes doses, na cultura do milho cultivado em dois tipos de solo (argiloso e textura média).

3.2 MATERIAL E METÓDOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação na área experimental da Universidade Federal do Paraná - Setor Palotina, com coordenadas 24°20'44" Sul e 53°45'17" Oeste.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado seguindo o arranjo fatorial 5x4+2, com quatro repetições. Os fatores analisados foram: dois tipos de solo (textura média e argiloso), cinco tratamentos T1 – remineralizador (REM), T2 – cama de aviário (CA), T3 - cama de aviário com 10% de remineralizador (CA10), T4 - cama de aviário com 30% de remineralizador, (CA30) T5 - cama de aviário com 50% de remineralizador (CA50), quatro doses (2,0; 4,0; 6,0 e 8,0 Mg ha⁻¹) e uma testemunha absoluta para cada solo.

Os tratamentos constituídos da mistura de cama de aviário e remineralizador foram misturados 90 dias antes da semeadura, com intuito de promover durante o processo de estabilização a ação dos microrganismos aos minerais constituintes do remineralizador.

As unidades experimentais foram compostas por vasos plásticos de 5 L, com área superficial de 0,07 m². Os solos utilizados apresentavam texturas argilosa e média (Tabela 7), coletados nos municípios de Palotina e Iporã, PR.

TABELA 7 – ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DOS SOLOS UTILIZADOS PARA A COMPOSIÇÃO DO EXPERIMENTO

Solos	Areia (g kg ⁻¹)	Silte (g kg ⁻¹)	Argila (g kg ⁻¹)
Argilosa	384	49	567
Média	671	12	317

FONTE: Autora (2019)

As análises químicas dos solos (Tabela 8) foram realizadas no laboratório de Química e fertilidade de solos também situado na mesma Universidade.

TABELA 8 – ANÁLISE QUÍMICA DOS SOLOS (TEXTURA ARGILOSA E MÉDIA) UTILIZADOS PARA A COMPOSIÇÃO DOS EXPERIMENTOS.

Solo	pH	Al ³⁺	H+Al	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	P	C.O.
	CaCl ₂	-----cmol _c dm ⁻³ -----			mg dm ⁻³			g kg ⁻¹
Argiloso	6,7	0	2,06	3,5	1,4	0,16	5,6	7,96
Média	7,0	0	1,7	2,0	1,0	0,10	6,6	6,14

FONTE: Autora (2019)

Os teores da cama de aviário estão relacionados na Tabela 9 foram analisadas no Laboratório de química e fertilidade do solo da UFPR.

TABELA 9 – TEORES TOTAIS DE N, P e K DA CAMA DE AVIÁRIO

Tratamentos	N (g kg ⁻¹)	P ₂ O ₅ (g kg ⁻¹)	K ₂ O (g kg ⁻¹)
T ₀ – Cama de Aviário	34,35	29,07	27,27

FONTE: A autora (2019).

Médias da análise do resíduo cama de aviário.

Foi utilizado o híbrido de milho Pioneer 3380_{HR} (Tecnologias: Herculex®/ LibertyLink® / Roundup Ready™), com plantio no mês de agosto de 2019. Semearam-se cinco sementes por vaso, realizando desbaste no 10º dia, deixando apenas duas plantas por vaso.

O experimento foi irrigado manualmente todos os dias durante o período de experimentação.

Após 65 dias da semeadura encerrou-se o período de condução experimental iniciando-se a coleta de dados. Foi avaliado os teores de clorofila total, com auxílio de um Clorofilômetro portátil (ClorofiLOG – Falker CFL1030) seguindo a metodologia de Silveira et al. (2003).

Posteriormente as avaliações de clorofila, as partes aéreas das plantas foram cortadas rente ao solo para avaliação da massa seca segundo a metodologia descrita por Malavolta (1982). Após da determinação da massa seca as plantas foram trituradas (moídas) para analisar os teores de N, P e K da parte aérea, de acordo com a metodologia descrita por Silva (2009).

As amostras de solo foram coletadas dos vasos, para determinar os valores de pH em CaCl₂ e SMP (potenciometria), P e K disponível em Mehlich I, Ca e Mg

disponível em KCl 1 M (volumetria por EDTA), todas seguindo a metodologia descrita por PAVAN et al. (1992).

Após todas as avaliações, os dados foram tabulados e submetidos aos testes de homogeneidade de variância e distribuição normal (Kolmogorov Smirnov e Shapiro Wilk). Posteriormente os dados foram submetidos a análise de variância (ANOVA) pelo teste F e nos casos de significância dos fatores qualitativos as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Para as doses (fator quantitativo) foi realizada uma análise de regressão para testar o melhor modelo de ajuste dos dados, conforme recomenda FERREIRA, 2008. Todas as análises foram realizadas com o auxílio do software Sisvar (Ferreira, 2008).

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Somente não ocorreram interações significativas para os teores de clorofila Total e P no solo de textura média (Tabela 10). No solo de textura média a análise de variância demonstra, para o teor de clorofila Total, que as doses do material aplicado foram altamente significativas, entretanto, não há significância dos tratamentos para esta variável (Tabela 10).

TABELA 10 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA DAS VARIÁVEIS VINCULADAS A PARTE AÉREA DAS PLANTAS DE MILHO EM FUNÇÃO DOS TRATAMENTOS E DOSES NOS 2 SOLOS ESTUDADOS.

(Foliar)		Solo Textura Argilosa					Solo Textura Média				
F.V.	GL	Clor T	MS	N	P	K	Clor T	MS	N	P	K
Quadrado Médio											
Trat (T)	4	56,777 (p-valor: 0,0000)	8,862 (p-valor: 0,0000)	70,519 (p-valor: 0,0000)	0,985 (p-valor: 0,0000)	104,40 (p-valor: 0,0000)	12,801 (p-valor: 0,3611)	25,945 (p-valor: 0,0000)	162,81 (p-valor: 0,0000)	1,131 (p-valor: 0,000)	76,489 (p-valor: 0,000)
Doses (D)	4	218,38 (p-valor: 0,0000)	13,766 (p-valor: 0,0000)	225,01 (p-valor: 0,0000)	1,962 (p-valor: 0,0000)	88,065 (p-valor: 0,0000)	208,16 (p-valor: 0,0000)	39,266 (p-valor: 0,0000)	41,003 (p-valor: 0,0033)	2,408 (p-valor: 0,000)	1162,8 (p-valor: 0,000)
TxD	16	12,446 (p-valor: 0,0078)	1,357 (p-valor: 0,0000)	10,639 (p-valor: 0,0034)	0,118 (p-valor: 0,0000)	17,350 (p-valor: 0,0000)	8,630 (p-valor: 0,7405)	3,295 (p-valor: 0,0000)	18,154 (p-valor: 0,0310)	0,156 (p-valor: 0,0865)	84,393 (p-valor: 0,0000)
Erro	75	5,369	0,115	4,163	0,024	6,399	11,598	0,567	9,441	0,097	12,455
CV (%)		7,21	15,67	6,51	13,88	4,01	9,29	14,16	11,55	22,79	6,95

Clor. T: clorofila Total; MS: massa seca (g); N: nitrogênio (g Kg^{-1}); P: fósforo (g Kg^{-1}) e K: potássio (g Kg^{-1}); Solo textura média e Solo argiloso.

Fonte: Autora (2020)

Para os atributos do solo observa-se interações significativas entre os tratamentos e doses em ambos os solos (Tabela 11), demonstrando que ambos os materiais utilizados promoveram mudanças nos atributos químicos iniciais dos solos e que as doses destes materiais também foram um parâmetro importante de ser avaliado.

