

CENTRO UNIVERSITÁRIO SAGRADO CORAÇÃO

SAULO LUIZ DI FALCO

CALAGEM E ADUBAÇÃO DA CULTURA DO MG 5

BAURU

2024

SAULO LUIZ DI FALCO

CALAGEM E ADUBAÇÃO DA CULTURA DO MG 5

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação
apresentado na forma de Artigo Científico
como parte dos requisitos para obtenção do
título de Bacharel em Engenharia Agrônômica
– Centro Universitário Sagrado Coração.

Orientadora: Profa. Dra. Beatriz Antoniassi.

BAURU

2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo
com ISBD

D5361c Di Falco, Saulo Luiz
Calagem e adubação da cultura do MG 5/ Saulo Luiz Di Falco. -- 2024.
31f. : il.
Orientadora: Prof.^a Dra. Beatriz Antoniassi
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Agrônômica) - Centro Universitário Sagrado Coração - UNISAGRADO - Bauru - SP
1. Orgânica. 2. Calagem. 3. *Brachiaria Brizantha* MG 5. 4. Manejo Sustentável. 5. Pecuária. I. Antoniassi, Beatriz. II. Título.

Elaborado por Lidyane Silva Lima - CRB-8/9602

SAULO LUIZ DI FALCO

CALAGEM E ADUBAÇÃO DA CULTURA DO MG 5

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação apresentado na forma de Artigo Científico como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Agrônômica – Centro Universitário Sagrado Coração.

Aprovado em: 10/12/2024.

Banca examinadora:

Profa. Dra. Beatriz Antoniassi (Orientadora)
Centro Universitário Sagrado Coração (Unisagrado)

Profa. Dra. Érika Cristina Souza da Silva Correia
Centro Universitário Sagrado Coração (Unisagrado)

Profa. Dra. Renata Teixeira de Almeida Minhoni
Centro Universitário Sagrado Coração (Unisagrado)

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	8
2	REVISÃO DA LITERATURA	9
2.1	Calagem.....	9
2.2	Adubo orgânico.....	13
3	MATERIAIS E MÉTODOS	16
3.1	Coleta de Amostragem de Solo.....	17
3.2	Área de Calagem e Adubação	18
3.3	Recomendação de Adubação.....	19
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	22 Erro! Indicador não definido.
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	32
	REFERÊNCIAS	30

CALAGEM E ADUBAÇÃO DA CULTURA DO MG 5: Estudo de Caso

Saulo Luiz Di Falco¹ e Beatriz Antoniasi²

¹ Graduando em Engenharia Agrônoma pelo Centro Universitário Sagrado Coração (UNISAGRADO)
petroecol@petroecol.com.br

² Docente do Centro Universitário Sagrado Coração (UNISAGRADO)
beatriz.antoniasi@unisagrado.edu.br

RESUMO

A pecuária bovina no Brasil é amplamente baseada em sistemas de pastagens, sendo a *Brachiaria brizantha*, MG 5, uma das forrageiras mais utilizadas devido à sua alta produtividade e qualidade nutricional. Contudo, solos ácidos e arenosos, predominantes em diversas regiões do país, representam desafios significativos para o crescimento e o desenvolvimento dessas pastagens, exigindo práticas de manejo que melhorem a fertilidade e a sustentabilidade do sistema produtivo. Este estudo avaliou a eficácia da calagem e da adubação com o fertilizante orgânico PTF Org 30 no manejo de pastagens em uma área de 17 hectares. Após a correção da acidez do solo por meio da calagem, foi realizada a aplicação de 2 toneladas por hectare do PTF Org 30, fertilizante produzido a partir da compostagem de resíduos orgânicos industriais. Os resultados demonstraram um aumento expressivo da biomassa verde e uma coloração mais intensa e uniforme da forrageira, com nuances arroxeadas em algumas áreas, indicando a alta disponibilidade de nutrientes no solo. Outro aspecto destacado foi a rápida resposta da MG 5 à primeira chuva da estação, com um acumulado de 40 mm. Essa reação evidenciou a eficiência do PTF Org 30 na mineralização dos nutrientes, promovendo a absorção imediata e garantindo um estabelecimento mais rápido e vigoroso da pastagem. Além disso, a ativação da microbiota do solo pelo fertilizante orgânico contribuiu para a saúde do solo e para a sustentabilidade do sistema produtivo. A aplicação do PTF Org 30 revelou-se uma solução eficiente e ambientalmente responsável, não apenas aumentando a produtividade das pastagens, mas também reduzindo a necessidade de insumos químicos. Essa abordagem reforça a importância de práticas agrícolas sustentáveis, que aliam inovação tecnológica e preservação ambiental. Conclui-se que o manejo integrado com calagem e adubação orgânica na *Brachiaria brizantha* MG 5 é uma estratégia viável para superar os desafios da pecuária em solos de baixa fertilidade. Além de promover maior produtividade e qualidade do pasto, essas práticas contribuem para a redução de custos e impactos ambientais, assegurando a viabilidade da produção pecuária em longo prazo.

Palavras-chave: Adubação orgânica; Calagem; *Brachiaria brizantha* MG 5; Manejo sustentável; Pecuária.

LIMING AND FERTILIZATION OF MG 5 CROP: Case Study

Saulo Luiz Di Falco¹ e Beatriz Antoniasi²

¹ Undergraduate student in Agronomic Engineering at Centro Universitário Sagrado Coração (UNISAGRADO)
petroecol@petroecol.com.br

² Professor at Centro Universitário Sagrado Coração (UNISAGRADO)
beatriz.antoniasi@unisagrado.edu.br

ABSTRACT

The Brazilian cattle ranching industry relies heavily on pastures, with *Brachiaria brizantha* MG 5 being one of the most commonly used forage grasses due to its high productivity and nutritional quality. However, acidic and sandy soils, prevalent in many regions of the country, pose significant challenges to pasture growth and development, requiring effective soil management practices to enhance fertility and sustainability. This study assessed the effectiveness of liming and fertilization with the organic fertilizer PTF Org 30 in managing pastures on a 17-hectare area. After correcting soil acidity through liming, 2 tons per hectare of PTF Org 30, an organic fertilizer made from composted industrial organic waste, was applied. The results showed a significant increase in green biomass, with more intense and uniform coloration of the forage, including purplish hues in some areas, indicating high nutrient availability in the soil. The rapid response of MG 5 to the first rainfall of the season, with 40 mm of accumulation, highlighted the efficiency of PTF Org 30 in mineralizing nutrients, promoting immediate absorption, and ensuring faster and more vigorous pasture establishment. Additionally, the activation of soil microbiota by the organic fertilizer contributed to soil health and system sustainability. The use of PTF Org 30 proved to be an efficient and environmentally responsible solution, increasing pasture productivity while reducing the need for chemical inputs. This approach emphasizes the importance of sustainable agricultural practices that combine technological innovation and environmental preservation. It is concluded that integrated management with liming and organic fertilization of *Brachiaria brizantha* MG 5 is a viable strategy to overcome challenges in cattle farming on low-fertility soils. In addition to improving pasture productivity and quality, these practices contribute to reduced costs and environmental impacts, ensuring the long-term viability of livestock production.

Keywords: Organic fertilization; Liming; *Brachiaria brizantha* MG 5; Sustainable management; Livestock.

1 INTRODUÇÃO

A grande parte dos resíduos orgânicos gerados nos municípios brasileiros, tanto na área rural como na área urbana não possuem uma destinação adequada, sendo depositados em aterros sanitários e lançados nos mananciais, perdendo-se então essa matéria-prima que poderia ser transformada em um adubo rico em nutrientes que são essenciais as plantas.

Os resíduos orgânicos apresentam elevados teores de nitrogênio (N), sendo este um nutriente que as plantas necessitam em grandes quantidades. Apesar de 78% do N estar na atmosfera na forma de N_2 , o mesmo é pouco aproveitado nesta forma, pois as plantas irão conseguir aproveitá-lo somente através da fixação biológica, industrial ou de descargas elétricas, transformando o N_2 em NH_4 .

O N possui papel fundamental no metabolismo vegetal, por participar diretamente, da biossíntese de proteínas e clorofilas (Andrade et al., 2003), sendo importante no estágio inicial de desenvolvimento da planta, período em que a absorção é mais intensa (Basso; Ceretta, 2000).

No entanto, a utilização do N é muito complexa, pois seu metabolismo é influenciado por diversos fatores ambientais tais como: déficit hídrico (Becana et al., 1984), encharcamento (Lopes et al., 1988), luz e toxidez de alumínio (Cambraia, 1989). Essas condições de estresse agem diretamente sobre a atividade das enzimas nitrato redutase, interferindo também, em outras enzimas do metabolismo do N e com o catabolismo de aminoácidos, proteínas e outros compostos nitrogenados.

Desta forma, as produções agrícolas utilizam fertilizantes nitrogenados na adubação de suas culturas. Estima-se que esses fertilizantes nitrogenados minerais, representem 50% dos custos da produção e são ainda a maior fonte de poluição ambiental dos sistemas agrícolas (Machado; Magnavaca, 1991).