TABELA 11 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS ELEMENTOS DO SOLO EM FUNÇÃO DOS TRATAMENTOS E DOSES NOS 2 SOLOS ESTUDADOS.

(Solo)		Solo Textura Argilosa					Solo Textura Média				
F.V.	GL	Mg	Ca	pH	K	P	Mg	Ca	pH	K	P
QM											
Trat. (T)	4	0,46 (p-valor: 0,1368)	0,875 (p-valor: 0,0041)	0,312 (p-valor: 0,1391)	0,019 (p-valor: 0,0000)	285,01 (p-valor: 0,0000)	3,44 (p-valor: 0,0000)	0,71 (p-valor: 0,0000)	0,19 (p-valor: 0,0000)	0,007 (p-valor: 0,0000)	141,07 (p-valor: 0,0056)
Doses (D)	4	3,13 (p-valor: 0,0000)	4,98 (p-valor: 0,0000)	0,056 (p-valor: 0,0158)	0,030 (p-valor: 0,0000)	394,10 (p-valor: 0,0000)	2,40 (p-valor: 0,0000)	0,38 (p-valor: 0,0000)	0,36 (p-valor: 0,0000)	15,16 (p-valor: 0,0000)	182,61 (p-valor: 0,0010)
TxD	16	0,46 (p-valor: 0,0453)	2,37 (p-valor: 0,0065)	0,420 (p-valor: 0,0055)	0,0048 (p-valor: 0,0010)	59,95 (p-valor: 0,0010)	0,54 (p-valor: 0,0091)	6,51 (p-valor: 0,0000)	0,045 (p-valor: 0,0000)	2,97 (p-valor: 0,0008)	79,39 (p-valor: 0,0105)
Erro	75	0,25	0,197	0,017	0,001	20,68	0,24	0,03	0,007	0,000	35,53
CV (%)		37,55	7,05	2,10	9,92	30,37	8,78	7,89	1,19	16,30	14,24

Fonte: Autora (2020)

O desenvolvimento das plantas de milho, avaliado no experimento por meio da massa seca (MS) demonstrou que o remineralizador sozinho não promoveu mudanças no desenvolvimento das plantas, sendo que tanto para o solo textura média quanto para o solo argiloso, não ocorreram diferenças significativas (Figura 5).

Para os demais tratamentos observa-se um comportamento linear crescente em função das doses aplicadas (Figura 5). Resende et al. (2006), trabalhando com vários tipos de rochas com doses de 6,0 a 17,9; 2,4 a 7,3; e 4,0 a 12,1 Mg ha⁻¹ de pó da brecha, biotita e ultramáfica, observaram que, tanto para o milho quanto para a soja apresentou uma pequena variação entre os tratamentos, havendo tendência de crescimento na produção de massa seca da parte aérea na aplicação da dose de rocha ultra mórfrica, semelhante aos resultados obtidos neste experimento. Contudo, para a cultura do milho foram observadas as melhores respostas por esses autores, acredita-se que seja devido ao efeito residual dos materiais, sendo que o milho foi adicionado em vasos depois da retirada da soja, o que demonstra a necessidade de

mais tempo no solo para estes materiais, com características de remineralizadores, reagirem, e conseqüentemente um maior efeito residual.

O ganho de MS devido as aplicações de CAM como obtido neste trabalho é consistentemente comprovado pela literatura, sendo que diversos autores trabalhando com a aplicação de CAM em dosagens variando de 0 Mg ha⁻¹ à 40 Mg ha⁻¹, obtiveram aumentos significativos nesta variável quando ocorreu aplicação deste material, independente da textura do solo (SBARDELOTTO, 2009; SILVA et al., 2011; SANTOS et al. 2014; DARIVA et al. 2018).

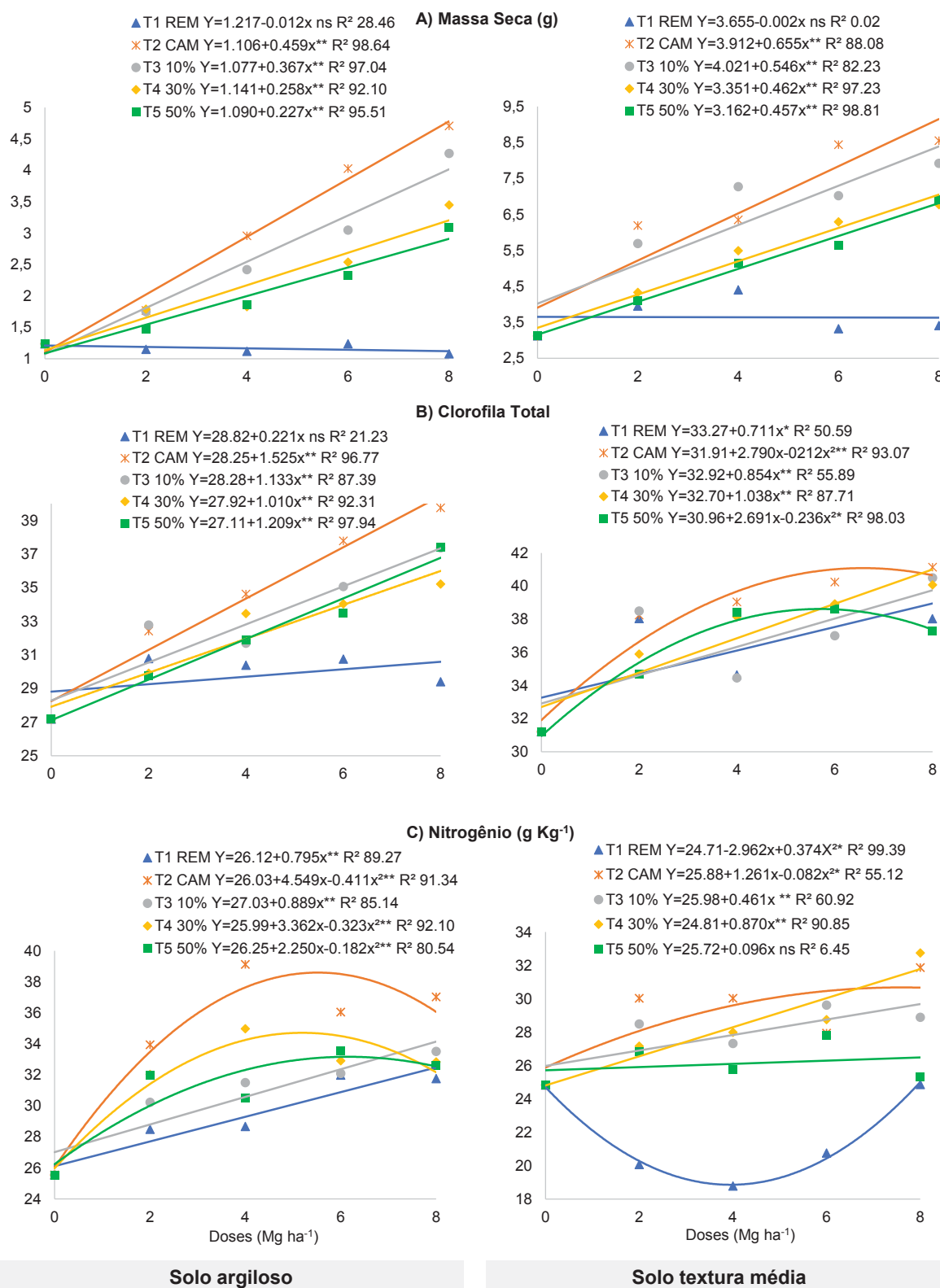
Conceição et al. (2012), concluíram em seu estudo que a mistura de fosforito ao processo de compostagem demonstrou resultados e benefícios ao crescimento do milho, já no presente estudo os melhores resultados foram para a cama de aviário pura (CAM) e a entre os compostos cama e 10% (T₃ 10%) a partir de 4 Mg ha⁻¹.

Os valores de clorofila total deste estudo variaram de 29,70 a 34,35 para solo argiloso e para solo textura média 36,05 a 37,98. Os teores de clorofila total encontrados em cultura de milho por (SOUZA et al., 2010) com a aplicação de K₂SiO³ em doses de 0 a 6 L ha⁻¹ variaram em média de 42,48 a 56,21 resultados maiores que do respectivo trabalho. Rocha (2013), ao avaliar a clorofila na cultura de milho e seus atributos encontraram índices de clorofila com média de 38,38 na 3^o folha desenvolvida, e concluíram ser significativa para o aumento da produtividade.

O tratamento que promoveu maiores valores de clorofila total foi o T2 CAM em que as doses de cama promoveram um aumento dos teores de clorofila, pela análise de regressão, até a dose de 6,68 Mg ha⁻¹, correspondendo a valores de clorofila total de 41,13, no solo de textura média o comportamento das doses de CA aplicadas foram linear atingindo valores de 37,98 na dose de 8 Mg ha⁻¹ (Figura 5).

O aumento de clorofila obtido é esperado visto que a CAM apresenta em sua constituição uma quantidade de N significativa (Tabela 9), em contrapartida o remineralizador não apresenta N. Assim, como a concentração da clorofila correlaciona-se positivamente com o nitrogênio absorvido pela folha (RUTTANAPRASERT et al., 2012), e este sendo um parâmetro de fácil avaliação de grande importância sendo que Rambo et al. (2011), reitera que os índices de clorofila estão fortemente correlacionados com a nutrição das plantas em termos de nitrogênio e conseqüentemente produtividade, espera-se que a aplicação de doses crescentes de CA promovam um aumento dos teores de nitrogênio que por sua vez promoverá aumentos nos teores de clorofila como verificado neste estudo (Figura 5).

FIGURA 5 – COMPORTAMENTO DAS VARIÁVEIS DA PARTE AÉREA EM FUNÇÃO DOS TRATAMENTOS E EM DOIS TIPOS DE SOLO.



Fonte: Autora (2020)

** Significativo a 1% de probabilidade; * Significativo a 5% de probabilidade; ns Não significativo

Da mesma forma que no tratamento CAM quase todos os tratamentos com misturas de cama de aviário, que possui nitrogênio, e remineralizador em ambos os solos, excluindo-se o T50 do solo argiloso, apresentaram crescimentos lineares significativos da clorofila e aumento lineares ou quadráticos dos teores de N em função do aumento das doses aplicadas (Figura 5).

A excessão deste comportamento nos tratamentos que tem CAM em sua constituição é o T50 no solo argiloso que embora tenha promovido aumentos significativos nos teores de clorofila o mesmo não foi acompanhado por aumentos significativos nos teores de nitrogênio.

A aplicação do tratamento REM não apresentou alterações significativas, com efeito linear nos índices de clorofila para o solo argiloso, porém teve aumentos significativos dos teores de N, isto pode ter ocorrido pelo fato dos teores de N nas plantas encontrarem-se dentro da faixa considerada adequada (SBCS/NEPAR 2019). Além disso, este tratamento também apresentou os menores coeficientes angulares, senso assim promoveu os menores incrementos de N de todos os tratamentos ocorridos no solo textura média (Figura 5)

Em discrepância aos demais tratamentos e ao consenso da literatura, no solo de textura média, verificou-se aumento significativo dos índices de clorofila pela aplicação do tratamento REM, contrastando com uma redução significativa até a dose de 3,96 Mg ha⁻¹ de remineralizador dos teores de nitrogênio. Este aumento de clorofila pode estar relacionado ao silício presente na composição do remineralizador que chega a 50,22 % (Tabela 12) cuja relação já foi evidenciado por outros autores (BRAGA et al., 2009 e LOCARNO et al. 2011).

TABELA 12 - COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO REMINERALIZADOR UTILIZADO NO EXPERIMENTO POR ESPECTROMETRIA DE FLUORESCÊNCIA DE RAIOS X.

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	TiO ₂	MnO	P ₂ O ₅	P.F	Soma
50,22	12,67	13,92	8,92	5,36	1,32	2,87	2,06	0,20	0,20	1,75	99,59

SiO₂: dióxido de silício; Al₂O₃: óxido de alumínio; Fe₂O₃: óxido de ferro; CaO: óxido de cálcio; MgO: óxido de magnésio; K₂O: óxido de potássio; Na₂O: óxido de sódio; TiO₂: dióxido de titânio; MnO: óxido de manganês; P₂O₅: pentóxido de fósforo.

Avaliando as possíveis alterações nos parâmetros do solo que podem estar vinculadas as melhorias da fertilidade e conseqüentemente dos ganhos em crescimento das plantas, verifica-se que ocorreram aumentos do pH do solo e de nutrientes frequentemente associados as alterações de pH (Figura 6).

O pH dos solos encontravam-se inicialmente acima do considerado adequado para o estado do Paraná (SBCS, 2019), sendo de 6,7 e 7,0 respectivamente aos solos de textura argilosa e média (Tabela 8). Estes valores de pH altos não costumam ser comuns no Brasil, mas na região do Oeste do Paraná, principalmente em Palotina onde os solos foram coletados, por serem solos eutróficos, os valores de pH em subsuperfície costumam ser elevados.