Uma alternativa seria então a utilização dos adubos orgânicos, que têm efeito de aumento da capacidade de troca catiônica (CTC) do solo, principalmente em solos que apresentam poucas cargas negativas como nos solos arenosos. Tem a função de melhoria no fósforo (P) disponíveis diminuindo a sua fixação que ocorrem em solos altamente intemperizados, características de solos da região tropical com argilas (1:1), óxidos de ferro e óxido de alumínio que são a caulinita, gibsitita e goetita, respectivamente.

Além da melhoria de fatores químicos já discutidos, os adubos orgânicos melhoram as propriedades físicas do solo, melhorando sua estrutura e o aumento da retenção de água, e as

propriedades microbiológicas, aumentando a ação de microorganismos com a melhoria de absorção de nutrientes através de fungos como as micorrizas e bactérias.

Apesar das inúmeras vantagens apresentadas, a maioria dos pecuaristas, pouco aproveitam os adubos orgânicos nas suas pastagens, isto porque, não consideram a pastagem como culturas agrícolas, com isto verifica-se que é mal manejado as pastagens, colocando um suporte animal maior que a sua capacidade, em função disto os pastos vão se degradando com o tempo. Um pasto degradado irá apresentar um sistema radicular reduzido, com isto as plantas forrageiras não irão conseguir absorver adequadamente os nutrientes. Para ser efetuado uma boa adubação deve ser verificado primeiramente o manejo da pastagem para evitar perdas no sistema solo-planta. A pastagem tendo um bom manejo deve ser verificado a sua adubação para assim aumentar a sua capacidade de suporte. Não adianta implantar no sistema uma forrageira extremamente exigente em fertilidade do solo se o produtor não se preocupar na fertilidade do solo de suas pastagens.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi verificar o efeito da adubação orgânica nos parâmetros produtivos e nutricionais de uma forragem já implantada.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Calagem

Calagem é a etapa do preparo do solo para cultivo agrícola na qual se aplica calcário com os objetivos de elevar os teores de cálcio e magnésio, neutralização do alumínio trivalente (elemento tóxico para as plantas) e corrigir o pH do solo, para um desenvolvimento satisfatório das culturas.

Agronomicamente a necessidade de calagem é calculada por 3 métodos distintos, tomados como base a análise de solo, são eles: método da Embrapa, método do IAC e método pH-SMP.

A acidez no solo é um problema comum a quase todas as regiões brasileiras, e a tendência, se não for corrigida, é ampliar-se sobretudo nas regiões de solos arenosos sujeitos a altas precipitações e cultivos intensivos.

Os sistemas para a recomendação de calagem incluem duas etapas: (a) a decisão de aplicar ou não corretivo de acidez (necessidade de calagem) e (b) a definição da dose por aplicar para atingir objetivo especificado. O pH, o Al (trocável ou sua saturação) e a saturação por bases são indicadores que podem ser utilizados para definir se há ou não necessidade de

calagem. A acidez potencial, o índice SMP e as fórmulas que envolvem fatores e, ou, componentes da acidez (Al trocável, matéria orgânica, saturação por bases) têm sido utilizados para determinar a dose de corretivo por aplicar no solo para atingir objetivos pré-estabelecidos (Nolla; Anghinoni, 2004).

No Brasil, são usados diversos indicadores para verificar se existe ou não necessidade de calagem, que foram desenvolvidos pelos programas regionais de pesquisa em Fertilidade do Solo. Os indicadores de acidez mais utilizados são: o pH em água, no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina (CQFS RS/SC, 2004); a saturação por bases, em São Paulo (Raij et al., 2001) e em alguns estados vizinhos (Sousa et al., 1989; Wiethölter, 2000); o Al trocável, nos estados do Nordeste, Norte e parte do Centro-Oeste (Quaggio, 2000); e o Al, o Ca e o Mg trocáveis, principalmente na região de Cerrado (Ribeiro et al., 1999; Sousa; Lobato, 2004). A camada de solo utilizada para o diagnóstico da acidez é de 0–20 cm, com vistas em verificar a necessidade de reaplicação de calcário após um período de 4 a 5 anos.

As recomendações de calagem, atualmente utilizadas, estabelecem que os critérios de calagem para o sistema plantio direto (SPD) são o pH 5,5 e, ou, a saturação por bases de 65 %. Para condições muito ácidas de lavoura ou de campo natural (índice SMP 5,0), na fase de implantação do SPD, recomenda-se incorporar o calcário para atingir o pH água 6,0 (1 SMP pH 6,0) com base na análise da camada de 0–20 cm. No caso da adoção do SPD a partir de campo natural em condição menos ácida, a aplicação de calcário pode ser superficial (Índice SMP > 5,0) ou incorporada (Índice SMP entre 5,0 e 5,5), na dose necessária para elevar o pH água do solo até 5,5 (amostragem da camada de 0–20 cm). No caso de aplicação ou reaplicação de calcário, quando o sistema já estiver com mais de cinco anos (consolidado), a aplicação do calcário pode ser superficial. A dose é estimada para elevar o pH até o pH 5,5, na camada de 0–10 cm (1/2 SMP pH 5,5).

Especificamente as recomendações de calagem para o estado de São Paulo seguem os critérios estabelecidos pelo Boletim Técnico 100 do Instituto Agrônomo (IAC) (Cantarella et al., 2022), amplamente utilizado na região. De acordo com este documento, as práticas recomendadas para o manejo da acidez do solo no Sistema Plantio Direto (SPD) são as seguintes:

Correção inicial:

- Para solos com pH em água inferior a 5,5 e saturação por bases abaixo de 50%, recomenda-se a aplicação de calcário visando elevar a saturação por bases para cerca de 70%.

- Em solos com condições muito ácidas (pH abaixo de 5,0), é indicado incorporar o calcário na camada de 0-20 cm, especialmente na fase de transição para o SPD, ajustando o pH a um valor próximo de 6,0.

Manutenção no SPD consolidado:

- Para áreas onde o SPD já está estabelecido por mais de cinco anos, a calagem pode ser feita de forma superficial. A dose deve ser calculada para manter o pH próximo de 5,5, com base na análise da camada de 0-10 cm.
- Não é necessária a incorporação do calcário, desde que a distribuição seja uniforme.

Aplicação e reaplicação:

- A reaplicação de calcário deve ocorrer sempre que o pH na camada de 0-10 cm cair abaixo de 5,0 ou quando a saturação por bases for inferior a 50%.
- Para solos com Índice SMP superior a 5,5, a aplicação de calcário superficial pode ser suficiente.

Essas orientações são baseadas em análises da fertilidade do solo e devem considerar o histórico de manejo da área. As recomendações podem variar de acordo com o tipo de solo e as culturas implantadas.

A prática da calagem, no estabelecimento do plantio direto a partir de lavouras no sistema convencional ou de campo natural, com mobilização de solo, é a mesma adotada no preparo convencional. No entanto, muitos questionamentos surgem para definir a necessidade de calagem no sistema plantio direto consolidado (> 5 anos) e na implantação do sistema plantio direto em campo natural sem mobilização do solo. Isto porque, em ambos os casos, ocorre acúmulo de resíduos e formação de gradientes de matéria orgânica e de nutrientes (especialmente P, Ca, Mg e K), mudando a dinâmica do Al com diminuição da sua toxidez às plantas por causa da complexação com ácidos fúlvicos e húmicos da matéria orgânica (Salet, 1998; Franchini et al., 1999) e por ligantes de baixo peso molecular proveniente dos resíduos de culturas (Miyazawa et al., 1993; Franchini et al., 1999; Miyazawa et al., 2000). Também ocorre pela diminuição do seu teor na solução ou na CTC com o aumento do teor de fósforo (Nolla, 2003) ou, ainda, pela diminuição de sua atividade resultante do aumento da concentração iônica na solução do solo (Anghinoni; Salet 1998, Salet et al., 1999). Nessa situação, o rendimento das culturas tem-se mostrado elevado mesmo em condições bastante ácidas (Anghinoni; Salet, 2000), induzindo a ideia de que a utilização dos critérios de calagem do sistema convencional superestima a necessidade de calagem no sistema plantio direto consolidado.

Além disso, questiona-se também a profundidade da camada de solo a ser amostrada, bem como a frequência de amostragem para o diagnóstico da acidez no sistema plantio direto, uma vez que os gradientes aumentam e se aprofundam no perfil do solo com o tempo, pela deposição de resíduos e aplicação superficial de calcário e de fertilizantes. As condições de clima (elevada precipitação e distribuição uniforme nas quatro estações) e solo (boas condições de drenagem, porosidade e estruturação) favorecem a ação corretiva, no perfil do solo, do calcário aplicado na superfície, atingindo cerca de 10 cm de profundidade em período de quatro anos de sua aplicação (Anghinoni; Salet, 2000).

Calagem na produção de matéria seca de forragem quando se aplica calcário em solo com alguma fertilidade, seja por haver maior teor de matéria orgânica no solo e que pode ser mineralizada intensamente quando se revolve esse solo, seja pelo uso de insumos externos, pode ocorrer resposta significativa ao seu uso (Primavesi; Primavesi, 1996 e 1998; Oliveira et al., 1999; Oliveira et al., 2003) sobre a produção de fitomassa. Quando se utiliza doses únicas crescentes de calcário, a cada ano o ponto de máxima produção de biomassa vegetal vai se deslocando no sentido das doses mais elevadas de calcário. Quando a gramínea forrageira é estimulada a produzir biomassa com o uso de N e K, a fim de permitir maior lotação animal, e se não houver correção da acidez do solo gerada no sistema de produção, ocorre redução progressiva da produção de matéria seca. No 17º corte, mediante uso intenso de adubos nitrogenados com elevado poder acidificante, pode iniciar o aparecimento de manchas avermelhadas nas folhas do capim braquiária sem (t0) e com pouco calcário (1 t/ha), sendo que no 18º corte plantas podem morrer por secamento. Esse fato de morte de plantas de capim-braquiária, forrageira considerada tolerante a solos ácidos, parece ser devida à deficiência aguda de cálcio e magnésio como nutrientes essenciais.