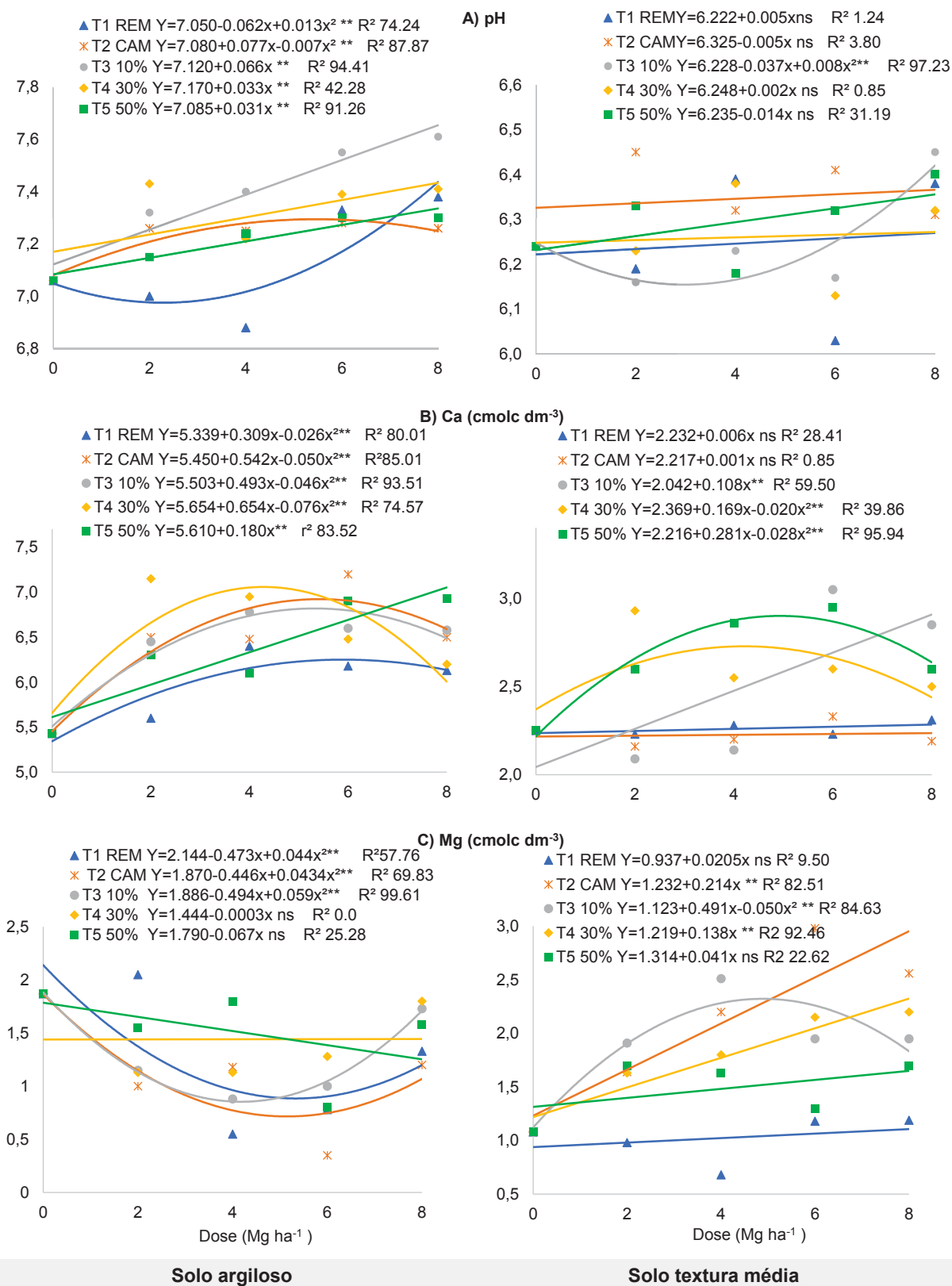
Mesmo com pHs já elevados a aplicação dos tratamentos, principalmente nos que ocorrem a existência do remineralizador, promoveram aumentos nos valores de pH dos solos. Os incrementos foram mais expressivos ocorrendo aumentos significativos em todos os tratamentos contendo remineralizador, no solo argiloso (Figura 6), este embora tenha valor de pH inicial mais elevado por possuir uma menor CTC, 5,18 contra 9,72 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$, precisa de menores incrementos de hidroxilas para propiciar aumentos no pH. No solo de textura média somente o tratamento T10 teve resultados significativos (Figura 6), demonstrando que a associação favoreceu a atividade do remineralizador.

Em ambos os solos o tratamento T10 foi o que apresentou resultados mais expressivos terminando na dose de 8 Mg ha^{-1} , com os maiores valores de pHs obtidos, 6,44 e 7,61 para os solos de textura média e argilosa, respectivamente. Na composição do remineralizador a presença de minerais de Cálcio e Magnésio contabilizados na análise destes materiais como CaO e MgO, 8,92 e 5,36 % respectivamente, reagem no solo promovendo o aumento do pH. .

O aumento do pH com o uso de rochas silicáticas é bem comprovado pela literatura sendo observado por outros autores em seus estudos (RESENDE et al., 2006; MELO DIAS e BARBOSA et al, 2008; RIBEIRO et al., 2010; SILVA et al., 2012; TOSCANI e SANTOS, 2017).

A cama de aviário promoveu incrementos significativos nos valores de pH somente no solo argiloso, sendo o maior valor de pH obtido na dose de 5,5 Mg ha^{-1} . É verificado pela literatura que este material apresenta pH mais básico pela presença de cálcio, que promove este aumento do pH do solo em um primeiro momento da sua aplicação.

FIGURA 6 – COMPORTAMENTO DAS VARIÁVEIS DO SOLO EM FUNÇÃO DOS TRATAMENTOS E EM DOIS TIPOS DE SOLO.



Fonte: Autora (2020)

** Significativo a 1% de probabilidade; * Significativo a 5% de probabilidade; ns Não significativo

O uso dos tratamentos formados pelas misturas de CAM e REM (T10, T30 e T50), promoveram aumentos significativos em função das doses nos teores de Ca em ambos os solos (Figura 6). A associação do remineralizador que possui maiores concentrações de CaO 8,92 %, com a carga microbiológica advinda da CAM, pode ter promovido a maior liberação de Ca destes tratamentos, isto considerando que a CAM apresenta uma apenas 3,45% de CaO, em média, segundo a SBCS/NEPAR (2019).

Ressalta-se que os teores iniciais de Ca dos solos utilizados eram considerados altos estando estes acima de 2,1 e abaixo de 6,0 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$, em ambos os solos. Somente no solo argiloso que já apresentava teores iniciais de Ca mais altos, 5,4 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$, que os teores tiveram sua classe de interpretação alterada, neste caso os resultados menos expressivos dentre os tratamentos foi apresentado pelo tratamento REM, os valores de Ca chegaram a 6,24 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ obtido na dose de 5,24 Mg ha^{-1} .

Os tratamentos T50 e T10 apresentam os maiores teores de Ca para os solos de textura argilosa e média, respectivamente, com comportamento linear e significativo para as doses. Por outro lado, os tratamentos T30 e T50 apresentaram melhores respostas quadráticas e valores de Ca de 7,06 e 2,55 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$, nas doses de 4,3 e 5,02 Mg ha^{-1} , respectivos aos solos de textura argilosa e média.

Os tratamentos isolados constituídos pelos materiais puros (CAM ou REM) não apresentaram respostas significativas nos teores de Ca para o solo de textura média, e mesmo no solo de textura argilosa onde obtiveram respostas significativas estas não foram as melhores, demonstrando que a associação (mistura) destes materiais é positiva quando se quer aumentar os teores de Ca no solo .

Os incrementos nos teores de Ca tanto para os tratamentos constituídos por CAM e REM ou suas misturas eram esperados visto que diversos autores apresentam como conclusões de seus trabalhos que a aplicação destes materiais, tem a capacidade de promover aumentos significativos de cálcio no solo (Mendes et al. (2006a,b), Silva et al. (2006a,b) e Resende et al. (2006b)

Os teores iniciais de magnésio, assim como os de Ca, encontram-se na classe de interpretação de altos, de 1,1 à 2,0 cmol dm^{-3} , segundo a SBCS/NEPAR (2019), com valores de 1,2 e 1,9 respectivos aos solos de textura média e argilosa.

Observou-se redução dos teores de Mg para a maioria dos tratamentos com excessão do T30 e T50 no solo argiloso que não tiveram resposta significativa. Estas reduções podem estar associadas ao maior crescimento das plantas de milho no solo argiloso, pois observando-se os valores da MS (Figura 5), verifica-se que neste solo

ocorreram maiores valores de produção de MS do que no solo de textura média, o que ocasiona maior extração pelas plantas e pode ter resultado na diminuição dos teores de Mg do solo.

Apenas o T30 e T50 no solo de textura argilosa conseguiram pela extração promovida pelas plantas de milho, neste solo, suprir as demandas para manter os teores de Mg adequados e na classe de interpretação alta (Figura 6).

Verifica-se que o T30 e T50 também foram os tratamentos, para o solo de textura argilosa, que promoveram os melhores resultados de Ca no solo reforçando a hipótese de que a associação do REM com a CAM no início do processo de estabilização da cama favorece a liberação de nutrientes contidos no REM.