Quando a gramínea forrageira é estimulada a produzir biomassa com o uso de nitrogênio e potássio, visando maior lotação animal, a ausência de correção da acidez do solo no sistema produtivo pode levar à redução progressiva da produção de matéria seca. Em cortes avançados, o uso intensivo de adubos nitrogenados com elevado poder acidificante pode causar sintomas como manchas avermelhadas nas folhas do capim-braquiária, especialmente em solos com pouca ou nenhuma aplicação de calcário, e, eventualmente, levar à morte das plantas, provavelmente devido à deficiência aguda de cálcio e magnésio, nutrientes essenciais para a cultura.

A queda de produção de forragem com o decorrer dos anos, quando se utiliza doses elevadas de nitrogênio, também foi verificada por Abruña et al. (1964), em trabalho com

capim-napier (*Pennisetum purpureum*), capimguiné (*Panicum maximum*) e capim-pangola (*Digitaria decumbens*), em Porto Rico. Esses autores constataram queda progressiva da produção de forragem sem o uso de corretivo de acidez do solo após a aplicação inicial.

Verificou-se que, na soma de quatro anos, os valores de produção para 8 t/ha em superfície, ou 4 t/ha incorporados ou 2 t/ha em superfície com reaplicação anual de 1 t/ha de calcário, foram semelhantes. Embora a incorporação do calcário possa atrasar a produção de forragem nos 30 dias iniciais, tempo para restabelecimento da forrageira, poderá gerar produções maiores do que as pastagens com calcário aplicado na superfície, no primeiro ano, porém, por vezes de forma não significativamente diferente. No médio prazo, o melhor resultado deverá ser obtido com aplicação inicial corretiva da saturação por bases adequada à forrageira e aplicações anuais que corrijam o efeito acidificante dos adubos nitrogenados e que mantenham o teor de cálcio e magnésio acima do nível crítico no tecido vegetal.

A maioria das culturas responde à calagem em solos muito ácidos, como os que predominam nas regiões tropicais e subtropicais. Essa é uma prática que favorece o desenvolvimento do sistema radicular, assegura o aproveitamento dos nutrientes e aumenta a rentabilidade econômica da agricultura nesse tipo de solo. No entanto, os maiores benefícios da calagem são obtidos quando esta é associada à aplicação adequada de fertilizantes e às demais práticas agrícolas recomendadas (Ribeiro et al., 1999).

2.2 Adubo Orgânico

A utilização de materiais orgânicos naturais remonta aos primórdios da agricultura. Embora apresentem características comuns, esses materiais constituem um grupo bastante diversificado, com taxas de decomposição e liberação de nutrientes bastante variáveis (Maynard; Lorenz, 1979). O emprego de fertilizantes orgânicos é uma prática essencial, pois a adubação mineral, por mais completa que seja, não consegue manter a produtividade do solo sem que haja a reposição da matéria orgânica degradada pelos cultivos (Primavesi, 1980). Os materiais orgânicos (naturais), mesmo quando usados em excesso, não causam grandes prejuízos ao solo, ao passo que a aplicação dos fertilizantes minerais, em doses muito elevadas, pode prejudicar as culturas e os solos por muitos anos (Seabrook, 1981).

A sustentabilidade da agricultura moderna passa por uma transição da utilização exclusiva de fertilizantes minerais para uma adoção combinada com fertilizantes orgânicos e rotação com leguminosas. Assim, se por um lado os fertilizantes minerais são tidos como melhoradores das características químicas do solo, os orgânicos atuam mais como

condicionadores físicos do solo, de modo que ambos se complementam. Nessa linha, existem também os fertilizantes organominerais, resultantes da mistura física ou combinação química dos orgânicos e minerais, com o objetivo de aumentar a concentração de nutrientes dos orgânicos e melhorar a eficiência dos minerais.

Os fertilizantes orgânicos são produtos de natureza essencialmente orgânica, compostados ou não, obtidos a partir de matéria-prima de origem natural (vegetal ou animal), industrial (rural ou urbana) ou domiciliar, enriquecidos ou não com outros compostos. Os fertilizantes orgânicos devem atender às especificações da legislação vigente (Brasil, 2004), que descreve as garantias mínimas e máximas, tais como umidade, carbono orgânico, nitrogênio, relação C/N, pH e capacidade de troca catiônica (CTC). Assim, eles devem promover melhorias nas características dos solos e aumento na produtividade das culturas, todos com aplicação segura na agricultura. Recomenda-se, sempre que possível, fazer a compostagem dos resíduos orgânicos visando à obtenção de produtos mais estabilizados, maior concentração de nutrientes, menor umidade, textura mais uniforme e livre de sementes viáveis de plantas daninhas e patógenos, propiciando um maior efeito condicionador ao solo.

Entre os inúmeros fertilizantes orgânicos, encontram-se os esterco de animais, o lixo urbano e os resíduos de esgoto tratados, as turfas, os adubos verdes, as tortas de sementes de plantas oleaginosas e os resíduos da agroindústria. Os resíduos domésticos também têm sido estudados visando sua conversão em adubo, mediante tratamento envolvendo moagem, homogeneização e fermentação para eliminar microrganismos patogênicos, apresentando composição igualmente variável. Os resíduos de esgotos municipais, após tratamento, resultam em um material sólido que, depois de seco e moído, pode ser utilizado como fertilizante. A turfa é constituída por restos vegetais decompostos sob condições deficientes de oxigênio, ocorrendo em áreas alagadas ou anteriormente ocupadas por pântanos. A adubação verde é realizada por meio do cultivo de plantas herbáceas visando sua incorporação ao solo. As tortas de sementes de plantas oleaginosas constituem adubos nitrogenados, cujo nitrogênio encontra-se na forma proteica (Malavolta; Romero, 1975). Outros adubos orgânicos incluem farinhas de cascos, chifres, ossos e sangue de animais, soro de leite (caseína), algas marinhas, serragem, lignina, guano e resíduos de celulose (Maynard; Lorenz, 1979). Destaca-se que, no caso de fertilizantes orgânicos oriundos de resíduos (industriais ou domésticos), a sua aplicação proporciona, além dos benefícios aos cultivos, um destino correto a esses materiais, tornando-os passivos ambientais e possibilitando maior sustentabilidade às atividades agroindustrias.

O interesse pela produção de adubos orgânicos no Brasil tem aumentado significativamente nos últimos anos, devido principalmente à busca de alternativas de manejo do solo com enfoque orgânico e com aspectos distintos do sistema convencional de uso intensivo de fertilizantes químicos. Esse interesse está estreitamente relacionado à expansão do mercado de produtos orgânicos, que, segundo a Associação de Agricultura Orgânica (AAO), vem aumentando o seu faturamento ao longo dos anos. De acordo com a AAO, produtos orgânicos são aqueles em que o sistema de produção exclui o uso de fertilizantes sintéticos de alta solubilidade e pesticidas. Nesse sentido, torna-se importante caracterizar os adubos orgânicos tanto com relação ao material de origem, que pode conter metais pesados (Tomati et al., 2002), quanto para definir em quais propriedades (física, química ou biológica) irão atuar os inúmeros produtos já disponíveis no mercado. No entanto, constata-se que existe demanda por uma regulamentação mínima que estabeleça um padrão de qualidade dos materiais produzidos.

A adubação orgânica com esterco animal (Lupwayi; Haque, 1999; Whalen et al., 2001; Van Kessel; Reeves, 2002) ou a adubação verde, que incorpora ao solo resíduos de leguminosas (Palm; Sanchez, 1991; Handayanto et al., 1997; Cobo et al., 2002), são as opções mais viáveis para manter os níveis de fertilidade em sistemas de produção de agricultura familiar (Sabourin et al., 2000). Uma vez que nesses sistemas os fertilizantes minerais são pouco utilizados, a produtividade é fortemente dependente da ciclagem dos reservatórios orgânicos de nutrientes do solo (Tiessen et al., 1994).

A quantidade de esterco gerada e acumulada em pequenas propriedades agrícolas familiares é, na maioria das vezes, insuficiente para repor os nutrientes exportados com a colheita, erosão, lixiviação e outros processos (Menezes & Sampaio, 2002). Neste sentido, a prática da adubação verde com leguminosas vem sendo divulgada como alternativa para reduzir os custos com a compra de esterco e aumentar a eficiência da ciclagem de nutrientes nesses sistemas (Menezes et al., 2002).