Os tratamentos constituídos dos materiais puros, REM e CAM, apresentaram os menores teores de Mg no solo argiloso (Figura 6). Este fato pode ser devido a baixa disponibilidade de Mg na CAM e da baixa solubilidade e reação do Mg no REM, principalmente com apenas 65 dias de condução dos ensaios. No solo de textura média não foram observadas reduções nos teores de Mg do solo. Neste, os tratamentos com maior concentração de remineralizador (REM e T50) não promoveram resultados significativos, mantendo os teores deste nutrientes adequados no solo.

A cama de aviário e a associação destas com as menores doses de remineralizador (T10 e T30) promoveram ganhos significativos nas concentrações de magnésio do solo. A menor extração associado a maior facilidade de liberação do Mg existente na cama de aviário, mesmo em menores concentrações, favoreceu o aumento dos teores deste nutriente no solo de textura média que apresenta menor interação da matriz do solo com os elementos catiônicos devido a menor CTC do mesmo.

No solo de textura média, a associação do REM e CAM demonstraram incremento significativo de Mg, que pode ser explicado pela composição deste nutriente no pó de rocha e na cama de aviário. Em estudo com anfíbolito e micaxisto, Pádua (2012), concluiu que esses materiais contribuem para o fornecimento de Mg para o solo. Já Lemos et al. (2014), relatam que a cama de aviário foi o composto que apresentou melhores resultados em nutrientes importantes para o solo e planta, sendo o Mg um dos nutrientes em destaque.

A aplicação de doses do REM não promoveu efeito significativo quanto aos teores de K da parte aérea do milho, tampouco foi capaz de promover incrementos

deste nutriente de forma significativa no solo (Figura 7). Contudo, é importante ressaltar que todos os teores de K encontrado em todos os tratamentos encontram-se dentro ou acima da faixa considerada adequada para este nutriente nas culturas que seria de 17 à 35 g kg⁻¹ segundo a SBCS/NEPAR (2019). Assim, pode-se verificar que a liberação do K pelos tratamentos foi suficiente para pelo menos compensar o K extraído pela cultura (Figura 7).

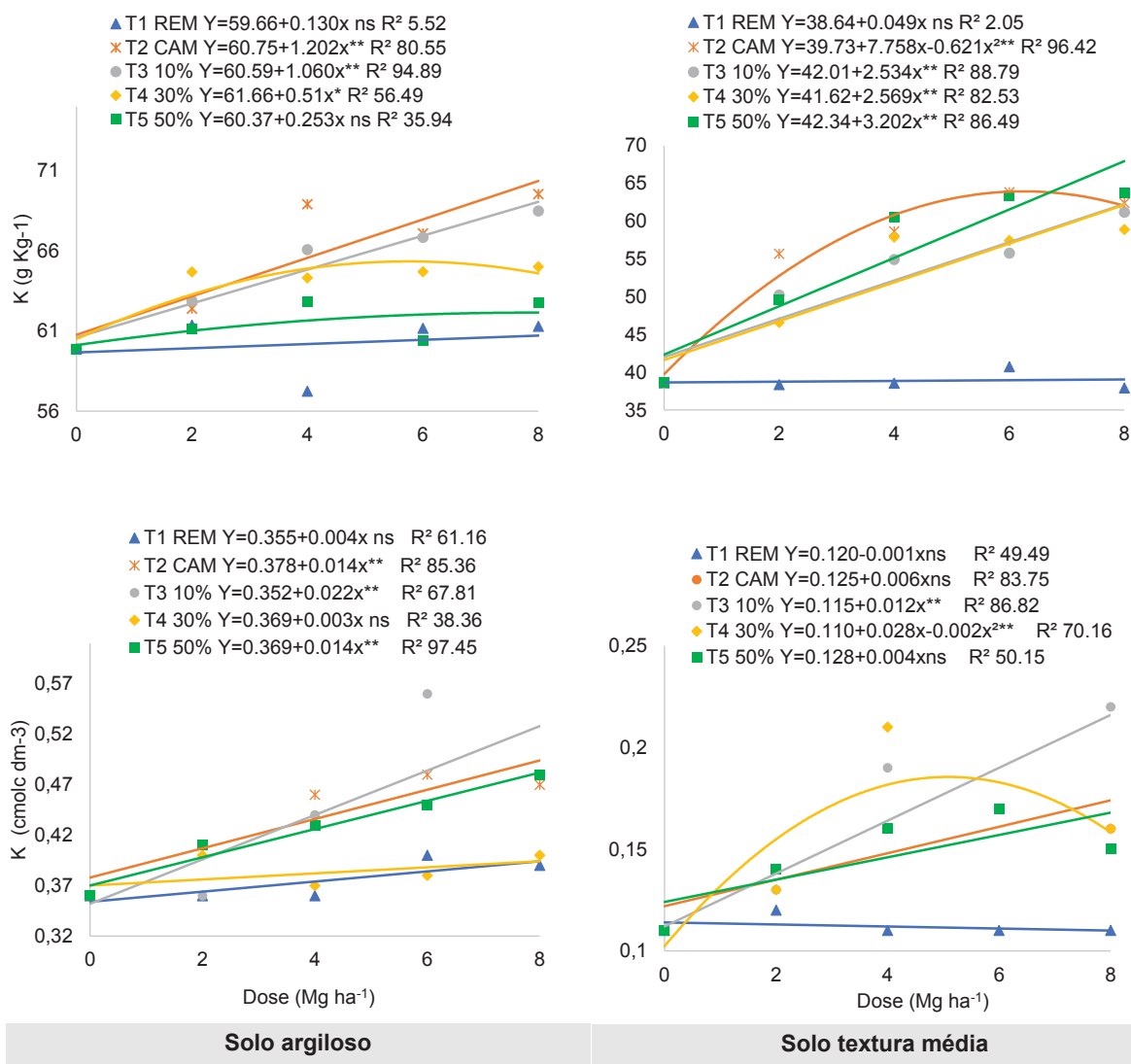
A baixa liberação do K ocorreu devido a fatores como a baixa disponibilidade deste material no REM (cerca de 1%, sendo 3 vezes menor que o da cama de aviário que possui perto de 3%), e sobretudo, pela baixa liberação que o K possui, sendo que os minerais constituintes destas rochas que apresentam o K e sua constituição demandam de mais tempo de intemperismo para disponibilizar este nutriente (Bakken et al., 2000 e Resende et al., 2006).

Verifica-se, no solo de textura média, que todos os tratamentos que tinham CAM na composição (CA, T10, T30 e T50), promoveram aumentos significativos de K na parte aérea (Figura 7), mesmo com o maior crescimento das plantas observados nestes tratamentos (Figura 5). Este fato deve-se possivelmente a maior concentração de K da CAM. Além disso, a maior liberação do K do REM pode ter ocorrido no processo de estabilização da CAM junto com este material (pela incorporação destes dois materiais 90 dias antes do ensaio), uma vez que o T50 apresentou juntamente com a CAM os maiores teores de K na planta (Figura 7).

Quando se observa os teores de K no solo (solo de textura média), os tratamentos que apresentaram melhores resultados nos teores de K no tecido da parte aérea do milho (CA e T50) não apresentam resposta significativa. Por outro lado, os tratamentos T10 e T30 que promoveram menores teores na planta, ressaltando que estes teores mesmo menores situam-se dentro da faixa adequada, promoveram melhorias significativas dos teores no solo (Figura 7).

Para o solo de textura argilosa os tratamentos CAM, T10 e T30 promoveram incrementos significativos de K nos tecidos das plantas de milho mesmo estes já iniciando acima da faixa considerada adequada. Neste caso o tratamento com maior dose de remineralizador na cama de aviário não foi eficiente em promover aumentos e a CAM foi o melhor tratamento da mesma forma que no solo de textura média seguido pelo T10 (Figura 7).

FIGURA 7 – COMPORTAMENTO DO NUTRIENTE POTÁSSIO (K) DA PARTE AÉREA E SOLO EM FUNÇÃO DOS TRATAMENTOS E EM DOIS TIPOS DE SOLO.



Fonte: Autora (2020)

** Significativo a 1% de probabilidade; * Significativo a 5% de probabilidade; ns Não significativo

O melhor desempenho dos tratamentos com CAM condiz com a literatura, onde diversos autores apresentam resultados de melhora dos teores de K na planta e no solo com aplicação de cama de aviário. PITTA et al. (2012), concluíram que o potássio em estudo com cama de aviário foi o nutriente com liberação mais rápida, sendo que após 150 dias da incubação, 100% se tornou disponível.

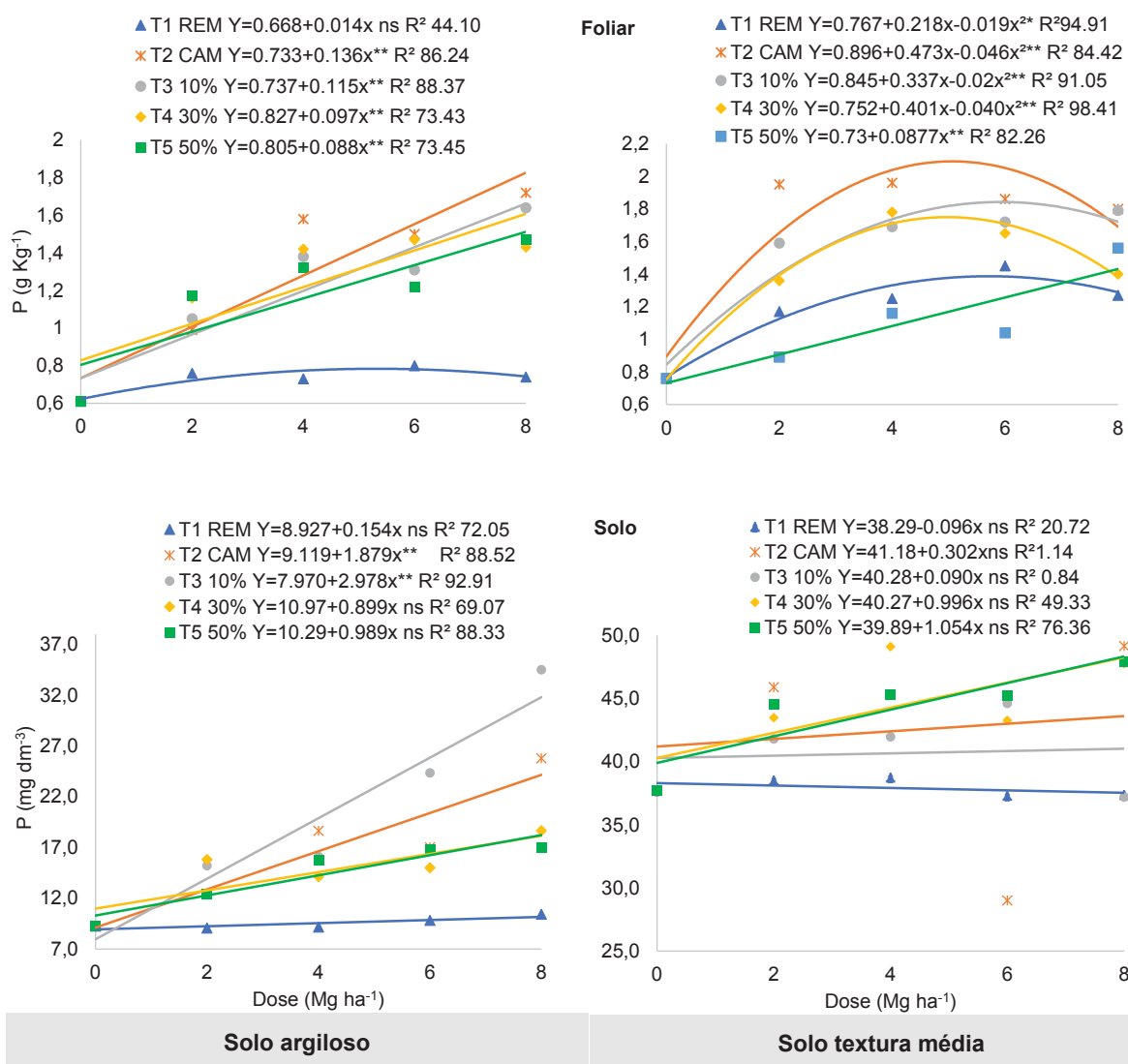
Resultado semelhante foi encontrado por Resende et al. (2006) e Oliveira et al. (2006) que com a aplicação de rochas biotita e ultramáfica nas maiores doses de 100 e 150 mg kg⁻¹ de K, obtiveram resultados e encontraram maior eficiência agrônômica em cultivos sucessivos de girassol e soja num solo argiloso do Paraná.

Para os teores de P nos tecidos foliares todos os tratamentos foram significativos, apresentando liberação deste nutriente. Porém, a menor extração foi para o REM sozinho (mas ainda significativo), o que fez com que no solo o tratamento somente com CAM teve maior liberação de fósforo (Figura 8). Fator que pode ter contribuído para a liberação de fósforo no solo pela cama de aviário, segundo Diniz et al., (2008) em compostos orgânicos o fósforo pode não ser imediatamente aproveitável pelas plantas, podendo limitar a produção das culturas.

Para solo textura média o tratamento CAM nos tecidos foliares teve maior resposta liberando maior concentração de P (Figura 8). O tratamento com 10% de remineralizador se destacou dos demais tratamentos, e quando avaliado no solo (argiloso) se manteve com maiores índices de liberação de fósforo. Alguns autores citam em suas pesquisas com rochas associadas a resíduos, podem ser indicadas como fontes de fornecimentos de fósforo para o cultivo do milho, demonstrando que atividade microbiana do solo mais a matéria orgânica da cama de aviário podem auxiliar na solubilização do fósforo e aumentar a disponibilização para as plantas (Araújo et al. 2008). O aumento da disponibilidade de P pode estar relacionado com o silício que tem grande quantidade na composição do remineralizador, visto que este elemento desloca o fósforo dos sítios de adsorção, onde se instalará preferencialmente nas argilas do solo e nos sesquióxidos (Grassi Filho, 2003).

Avaliando-se os teores de P no solo de textura média, demonstra que os teores considerados médios a alto em todos os tratamentos a partir da dose com 2 toneladas. E para solo textura média os resultados considerados como médios também a partir de 2 toneladas (SBCS/NEPAR 2019).

FIGURA 8 – COMPORTAMENTO DO NUTRIENTE FÓSFORO (P) DA PARTE AÉREA E SOLO EM FUNÇÃO DOS TRATAMENTOS E EM DOIS TIPOS DE SOLO.



Fonte: Autora (2020)

** Significativo a 1% de probabilidade; * Significativo a 5% de probabilidade; ns Não significativo

Alguns autores ao aplicarem doses (0, 5, 10, 20 e 40 ton ha⁻¹) de cama de aviário no milho, observaram que os melhores resultados encontrados para liberação de fósforo no solo foram aplicações com 10 e 20 ton ha⁻¹. (Dariva, Moreira, Laureth 2018).