Estudos em outras regiões do mundo demonstraram que a incorporação de ramas de gliricídia [*Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp.], contribuiu para aumentar a produtividade de culturas como milho e batata, quando comparada com a incorporação de outras leguminosas usadas como adubo verde (Powell et al., 1999; Mafongoya et al., 2000). A biomassa de gliricídia tem baixos teores de compostos secundários e apresenta altas taxas de mineralização de N (Palm; Sanchez, 1991; Jackson et al., 1996; Mafongoya et al., 2000). Devido à sua capacidade de resistência à seca, a gliricídia tem sido utilizada em cercas vivas ou cultivada

em sistemas de aléias para ser usada como forragem pelos produtores do agreste paraibano; entretanto, na região semi-árida nordestina, existem poucas informações disponíveis que subsidiem o uso eficiente de adubos verdes ou de esterco em sistemas de agricultura familiar.

O manejo eficiente de esterco e de resíduos orgânicos para a adubação de cultivos agrícolas requer o conhecimento da dinâmica de mineralização de nutrientes, visando otimizar a sincronização da disponibilidade de nutrientes no solo com a demanda pelas culturas, evitando a imobilização ou a rápida mineralização de nutrientes durante os períodos de alta ou de baixa demanda, respectivamente (Myers et al., 1994; Handayanto et al., 1997).

Os estudos apresentados anteriormente evidenciam a eficácia da adubação orgânica em diferentes cultivos agrícolas, destacando seus benefícios em termos de aumento de produtividade, melhoria da qualidade do solo e sustentabilidade. No entanto, é importante ressaltar que, na área de pastagens, existem poucas referências que explorem profundamente os impactos e a importância dessa prática. Isso torna o presente trabalho ainda mais relevante, ao abordar a aplicação da adubação orgânica em sistemas de pastagem, um campo que, até o momento, carece de investigações mais detalhadas e comprovadas. A ausência de estudos específicos nesta área justifica a necessidade de aprofundamento sobre o tema, buscando preencher essa lacuna no conhecimento científico.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Sítio Três Irmãos, localizado no município de Piratininga/SP a - 22°32' de Latitude Sul e - 49°24' de Longitude a Oeste de Greenwich, com altitude de 506 m. A área experimental, no total de 17 hectares foi parcelada para a análise em 4 Glebas, intituladas de 1 a 4.

Toda área analisada já apresentava um plantio com pastagem *Brachiaria brizantha*, MG 5, e o estudo foi realizado para verificar a eficácia na utilização de calagem e de adubação com adubo orgânico PTF 30.

3.1 Amostragem e Análise do Solo

Para calcular essa necessidade de calagem e adubação foi realizado a coleta de amostras de solo em quatro pontos distintos do campo de experimento (Glebas 1 a 4), sendo essas amostras enviadas para o laboratório da Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp em Botucatu (Unesp, 2024).

Utilizou-se para a coleta das amostras de solo um espaçamento triangular com distancia entre os pontos de coleta de aproximadamente 20 metros em cada uma das glebas, com ferramentas como: enchada, balde plástico e saquinhos para acondicionar as amostras cedidas pelo laboratório. Foram coletadas amostras de solo na profundidade de 0 a 20 cm, separando em cada gleba de acordo com as características do solo e os manejos adotados anteriormente. Cada amostra foi subdividida em 20 sub amostras para formar uma única amostra por gleba. Após a retirada, as amostras foram encaminhadas para análise

A análise de solo é uma prática essencial na agricultura moderna e no manejo sustentável dos recursos naturais. Trata-se de um procedimento técnico que avalia as características físicas, químicas e biológicas do solo, fornecendo informações cruciais para sua gestão adequada. Essa prática não só otimiza a produtividade agrícola, mas também preserva o meio ambiente e reduz custos

Primeiramente, uma análise de solo identifica os níveis de nutrientes disponíveis, como nitrogênio, fósforo, potássio e micronutrientes, além de medir fatores como pH, salinidade e matéria orgânica. Com base nesses dados, é possível corrigir deficiências nutricionais e ajustar apenas às necessidades das culturas a serem plantadas. Isso evita desperdícios e promove o uso eficiente de insumos, como fertilizantes e corretivos, garantindo que sejam aplicados na quantidade

Outro benefício importante é a prevenção de problemas que possam comprometer o desenvolvimento das plantas, como compactação do solo, excesso de acidez ou alcalinidade e desequilíbrios químicos. Por exemplo, um solo com pH inadequado pode limitar a absorção de nutrientes pelas plantas, prejudicando o crescimento e diminuindo o produto

Além disso, uma análise de solo contribui para a sustentabilidade ambiental. Ao evitar o uso excessivo ou desnecessário de insumos, reduz-se o risco de contaminação de lençóis freáticos, rios e outros corpos d'água. Isso também ajuda a minimizar as emissões de gases de efeito estufa associadas à produção e ao transporte de fertilizantes químicos.

A prática também é vantajosa economicamente. O produtor pode planejar melhor seus investimentos, evitando gastos excessivos com insumos ou perdas devido a problemas de fertilidade ou estrutura do solo. Com um solo mais equilibrado, o trabalho se desenvolve de forma mais eficiente, resultando em maior produtividade.

Por fim, uma análise de solo é essencial para a agricultura de precisão, uma abordagem que utiliza tecnologia e dados para otimizar cada etapa do cultivo. Ela permite a tomada de decisões mais informadas e personalizadas, maximizando os resultados e contribuindo para a

sustentabilidade do sistema, sendo, portanto, uma ferramenta indispensável para o sucesso da agricultura, combinando eficiência, sustentabilidade e economia. Independentemente da escala de produção, investir nesse diagnóstico é fundamental para garantir o manejo responsável.

3.2 Manejo do Solo

A água, ao se infiltrar rapidamente na subsuperfície, pode gerar o surgimento de enxurradas com maior facilidade. Além disso, a maioria desses solos está localizada em áreas relativamente íngremes, o que favorece o aumento da velocidade do escoamento superficial. A combinação desses fatores contribui significativamente para a erosão e perda de solo, impactando negativamente a qualidade ambiental e a fertilidade do solo.

Com o intuito de mitigar esses efeitos, foram aplicadas técnicas de manejo ao longo do trabalho, como o uso de curvas de nível. Essa abordagem visa reduzir a velocidade do escoamento e evitar o transporte superficial de partículas do solo, promovendo a retenção de água e a preservação da estrutura do solo.

As curvas de nível atuam como uma barreira natural, distribuindo a água de maneira mais uniforme e prevenindo a formação de enxurradas. Dessa forma, busca-se melhorar a infiltração da água no solo, aumentando sua capacidade de retenção e reduzindo a erosão. A implementação dessas técnicas, portanto, é essencial para garantir a sustentabilidade dos sistemas de uso do solo em áreas inclinadas e de alta drenagem.

3.3 Calagem

A aplicação de calcário é recomendada com base nas informações nutricionais obtidas por meio da análise preliminar do solo, que considera parâmetros como pH, CTC, alumínio (Al) e cálcio (Ca). Essas análises permitem determinar as necessidades específicas do solo, garantindo a correção adequada de sua acidez. Para calcular a quantidade necessária de calcário em cada gleba, utilizou-se a fórmula, apresentada a seguir e indicada pelo Boletim 100 (Cantarella et al.,2022), que orienta o ajuste da aplicação conforme as características de cada área. Essa abordagem visa otimizar o uso de insumos, promovendo a eficiência na correção do solo e, conseqüentemente, favorecendo o crescimento das plantas e a produtividade agrícola.

$$NC = \frac{CTC \times (V2-V1)}{10 \times PRNT}$$

Onde:

- NC = Necessidade de Calcário (t ha⁻¹)
- CTC = Capacidade de Troca de Cátions (mmol_c dm⁻³) (encontrada na análise do solo)
- V2 = Porcentagem de saturação por bases desejada (no caso da MG 5 já implantada recomenda a alcançar um valor de 60%)
- V1 = Porcentagem de saturação por bases atual do solo (encontrada na análise do solo)
- PRNT = Poder Relativo de Neutralização Total (encontrado na embalagem do calcário, em função da granulometria e dos teores de CaO e MgO)

3.4 Adubação

Para este estudo foi utilizado a recomendação de adubação de manutenção em pastagem para o estado de São Paulo, apresentado na Tabela 1.

Tabela 1: Adubação de manutenção em forrageiras para sistemas em pastejo direto.

Forrageira	N	P	K
	(kg/ton)		
	Gramíneas do Grupo I		
Colonião	14	1,9	17
Elefante	14	2,0	20
Coast-cross	16	2,5	20

Fonte: Adaptado de Cantarella et al. (2022).

Após a análise do solo e em função das características do solo quanto ao tipo de solo, culturas implantadas, declividade e manejo, foi avaliada a quantidade e programação de adubação, utilizando o adubo PTF Org 30.

4 ESTUDO DE CASO

A partir da análise do solo, realizada em março de 2024, obteve-se os resultados apresentados na Tabela 2, a seguir.

Tabela 2: Análise do solo antes da calagem e adubação.

AMOSTRA(S)		pH	pH	M.O.	P _{extra}	Al ³⁺	H+Al	Na	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn		
Laboratório	Int	Faz	Prof.	CaCl ₂	H ₂ O	g/dm ³	mg/dm ³	mmol/dm ³											mg/dm ³			
LM 228	1			4,6	-	16	39	-	17	-	4,7	13	8	26	43	60	-	-	-	-	-	
LM 229	2			4,6	-	12	33	-	18	-	2,8	10	6	19	37	51	-	-	-	-	-	
LM 230	3			4,7	-	10	21	-	17	-	3,7	8	5	16	33	49	-	-	-	-	-	
LM 231	4			5,1	-	11	44	-	16	-	2,5	11	6	20	36	55	-	-	-	-	-	

Fonte: Unesp (2024).

Verificou-se que o solo se caracteriza como um solo ácido, pH médio de 4,8, baixos níveis de matéria orgânica, média de 12 g/cm³ e com baixa CTC (Capacidade de Troca Catiônica), no valor médio de 37, indicando um solo com acidez alta e pelo fato da baixa quantidade de matéria orgânica, arenoso.

O solo do referido estudo foi caracterizado como Argisolo vermelho com horizonte B textura bem argilosa, o horizonte B apresenta em profundidades diferentes desde 20 a 80 cm, conforme Figura 1, a seguir:

Figura 1: Perfil do solo do Sítio Três Irmãos.



Fonte: Elaborado pelo autor.

As principais características de um argisolo são Tb ou Ta (V% ou caráter alítico), transição A(E)/B: clara, abrupta ou gradual, relação textural > 1.5, cor: vermelho até amarelo acinzentado, relevo mais dissecado que latossolos, ocupa posições relativamente íngremes do relevo, são, em geral, solos bem intemperizados, a maioria é pobre quimicamente (V% < 50 e/ou argila de atividade baixa, < 27 cmolc kg⁻¹), estrutura em blocos ou prismática, podem apresentar cerosidade.

Os solos eutróficos, caracterizados por boas condições físicas e localizados em relevos mais suaves, apresentam grande potencial para uso agrícola devido à sua capacidade de retenção de nutrientes e facilidade para o manejo. No entanto, esses solos enfrentam algumas limitações, como baixa fertilidade, acidez e teores elevados de alumínio, que podem prejudicar o crescimento das plantas. Além disso, sua suscetibilidade aos processos erosivos é

uma preocupação, especialmente em áreas com relevo mais acidentado, onde a relação textural favorece o escoamento da água. Por outro lado, solos com textura média e menor relação textural tendem a ser mais porosos, oferecendo boa permeabilidade e, assim, sendo menos suscetíveis à erosão. Essas características devem ser consideradas para um manejo agrícola eficiente e sustentável.

A partir dessa análise inicial relacionada ao solo, verificou-se a necessidade de manejo, ou seja, adoção de correção, adubação e de práticas conservacionistas para o controle da erosão. Após a análise do solo, e verificando-se a necessidade de reposição do calcário, foi realizado o cálculo para verificar qual a quantidade necessária em cada gleba.

- Gleba 1
 - Não há necessidade de calagem, porque a V% já se encontra a 60%.
- Gleba 2
 - $NC = (60 - 51) * 37 / 10 * PRNT$
 - $NC = 9 * 37 / 10 * PRNT$
 - $NC = 33,3 \text{ (t ha}^{-1}\text{)} / PRNT$
- Gleba 3
 - $NC = (60 - 49) * 33 / 10 * PRNT$
 - $NC = 11 * 33 / 10 * PRNT$
 - $NC = 36,3 \text{ (t ha}^{-1}\text{)} / PRNT$
- Gleba 4
 - $NC = (60 - 55) * 36 / 10 * PRNT$
 - $NC = 5 * 36 / 10 * PRNT$
 - $NC = 18 \text{ (t ha}^{-1}\text{)} / PRNT$

Verifica-se que a Gleba 3 necessita de uma maior recomendação de aplicação de calcário, visto que o teor de Ca se apresenta alto e o teor de Mg baixo, foi recomendado o calcário dolomítico. Desta forma foi aplicado metade da dose antes da aração e outra metade após a aração e depois passou uma grade leve. O calcário foi incorporado a 20 cm de profundidade nesta dose recomendada e foi aplicado em um dia de não muito vento, pelo fato do calcário ser muito fino.

As análises realizadas para as Glebas 2, 3 e 4 indicaram que a quantidade de calcário necessária seria muito pequena. Em função disso, não foi recomendado a aplicação de calcário neste ano, visto que o impacto imediato seria irrelevante para as condições do solo.

No entanto, é fundamental realizar a coleta de novas amostras nos próximos anos para acompanhar as variações no pH e na necessidade de correção da acidez.

A monitorização constante permitirá ajustar o manejo de forma mais precisa, garantindo que as condições do solo sejam adequadas para o desenvolvimento das culturas. A análise periódica do solo ajudará também a identificar eventuais alterações nas necessidades de fertilização e correção, assegurando um uso eficiente dos insumos. Além disso, a prática de reavaliação das glebas nos anos seguintes proporciona maior sustentabilidade, evitando a aplicação desnecessária de calcário e contribuindo para a preservação da fertilidade do solo a longo prazo. Esse acompanhamento contínuo é essencial para otimizar os resultados agrícolas e promover a saúde do solo de forma sustentável.

Com relação a recomendação de adubação utilizou-se um adubo orgânico intitulado PTF Org 30, cuja análise de composição é apresentada na Tabela 3. Esse adubo foi escolhido por suas propriedades, que atendem às exigências nutricionais específicas do solo e das culturas, promovendo o equilíbrio necessário para o crescimento saudável das plantas.

Tabela 3: Análise da composição do adubo orgânico PTF Org 30.

Amostra ICASA N°. AOS 11975

Data da Saída 03/10/23

Interessado AMOSTRA

Material PTF 30
05/09/2023

Elementos		Resultado	Unidade
Nitrogênio	N	1,60	g/100g
Fósforo	P	5,15	g/100g
Potássio	K	1,46	g/100g
Cálcio	Ca	12,48	g/100g
Magnésio	Mg	0,81	g/100g
Enxofre	S	3,32	g/100g
Boro	B	0,0037	g/100g
Alumínio	Al	0,086	g/100g
Ferro	Fe	1,18	g/100g
Manganês	Mn	0,95	g/100g
Cobre	Cu	0,25	g/100g
Zinco	Zn	1,94	g/100g
Cobalto	Co	0,0041	g/100g
Molibdênio	Mo	0,0008	g/100g
Umidade 65°	U 65	4,76	%
Carbono Orgânico	TOC	10,5	g/100g
Condutividade Elétrica	CE	X	mS/cm-1
Capacidade Troca de Cátions	CTC	266	mMolc/dm ³
Índice Salino	IS	X	%
pH	pH	5,25	
Materiais Inertes	>2mm	0,05	%
Materiais Inertes	>4mm	Ausente	%

Fonte: Icasa (2023).

A partir da análise de solo verificou-se que:

- Gleba 1
 - Amostra 0 a 20 cm: A saturação de bases (V%) e a CTC está Baixa Os teores de Ca e P apresentam alto. Os teores de Mg e K médio. Baixo teor de matéria orgânica.

- Amostra 20 a 40 cm: A saturação de bases e CTC estão baixos. O teor de Ca apresenta alto. O teor de K apresenta médio. Os teores de magnésio, fosforo e matéria orgânica apresentam baixo.
- Gleba 2
 - A saturação de bases e a CTC apresenta teores baixos. Os teores de Ca, K e P médio. Os teores de Mg e matéria orgânica baixo.
- Gleba 3
 - A saturação de bases e a CTC apresentaram baixos teores. O teor de Ca está alto. Os teores de Mg e P médio. Os teores de K e matéria orgânica estão baixos.
- Gleba 4
 - A saturação de bases e a CTC apresentam baixos. O teor de Ca apresenta alto. O teor de P apresenta médio. Os teores de Mg, K e matéria orgânica baixo.