Ainda vale ressaltar que a presença de P e K no remineralizador é pequena e aliado ao curto período de condução deste experimento (65 dias) e por se tratar de um produto considerado de lenta liberação não deve ter contribuído muito para aumentar esses teores no solo, podendo ter maiores valores residuais disponíveis em áreas cultivadas com culturas posteriores. Apesar das alterações ocorridas nos valores de pH, P, K, Ca e Mg, as doses dos compostos entre cama de aviário e

remineralizador testadas, não modificaram a interpretação desses atributos químicos do solo, mantendo-se nos teores adequados no solo para as culturas anuais (SBCS, 2019). Entretanto, para condições em que o solo apresente baixa concentração em fósforo que é um elemento que geralmente fica retido no solo, existe grande possibilidade do uso do composto para elevação desse nutriente necessário para a cultura do milho.

Os resultados nas alterações químicas do solo, promovidas pela aplicação dos compostos propostos nesse trabalho, são semelhantes com Savant et al. (1997), Teixeira et al. (2008) e Korndorfer et al. (2010), os quais salientam o uso do material como corretivo do solo, com a vantagem de possuir silício em sua composição, o que poderia tornar as plantas menos susceptíveis a estresses ambientais.

3.4 CONCLUSÃO

A partir dos resultados obtidos neste trabalho pode-se concluir que há efeito da cama de aviário juntamente com o remineralizador aplicado no milho.

A adubação com cama de aviário e remineralizador no milho proporcionou aumento nos atributos do solo e nos teores de nutrientes foliares, observando o aumento de clorofila. Portanto, a cama de aviário e o remineralizador (pó de rocha), pode ser uma alternativa de um organomineral para a cultura do milho em pequenas e grandes propriedades melhorando tanto os solos argilosos como os solos de textura média.

De modo geral, houve respostas significativas para as doses das misturas de cama de aviário e remineralizador em ambos os solos avaliados e para todas as variáveis avaliadas. A mistura de 10% de remineralizador na cama de aviário com doses acima de 6 Mg ha⁻¹ pode ser uma solução atrativa para atividade agrícola.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO F. F.; TIRITAN C.S.; PEREIRA H. M.; CAETANO J. O.; Desenvolvimento do milho após a aplicação de lodo de curtume e fosforita. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** v.12, n.5, p.507–511, 2008.
- BAKKEN, A. et al. Crushed rocks and mine tailings applied as K fertilizers on grassland. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, Dordrecht, v. 56, n. 1, p. 53-57, 2000.
- BARBOSA, N. C.; VENÂNCIO, R.; ASSIS, M. H. S.; PAIVA, J. B.; CARNEIRO, M. A. C.; PEREIRA, H. S. Formas de Aplicação de silicato de cálcio e magnésio na cultura do sorgo em Neosolo Quartzarênico de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Tropical**. v. 38, n. 4, p. 290-296, 2008.
- BRAGA FT et al. Características anatômicas de mudas de morangueiro micropropagadas com diferentes fontes de silício. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 44: 128- 132, 2009.
- CONCEIÇÃO, O. P.; RESENDE, A. V.; CARDINALI, A. F.; HICKMANN, C.; MARRIEL, I. E.; MOREIRA, S.G.; NETO, A.E.F. **Efeito fertilizante de agro minerais submetidos a processos de compostagem com inoculação de microrganismos solubilizadores**. In: FERTIBIO 2012, Maceió, 2012.
- COSTA, A. M.; BORGES, E. A.; SILVA, A. A.; NOLLA, A.; GUIMARÃES, E. C. Potencial de recuperação física de um latossolo vermelho, sob pastagem degradada, influenciado pela aplicação de cama de frango. **Ciência Agrotecnológica**, Lavras v. 33, p. 1991-1998, Ed. especial, 2009.
- DARIVA, P. H.; MOREIRA, C. R.; LAURETH, J. C. U. **Uso de cama de aviário na adubação da cultura do milho**. In: SEAGRO/FAG 12° Semana Acadêmica de Agronomia de 06 a 08 de junho de 2018, p. 33 - 36.
- Diniz, E. R.; Santos, R. H. S.; Urquiaga, S. S.; Peternelli, L. A.; Barrela, T. P.; Freitas, G. B. Crescimento e produção de brócolis em sistema orgânico em função de doses de composto. **Ciência e Agrotecnologia**, v.32, p.1428-1434, 2008.
- FAIRCHID, R. Thomas; TEIXEIRA, Wilson; TOLEDO, M. Cristina; TAIOLI, Fabio; **Decifrando a terra**. 2. ed. Companhia editora nacional, 2009. 624 p.
- FERREIRA, DF. Um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Científica Symposium**, Lavras, v. 6, n. 2, p. 36-41, 2008.
- FIESP Federação das Indústrias de São Paulo, 2020. **Safra Mundial de Milho 2020/21**. Disponível em: <https://www.fiesp.com.br/indices-pesquisas-e-publicacoes/safra-mundial-de-milho-2/attachment/file-20200514191213-boletimmilho Maio2020/>. Acesso em: 18 jun. 2020.

GRACIANO, J.D.; HEREDIA ZÁRATE, N.A.; VIEIRA, M.C.; ROSA, Y.B.C. J.; SEDIYAMA, M.A.N.; RODRIGUES, E.T. Efeito da cobertura do solo com cama-de-frango semidecomposta sobre dois clones de mandiocinha-salsa. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 28, p. 367-376, 2006. DOI: <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v28i3.957>

GRASSI FILHO, H. Elementos úteis ou benéficos. **Revista Agroecologia**, n. 20, p. 20-21, 2003.

KORNDORFER, A. P. **Efeito do silício na indução de resistência a cigarrinhas-das-raízes Mahanarva fimbriolata Stal (Hemiptera: Cercopidae) em cultivares de cana de açúcar**. Tese (Doutorado em Entomologia Agrícola) – Universidade de São Paulo, ESALQ, Piracicaba, SP, 2010.

LE MOS, M. S.; MAIA, E.; FERREIRA, E.; STACHIW, R. Uso da cama de frango como adubo na agricultura. **Revista Brasileira de Ciências da Amazônia**, v.3, n.1, 2014.

LOCARNO, M.; FOCHI, C.G.; PAIVA, P.D.O. Influência da adubação silicatada no teor de clorofila em folhas de roseira. **Ciênc. agrotec.**, Lavras, v. 35, n. 2, p. 287-290, 2011.

MALAVOLTA, E. **ABC da Adubação**. 5. ed. São Paulo: Agronômica Ceres Ltda., 292 p. 1989.

MELO, L. C. A.; SILVA, C. A.; DIAS, B. O. Caracterização da matriz orgânica de resíduos de origens diversificadas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 101-110, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832008000100010>.

MELO, V. F.; et al. Doses de basalto moído nas propriedades químicas de um Latossolo Amarelo distrófico da savana de Roraima. **Acta amazônica**, vol. 42, n. 4, 471 – 476, 2012.

MENDES, A.M.S.; SILVA, D.J.; FARIA, C.M.B. & MORAIS, A.T. **Potencial de rochas silicáticas no fornecimento de nutrientes para milho: 1. Macronutrientes**. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 16., Aracaju, 2006. Anais... Aracaju, UFS/SBCS, 2006a.

MENDES, A.M.S.; SILVA, D.J.; FARIA, C.M.B.; MORAIS, A.T.; SILVA, E.J. & SILVA, E.A.R. **Potencial de rochas silicáticas no fornecimento de micronutrientes para melão**. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 27., Bonito, 2006. Anais. Dourados, Embrapa Agropecuária Oeste/SBCS, 2006b. CD-ROM. (Documentos, 82).