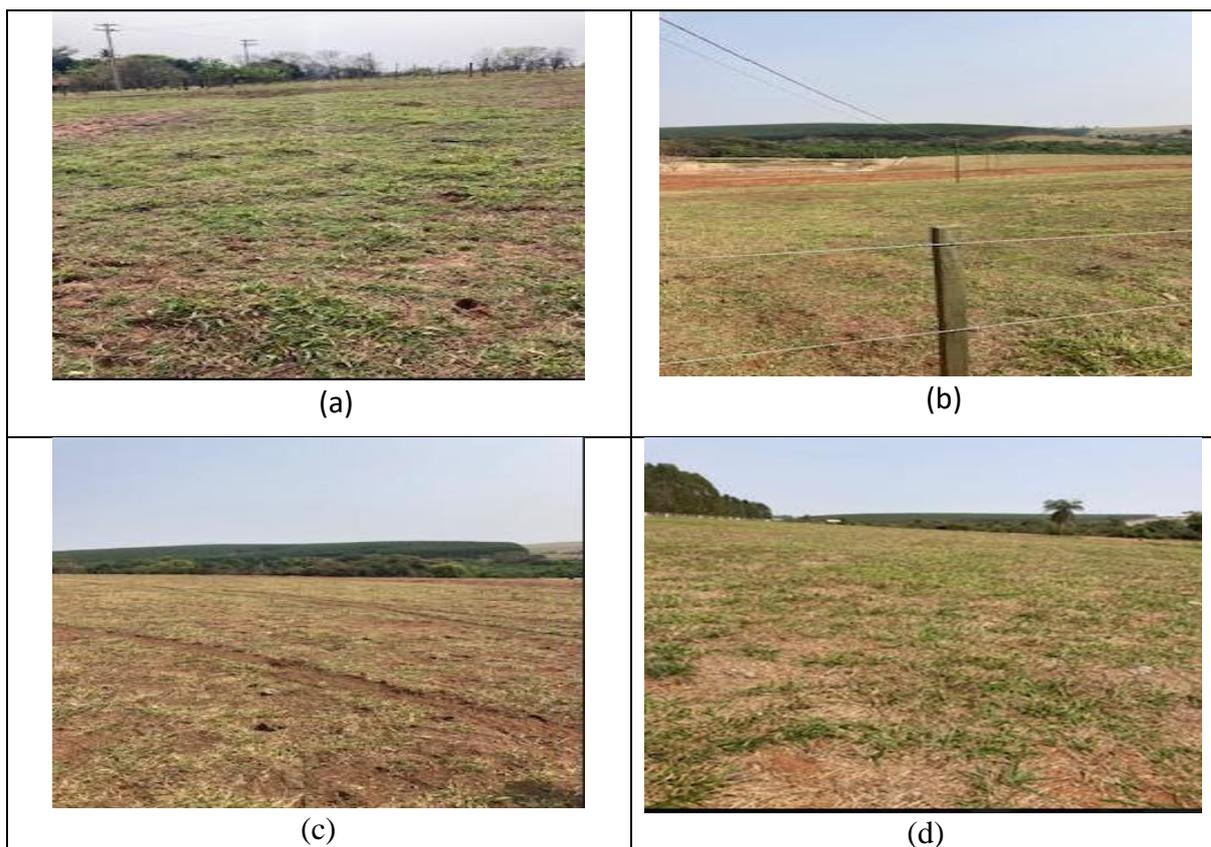
Todas as glebas apresentam baixa capacidade de troca catiônica (CTC) e teores reduzidos de matéria orgânica, o que limita a fertilidade e o desempenho das culturas. Para melhorar a CTC do solo, é recomendado o uso de compostos orgânicos, sendo que o composto PTF Org 30, na dose de 5 ton/ha, é indicado para incrementar a matéria orgânica, conforme os cálculos descritos no Boletim 100 (Cantarella et al., 2022).

Considerado a mineralização do N em torno de 30% ao ano. A necessidade do adubo PTF Org 30 para todas as glebas é de 25.000 kg/ha. Desta forma não haveria necessidade de aplicar nenhum outro tipo de fertilizante.

Em 1º de Julho de 2024, 90 dias após a primeira amostragem, aplicamos o PTF Org 30 conforme recomendado. Utilizamos uma adubadeira rotativa sob condições climáticas favoráveis: sol pleno, sem previsão de chuva, ventos de 5 km/h e umidade de 63%. A altura da braquiária era de aproximadamente 5 cm, o que facilitou o contato com o solo.

Não incorporamos o adubo ao solo, aplicando-o apenas na camada superficial. Para mais informações sobre as características do solo, consultar as fotos tiradas durante a primeira amostragem em maio de 2024, Figura 2.

Figura 2: Imagens das Glebas 1 (a), 2 (b), 3 (c) e 4 (d) antes do processo de adubação.



Fonte: Elaborado pelo autor.

A exposição excessiva do solo, como vista nas fotos, representa um desafio significativo para a sustentabilidade e a produtividade das áreas de pastagem. Essa condição expõe o solo às intempéries, como a ação direta do sol, do vento e das chuvas intensas, que podem acelerar processos de liberação física, química e biológica.

A ausência de uma cobertura vegetal adequada, como a braquiária, expõe apenas a altas temperaturas. Isso não apenas prejudica a retenção de umidade, mas também elimina organismos benéficos, como fungos e bactérias que desempenham papéis cruciais no ciclo de nutrientes. Além disso, a erosão provocada pelo vento e pela chuva intensa pode causar o empobrecimento do solo, com a perda de matéria orgânica e nutrientes essenciais, agravando ainda mais a sua degradação.

Para mitigar esses efeitos, é fundamental adotar práticas de manejo que garantam a proteção e a recuperação do solo. Uma estratégia eficaz é manter uma altura mínima de 15 cm para as folhas da braquiária, garantindo uma cobertura vegetal suficiente para proteger o solo contra os raios solares e o impacto direto das gotas de chuva. A vegetação também envelhece como uma barreira contra o vento, reduzindo a erosão e promovendo o microclima adequado para a sobrevivência dos microrganismos

Além disso, a introdução de espécies forrageiras mais resistentes e adaptadas às condições locais pode ser uma alternativa para fortalecer a cobertura vegetal. Essas espécies, aliadas à orientação de pastagem, restritas para o equilíbrio do ecossistema, protegendo o solo e melhorando sua

A preservação do solo deve ser uma prioridade para garantir a sustentabilidade da atividade pecuária. A exposição prolongada ao sol, vento e chuva pode comprometer sua capacidade de regeneração, impactando qualidades de produtividade no longo prazo. Práticas de manejo sustentável, com foco na proteção do solo e na manutenção de uma cobertura vegetal eficiente, são essenciais para preservar o equilíbrio ambiental e garantir as previsões econômicas das propriedades. Essas ações não apenas protegem o solo, mas também promovem um sistema produtivo mais resiliente.

Em 09 de Outubro (196 dias após 1º análise) de 2024, realizou-se uma nova análise de solo com o objetivo de avaliar as alterações químicas ocorridas após a aplicação do adubo orgânico PTF Org 30. Os resultados desta análise são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3: Laudo da análise de solo, após 196 dias da aplicação do adubo.

Resultado de Análise Química																
Cod. Lab.	Descrição Amostra	pH				P (res.)	P (meh.)	S	K (res)	Na	Ca	Mg	Al	H + Al	M. O.	Cond. Elétrica
		H ₂ O	SMP	CaCl ₂	KCl											
50749	00-20 cm - AM 01	n.s.	6.53	5.0	n.s.	42.7	n.s.	n.s.	2.83	n.s.	9.6	4.9	0.0	24.15	11.7	n.s.
50750	00-20 cm - AM 02	n.s.	6.62	5.27	n.s.	37.6	n.s.	n.s.	2.71	n.s.	6.9	3.8	0.0	21.97	10.5	n.s.
50751	00-20 cm - AM 03	n.s.	6.56	5.03	n.s.	21.7	n.s.	n.s.	1.32	n.s.	8.7	4.7	0.0	23.4	10.8	n.s.
50752	00-20 cm - AM 04	n.s.	6.41	5.02	n.s.	23.5	n.s.	n.s.	1.45	n.s.	8.1	3.3	0.0	27.4	9.7	n.s.
50753	00-20 cm - AM 05	n.s.	6.53	4.99	n.s.	19.7	n.s.	n.s.	1.36	n.s.	6.3	3.1	0.0	24.15	8.0	n.s.
50754	00-20 cm - AM 06	n.s.	6.67	5.03	n.s.	44.2	n.s.	n.s.	2.03	n.s.	9.6	3.9	0.0	20.85	16.9	n.s.
50755	20-40 cm - AM D1	n.s.	6.6	4.99	n.s.	14.4	n.s.	n.s.	1.78	n.s.	7.1	2.9	0.0	22.44	7.5	n.s.

Resultados Complementares															
Cod. Lab.	Descrição Amostra	SB	t	CTC	V	m	Ca/T	Mg/T	K/T	H+Al/T	Ca+Mg/T	Ca/Mg	Ca/K	Mg/K	Ca+Mg/
		mmolc/dm ³			%		Relações Entre Bases (T) %					Relações Entre Bases			
50749	00-20 cm - AM 01	17.33	17.33	41.48	41.78	0.0	23.14	11.81	7	58	35	2.0	3.39	1.73	5.1
50750	00-20 cm - AM 02	13.41	13.41	35.38	37.9	0.0	19.5	10.74	8	62	30	1.8	2.55	1.4	3.9
50751	00-20 cm - AM 03	14.72	14.72	38.12	38.61	0.0	22.82	12.33	3	61	35	1.9	6.59	3.56	10.2
50752	00-20 cm - AM 04	12.85	12.85	40.25	31.93	0.0	20.12	8.2	4	68	28	2.5	5.59	2.28	7.9
50753	00-20 cm - AM 05	10.76	10.76	34.91	30.82	0.0	18.05	8.88	4	69	27	2.0	4.63	2.28	6.9
50754	00-20 cm - AM 06	15.53	15.53	36.38	42.69	0.0	26.39	10.72	6	57	37	2.5	4.73	1.92	6.7
50755	20-40 cm - AM D1	11.78	11.78	34.22	34.42	0.0	20.75	8.47	5	66	29	2.4	3.99	1.63	5.6