NASCIMENTO, F. M.; BÍCUDO, S. J.; FERNANDES, D. M.; RODRIGUES, J. G. L.; FERNANDES, J. C. Diagnose foliar em plantas de milho em sistema de semeadura direta em função de doses e épocas de aplicação de nitrogênio. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, v. 5, n. 1, p. 67-86, 2012. DOI: <https://doi.org/10.5777/paet.v5i1.1642>.

- PÁDUA, E. J.; **Rochagem como adubação complementar para culturas oleaginosas**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 91p.,2012.
- PAVAN, M. A.; BLOCH, M. F.; ZEMPULSKI, H. C.; MIYAZAWA, M.; ZOCOLER, D. C. **Manual de análise química de solo e controle de qualidade**. Circular Técnica, n. 76, 38 p.1992
- PAVINATO, P. S.; CERETTA, C. A.; GIROTTO, E.; MOREIRA, I. C. L. Nitrogênio e potássio em milho irrigado: análise técnica e econômica da fertilização. **Ciência Rural**, v. 38, n. 2, p. 358-364, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782008000200010>.
- PITTA C. S. R.; ADAMI P. F.; PELLISSARI A.; ASSMANN T. S.; FRANCHIN M. F.; CASSOL L. C.; SARTOR L. R. Year-Round Poultry Litter Decomposition and N, P, K and Ca Release. **R. Bras. Ci. Solo**, 36:1043-1053, 2012.
- RAMBO, L.; SILVA, P. R. F. da; STRIEDER, M. L.; SILVA, A. A. da; SANGOI, L.; VIEIRA, V. M. Índices nutricionais de N e produtividade de milho em diferentes níveis de manejo e de adubação nitrogenada. **Revista Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 4, p. 390-397, 2011.
- RESENDE, A.V.; MARTINS, E.S.; OLIVEIRA, C.G.; SENA, M.C.; MACHADO, C.T.T.; KINPARA, D.I. & OLIVEIRA FILHO, E.C. Suprimento de potássio e pesquisa de uso de rochas “in natura” na agricultura brasileira. **Espaço & Geografia**, 9:19-42, 2006a.
- RESENDE, A.V.; MACHADO, C.T.T.; MARTINS, E.S.; SENA, M.C.; NASCIMENTO, M.T.; SILVA, L.C.R.; LINHARES, N.W. Rochas como fontes de potássio e outros nutrientes para culturas anuais. **Espaço & Geografia**, 9: 135:161, 2006b.
- RIBEIRO, L. S. et al. Rochas silicáticas portadoras de potássio como fontes do nutriente para as plantas solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 34, n. 3, p. 891-897, maio/jun. 2010.
- ROCHA, D. M.; **Índice de Clorofila no desenvolvimento de soja e milho e sua correlação com atributos químicos e físicos do solo e produtividade**. UNIOESTE, 2013. 92 f.; 30cm.
- ROSEN, C. **Agricultural use of rock fines as a sustainable soil amendment**. In: MINNESOTA DEPARTMENT OF AGRICULTURE (Ed.). Greenbook. St. Paul: MINNESOTA DEPARTMENT OF AGRICULTURE, 2002. p. 49-51.
- RUTTANAPRASERT, R; JOGLOY, S; VORASOOTN, K. T.; KANWAR, R. S.; HOLBROOK, C. C. Relationship between chlorophyll density and spad chlorophyll meter reading for Jerusalem Artichoke (*Helianthus tuberosus* L.). **Journal of Breeding and Genetics**, v. 44 p. 149-162, 2012.
- SAMPAIO, S. C., FIORI, M. G. S., OPAZO, M. A. U.; NÓBREGA, L. H. P. Comportamento das formas de nitrogênio em solo cultivado com milho irrigado com

água residuária da suinocultura. **Engenharia Agrícola**, v. 30, n.1, p. 138-149, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-69162010000100015>.

SANTOS L.B.; CASTAGNARA D. D; BULEGON L. G.; ZOZ T.; OLIVEIRA P. S. R.; JÚNIOR A. C.; NERES M. A. Substituição da adubação nitrogenada mineral pela cama de frango na sucessão aveia/milho. **Bioscience Journal**, v. 30, supplement 1, p. 272-281, 2014

SANTOS, D. R. dos; GATIBONI, L. C.; KAMINSKI, J. Fatores que afetam a disponibilidade do fósforo e o manejo da adubação fosfatada em solos sob sistema plantio direto. **Ciência Rural**, v. 38, n. 2, p. 576-586, 2008. DOI: <https://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782008000200049>.

SAVANT, N.K.; SYNDER, G.H.; DATNOFF, L.E. Silicon management and sustainable rice production. **Advances in Agronomy**, 58:151–191, 1997. [doi.org/10.1016/S0065-2113\(08\)60255-2](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(08)60255-2)

SBARDELOTTO, G. A; CASSOL, L. C. Desempenho da cultura do milho submetida a níveis crescentes de cama de aviário. **Synergismus scyentifica**, v. 4, p. 1-3, 2009.

SILVA, O. D. F. Martin; COSTA, M. Leticia. A indústria de defensivos agrícolas. **BNDES Setorial**, v. 35, p. 233 – 276,2011.

SILVA, D. R. G.; et all. Characterization and Nutrient Release from Silicate Rocks and Influence on Chemical Changes in Soil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 36:951-962, 2012.

SILVA, F. C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2 ed. Brasília: Embrapa informação Tecnológica, 2009, 627 p.

SILVEIRA, P. M.; BRAZ, A. J. B. P.; DIDONET, A. D. Uso do clorofilômetro como indicador da necessidade de adubação nitrogenada no feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 9, p. 1083-1087, 2003.

Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (SBCS). **Manual de adubação e calagem para o estado do Paraná**. 2.ed. Curitiba: núcleo Estadual Paraná da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo – NEPAR-SBCS, 2019.

SOUZA, F. N. S. et al. **Potencial de rejeito mineral na produção de grãos**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ROCHAGEM, 1., 2010, Brasília. Anais... Planaltina: EMBRAPA Cerrados, 2010. p. 289-295.

SOUZA, I. D.; FAGOTTI, L. D.; SATURNO, F. D.; CEREZINI, P.; CERVANTES, M.N. V.; NOGUEIRA, A. Marco; Adubação verde associado a pó de basalto e fosfato natural em sistemas agroecológicos no sul do Paraná e norte de Santa Catarina. **Cadernos de Agroecologia**, v.6, n. 2, 2011.

SOUZA, F. N. S.; OLIVEIRA, C. G.; MARTINS, É. S.; ALVES, J. M. Efeitos condicionador e nutricional de um remineralizador de solos obtido de resíduos de mineração. **Agri-environmental Sciences**, v. 3, n. 1, p. 1-14, 2017.

TEIXEIRA, I. R.; SILVA, R. P.; SILVA, A. G.; KORNDÖRFER, P. H. Fontes de silício em cultivares de feijão nas safras das águas e da seca. **Revista Ciência Agronômica**, v. 39, n. 04, p. 562-568, 2008.

TOSCANI, R. G. S.; CAMPOS J. E. G. Uso de pó de basalto e rocha fosfatada como remineralizadores em solos altamente intemperizados. **Geociências**, v. 36, n. 2, p. 259 – 274, 2017

VASCONCELOS, A. C. M.; CASAGRANDE, A. A.; PERECIN, D.; JORGE, L. A. C.; LANDELL, M. G. A. Avaliação do sistema radicular da cana-de-açúcar por diferentes métodos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 5, p. 849-858, 2003. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832003000500009>.