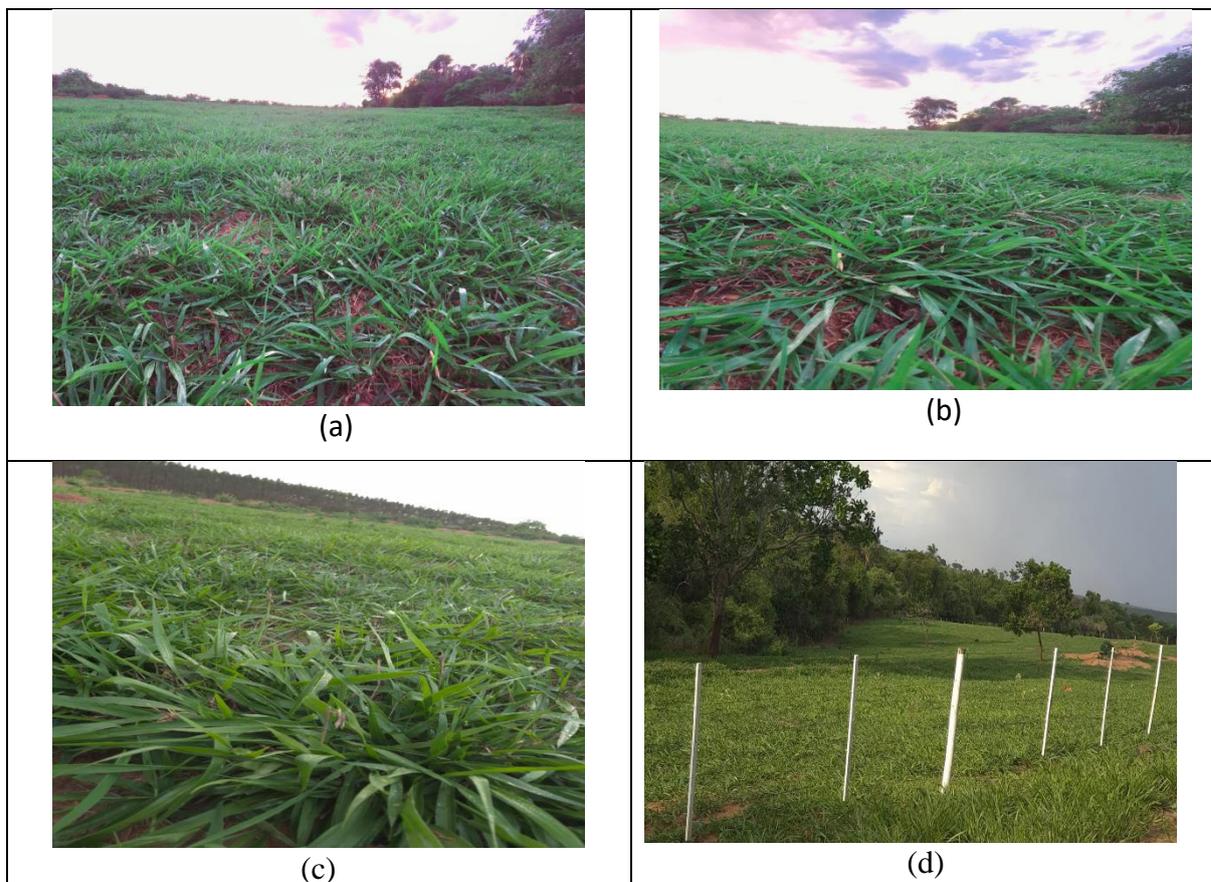
Fonte: Unesp (2024).

Após a aplicação do adubo orgânico PTF 30, realizamos uma segunda análise de solo. Os resultados mostraram que, em geral, não houve alterações significativas em relação à análise

anterior. No entanto, observamos um aumento de 1% na Capacidade de Troca Catiônica (CTC).

É importante frisar que no intervalo entre as duas amostragens foi marcado por condições climáticas adversas, com escassez hídrica devido a um período crítico sem chuvas. Posteriormente, com o início das primeiras chuvas em 02/11/2024, observamos um cenário significativamente alterado, como evidenciado na Figura 3.

Figura 3: Imagens das Glebas 1 (a), 2 (b), 3 (c) e 4 (d) após o processo de adubação.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Observou-se um aumento significativo na massa verde das culturas estudadas, acompanhado por uma coloração esverdeada mais intensa e uniforme em comparação aos anos anteriores. Em alguns pontos específicos da área de cultivo, os tons esverdeados apresentaram nuances arroxeadas, indicando alta concentração de nutrientes disponíveis e melhor saúde vegetal. Essas características não foram registradas em anos anteriores, evidenciando uma evolução positiva no desenvolvimento das plantas.

Outro aspecto que chamou a atenção foi a rápida resposta das plantas à primeira chuva do ciclo, que registrou um acumulado de 40 mm. A velocidade de reação das culturas ao evento hídrico inicial demonstrou uma adaptação melhorada em comparação com os anos anteriores. Esse comportamento está diretamente relacionado ao uso do adubo orgânico PTF Org 30, desenvolvido para potencializar a eficiência da mineralização dos nutrientes.

O adubo PTF Org 30 apresentou uma resposta rápida, garantindo que os nutrientes estivessem prontamente disponíveis para as plantas assim que as condições hídricas se tornassem favoráveis. Esse resultado pode ser atribuído ao processo de formulação do PTF Org 30, que combina resíduos orgânicos industriais tratados e transformados em fertilizantes ricos em macro e micronutrientes essenciais. Além disso, sua capacidade de estimular a atividade microbológica do solo potencializou o ciclo de liberação e absorção dos nutrientes, otimizando o desenvolvimento vegetal.

Essa performance evidencia que o uso do PTF Org 30 não apenas melhorou o tempo de resposta das plantas às condições climáticas, mas também resultou em um sistema produtivo mais sustentável e eficiente. O aumento da biomassa verde e a uniformidade da coloração foliar indicam que a aplicação do fertilizante promoveu uma nutrição balanceada e um crescimento vigoroso, reduzindo o impacto de fatores limitantes, como deficiência hídrica ou desequilíbrios nutricionais.

Os resultados sugerem que a adoção de fertilizantes orgânicos de alta qualidade, como o PTF Org 30, é uma estratégia viável para a maximização da produtividade agrícola, especialmente em sistemas de manejo sustentável. Além disso, sua utilização contribui para a preservação ambiental ao valorizar resíduos industriais como matéria-prima, reduzindo a necessidade de fertilizantes químicos convencionais e minimizando os impactos negativos ao solo e ao meio ambiente.

Por fim, os dados obtidos reforçam a importância de continuar investindo em práticas agrícolas inovadoras e sustentáveis, destacando o papel crucial do PTF Org 30 no fortalecimento da resiliência das culturas e na promoção de uma agricultura mais eficiente e ambientalmente responsável.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo demonstrou a eficácia do fertilizante orgânico PTF Org 30 no cultivo da forrageira *Brachiaria brizantha* MG 5, amplamente utilizada na pecuária devido à sua alta produtividade, valor nutritivo e resistência a condições adversas. A aplicação do fertilizante resultou em um aumento expressivo da biomassa verde e na uniformidade da coloração, fatores essenciais para a qualidade do pasto e, conseqüentemente, para a nutrição animal. A coloração mais intensa, com nuances arroxeadas observadas em algumas áreas, indicou a alta disponibilidade de nutrientes proporcionada pelo adubo.

A resposta rápida da MG 5 à primeira chuva, que acumulou 40 mm, destacou a eficiência do PTF Org 30 na liberação e mineralização dos nutrientes. Esse desempenho é especialmente relevante para forrageiras, que necessitam de um rápido estabelecimento após o início das chuvas para maximizar a produtividade durante a estação chuvosa. A melhoria na saúde e no vigor da planta também reforça o papel do fertilizante na adaptação da cultura a condições climáticas variáveis.

O PTF Org 30, produzido a partir da compostagem de resíduos orgânicos industriais, demonstrou ser uma solução sustentável e eficiente. Sua formulação não apenas disponibilizou os nutrientes essenciais à MG 5, como também promoveu a ativação da microbiota do solo, favorecendo ciclos biogeoquímicos naturais. Esses fatores resultaram em um manejo mais equilibrado e ambientalmente responsável, contribuindo para a redução do uso de fertilizantes químicos e mitigando impactos ambientais.

O uso do PTF Org 30 também contribui para um manejo mais sustentável da MG 5, que é uma das forrageiras mais cultivadas no Brasil, sendo fundamental para a pecuária nacional. Com a utilização do fertilizante, é possível melhorar a capacidade de suporte das pastagens e, ao mesmo tempo, reduzir a necessidade de renovação frequente, o que diminui custos e impactos ambientais.

Os resultados obtidos reforçam a relevância do PTF Org 30 como uma ferramenta estratégica para a agricultura e pecuária sustentáveis. Recomenda-se, contudo, a realização de estudos complementares que avaliem o desempenho do fertilizante em diferentes regiões e tipos de solo, bem como sua aplicação em outras cultivares de braquiárias e espécies forrageiras. Estudos de longo prazo podem ampliar o entendimento sobre os efeitos cumulativos do PTF 30 no solo e em sistemas de produção animal.

Conclui-se que o adubo orgânico PTF Org 30, aliado ao manejo da MG 5, representa uma solução eficaz para o aumento da produtividade forrageira com menor impacto ambiental. A

integração de tecnologias sustentáveis como essa é essencial para enfrentar os desafios da produção agrícola e pecuária em um contexto de crescente demanda por alimentos e preocupação com a preservação ambiental. Este trabalho reforça a importância de práticas inovadoras que combinem eficiência produtiva, sustentabilidade e respeito ao meio ambiente, assegurando a viabilidade econômica e ambiental do setor agropecuário no Brasil e no mundo.

REFERÊNCIAS

ANGHINONI, I.; SALET, R. L. Aluminum toxicity in no-tillage system in southern Brazil. In: WORLD CONGRESS OF SOIL SCIENCE, 16., Montpellier, 1998. Summaries. Montpellier: International Soil Science Society, 1998. p. 261-267.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Apoio Rural e Cooperativismo. Instrução normativa nº 10, de 28 de outubro de 2004. *Diário Oficial da União*, 4 nov. 2004. Seção 1, p. 3-11.

CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; MATTOS, D. Jr.; BOARETTO, R. M.; RAIJ, B. van. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 2022. (Boletim Técnico, 100).

DA SILVA SANTOS, J.; BORTOLON, K. M.; DE GENARO CHIROLI, D. M.; OIKO, O. T. Logística verde: conceituação e direcionamentos para aplicação. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental Santa Maria*, v. 19, n. 2, p. 314-331, 2015.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). Manual de métodos de análise de solo. 2ª ed. Rio de Janeiro, RJ: EMBRAPA, 1999.

FERREIRA, B. Napoleão Bonaparte. Clube de Autores, 2017.

FERREIRA, W. de A.; BOTELHO, S. M. Efeito da aplicação do efluente da agroindústria do dendê sobre as características químicas de um Latossolo Amarelo álico, textura média. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2002. 26 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 11).

FERREIRA, W. de A.; BOTELHO, S. M.; VILAR, R. R. L. Composição química dos subprodutos da agroindústria do dendê. Belém, PA: EMBRAPA-CPATU: Palmasa, 1998. 18 p. (EMBRAPA-CPATU. Documentos, 119).

FERREIRA, W. de A.; BOTELHO, S. M.; CARDOSO, E. M. R.; POLTRONIERI, M. C. Manipueira: um adubo orgânico em potencial. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2001. 21 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 107).

FREITAS, T. P.; JABBOUR, C. J. C. Logística reversa. In: JÚNIOR, R. T.; SAIANI, C. C. S.; DOURADO, J. (org.). *Resíduos sólidos no Brasil: oportunidades e desafios da lei federal nº 12.305 (lei de resíduos sólidos)*. Barueri: Editora Manole, 2014.

FUCHS, K. David Fraser, Rommel. Die Biographie. *Militär-geschichtliche Zeitschrift*, v. 55, n. 1, p. 277, 1996.

FURLAN JÚNIOR, J.; TEIXEIRA, L. B.; OLIVEIRA, R. F. de; DANTAS, R. Compostagem de engaços de dendê em processo natural. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental: Palmasa, 2003. 1 folder.

FURLAN JÚNIOR, J.; TEIXEIRA, L. B.; OLIVEIRA, R. F. de. Uso de engaços como fonte de nutrientes na cultura do dendezeiro. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2000. 13 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Circular técnica, 8).

GOTO, A. K. A importância do sistema de gestão ambiental para o desenvolvimento de cadeia de suprimentos verde automotiva. 2012. 226 f. Dissertação (Mestrado e Doutorado em Administração) - Universidade Nove de Julho – UNINOVE, São Paulo.

JABBOUR, C. J. C.; DE FREITAS, T. P.; SOUBIHIA, D. F.; GUNASEKARAN, A.; DE SOUSA JABBOUR, A. B. L. Green and competitive: empirical evidence from ISO 9001 certified Brazilian companies. *The TQM Journal*, 2015.

KIEHL, E. J. *Manual de compostagem: maturação e qualidade do composto*. 3. ed. Piracicaba: E. J. Kiehl, 2002. 171 p.

LEITE, P. R. *Logística reversa: sustentabilidade e competitividade*. Saraiva Educação SA, 2017.

LOGOŽAR, K.; ZAVRŠNIK, B.; JERMAN, D. Relationship between logistics service's perceived value and outsourcing of logistics activities. *Promet-Traffic & Transportation*, v. 18, n. 4, p. 261-270, 2006.

LUPWAYI, N. Z.; HAQUE, I. Leucaena hedgerow intercropping and cattle manure application in the Ethiopian highlands I. Decomposition and nutrient release. *Biology and Fertility of Soils*, Berlin Heidelberg, v. 28, p. 182-195, 1999.

MALAVOLTA, E.; ROMERO, J. P. (Coord.). *Manual de adubação*. 2. ed. São Paulo: ANDA, 1975. 356 p.

MALAVOLTA, E. *Manual de química agrícola: adubos e adubação*. 3. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1981. 596 p.

MAYNARD, D. N.; LORENZ, O. A. Controlled release fertilizers for horticultural crops. In: JANICK, J. (ed.). *Horticultural review*. West Port: BV, 1979. p. 79-140.

MENEZES, R. S. C.; SALCEDO, I. H. Microclimate and nutrient dynamics in a silvopastoral system in semi-arid northeastern Brazil. *Agroforestry Systems*, Amsterdam, v. 56, p. 27-38, 2002.

MENEZES, R. S. C.; SALCEDO, I. H. Mineralização de N após incorporação de adubos orgânicos em um Neossolo Regolítico cultivado com milho. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 11, n. 4, p. 361-367, 2007.

MENEZES, R. S. C.; SAMPAIO, E. V. S. B. Agricultura sustentável no semi-árido nordestino. In: OLIVEIRA, T. S.; ROMERO, R. E.; ASSIS JR., R. N.; SILVA, J. R. C. S. (ed.). *Agricultura, sustentabilidade e o semi-árido*. Fortaleza: SBCS, DCS-UFC, 2000. cap. 2, p. 20-46.

MOTTA, W. H. Logística reversa e a reciclagem de embalagens no Brasil. In: *VII Congresso Nacional de Excelência em Gestão*. 2011. p. 5-9.

MYERS, R. J. K.; PALM, C. A.; CUEVAS, E.; GUNATILLEKE, I. U. N.; BROSSARD, M. The synchronization of nutrient mineralization and plant nutrient demand. In: WOOMER, P. L.; SWIFT, M. J. (ed.). *The biological management of tropical soil fertility*. New York: John Wiley and Sons, 1994. cap. 5, p. 81-116.

NICODOLODI, M.; ANGHINONI, I.; GIANELLO, C. Indicadores da acidez do solo para recomendação de calagem no sistema plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 32, n. 1, p. 237-247, 2008.

NOLLA, A. Critérios para a calagem no sistema plantio direto. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2003. 169 p. (Tese de Doutorado).

NOLLA, A.; ANGHINONI, I. Métodos utilizados para a correção da acidez do solo no Brasil. *R. Ciência Exatas e Naturais*, v. 6, p. 97-111, 2004.

OLIVEIRA, O. J.; SERRA, J. R. Benefícios e dificuldades da gestão ambiental com base na ISO 14001 em empresas industriais de São Paulo. *Production*, v. 20, n. 3, p. 429-438, 2010.

PALM, C. A.; SANCHEZ, P. A. Nitrogen release from the leaves of some tropical legumes as affected by their lignin and polyphenolic contents. *Soil Biology and Biochemistry*, v. 23, n. 1, p. 83-88, 1991.

POWELL, J. M.; IKPE, F. N.; SOMDA, Z. C. Crop yield and the fate of nitrogen and phosphorus following application of plant material and feces to soil. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, v. 54, n. 3, p. 215-226, 1999.

RAIJ, B. van; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. *Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais*. Campinas: Instituto Agrônômico, 1996. (Boletim Técnico 100).

REZENDE FILHO, C. Rommel: a raposa do deserto. São Paulo: Editora Contexto, 2014.

ROGERS, D. S.; TIBBEN-LEMBKE, R. S. *Reverse logistics trends and practices*. Pittsburgh, PA, USA: Reverse Logistics Executive Council, 1999.

SÁ, J. C. Manejo da fertilidade do solo no sistema plantio direto. In: SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. S. (eds.). *Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas*. Lavras: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1999. p. 267-319.

SALET, R. L. Toxidez de alumínio no sistema plantio direto. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1998. 117 p. (Tese de Doutorado).

SALET, R. L.; ANGHINONI, I.; KOCHHANN, R. A. Atividade do alumínio na solução de solo do sistema plantio direto. *R. Ciência Unicruz*, v. 1, p. 9-13, 1999.

SILVA FILHO, J. C. G. D.; CALÁBRIA, F. A.; SILVA, G. C. S. D.; MEDEIROS, D. D. D. Aplicação da produção mais limpa em uma empresa como ferramenta de melhoria contínua. *Production*, v. 17, n. 1, p. 109-128, 2007.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. *Cerrado: correção do solo e adubação*. 2. ed. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2004. 416 p.

TOMATI, U.; BELARDINELLI, M.; ANDREU, M.; GALLI, E.; CAPITANI, D.; PROIETTI, N.; De SIMONE, C. Evaluation of commercial compost quality. *Waste Management Research*, v. 20, p. 389-397, 2002.

VAN KESSEL, J. S.; REEVES, J. B. Nitrogen mineralization potential of dairy manures and its relationship to composition. *Biology and Fertility of Soils*, v. 36, p. 118-123, 2002.

WIETHÖLTER, S. Calagem no Brasil. Passo Fundo: Embrapa-CNPT, 2000. 104 p.

WILKINSON, A.; HILL, M.; GOLLAN, P. The sustainability debate. *International Journal of Operations & Production Management*, 2001.

ZERBONI, E. F. V.; DA SILVA, R. F.; DA SILVA, J. L. G. Logística reversa: uma ferramenta estratégica. *Latin American Journal of Business Management*, v. 7, n. 2, 2016.