

Persistência da palhada e liberação de nutrientes de *Brachiaria brizantha*, sem e com escória de siderurgia no sudeste do Pará

Persistence of and nutrient release from straw of *Brachiaria brizantha*, grown with and without scoria in southeastern Pará

Persistencia de la cubierta de rastrojo y liberación de nutrientes de *Brachiaria brizantha*, sin y con escoria de siderurgia en el sureste de Pará

DOI: 10.34188/bjaerv7n4-046

Submetido: 01/08/2024

Aprovado: 30/09/2024

Eduardo do Valle Lima

Doutor em Agronomia / Agricultura pela UNESP / Faculdade de Ciências Agronômicas – Câmpus de Botucatu - SP

Professor Titular da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), Campus da UFRA em Capanema, PA. Brasil

E-mail: eduardo.valle_lima@yahoo.com.br

Mailson Freire de Oliveira

Mestre e Doutor em Agronomia (Produção Vegetal)

Universidade Estadual Paulista (FCAV) – UNESP, Câmpus de Jaboticabal
Jaboticabal, SP. Brasil

E-mail: mailsonagronomia@gmail.com

Patrícia da Silva Leitão Lima

Doutora em Agronomia / Proteção de Plantas pela UNESP / Faculdade de Ciências Agronômicas – Câmpus de Botucatu - SP

Professora Associada II da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), Campus da UFRA em Capanema, PA. Brasil

E-mail: patleitao@yahoo.com.br

RESUMO

Nas regiões de clima tropical, com elevada decomposição dos resíduos vegetais, a aplicação de escória de siderurgia pode se constituir numa alternativa para aumentar a durabilidade da palhada sobre o solo em plantio direto, interferindo na disponibilidade de nutrientes às culturas. Assim, objetivou-se avaliar a produção, persistência e reciclagem da palhada de *Brachiaria brizantha* (sinonímia – *Urochloa brizantha*), como também, a sua decomposição e velocidade de liberação de macronutrientes, sem e com a aplicação de escória, visando o estabelecimento do plantio direto na Amazônia. O trabalho foi realizado na Universidade Federal Rural da Amazônia, Câmpus de Parauapebas (PA). O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com parcela subdividida e 4 repetições, as parcelas consistiram das épocas de coleta (0, 14, 28 e 42 dias após o manejo com herbicida) e as sub-parcelas, uma sem aplicação e a outra com aplicação de escória. A aplicação de 700 kg ha⁻¹ de escória em pastagens de *B. brizantha* proporciona elevação na produção de M.S. da parte aérea, praticamente não alterando o teor de macronutrientes. Esta maior produção proporcionou a permanência de maior quantidade de palhada sobre o solo ao longo do tempo, com maior reciclagem e liberação acentuada de N, P, K, Ca e Mg. O K seguido do N são os nutrientes disponibilizados em maior quantidade no solo.

Palavras-chave: *Urochloa brizantha*, decomposição de resíduo vegetal, reciclagem de nutrientes, sistema de plantio direto, silício.

ABSTRACT

In tropical regions with high decomposition rates of plant residues, applications of steel slag could be a possibility to increase the durability of straw on the soil in no-tillage systems, influencing the nutrient availability to crops. The purpose of the study was to evaluate the production, persistence and recycling of *Brachiaria brizantha* (Syn. *Urochloa brizantha*) straw, as well as the decomposition speed and nutrient release, with and without slag application, for the establishment of no-tillage systems in the Amazon. The experiment was carried out at the Federal Rural University of Amazonia, Campus Parauebas (PA), in a randomized block design with split plots and four replications. The experimental units consisted of sampling times (0, 14, 28, and 42 days after herbicide application) and the sub-plots of absence and application of slag. A rate of 700 kg slag ha⁻¹ applied to *Brachiaria* pastures increased the DM production while practically not changing the macronutrient content. As a result of the increased production, a greater amount of straw remained on the soil for a longer time, with greater nutrient recycling and considerable release of N, P, K, Ca, and Mg. The K followed by N were the nutrients available in higher amount in the soil.

Keywords: *Urochloa brizantha*, decomposition of plant residue, nutrient cycling, tillage system, silicon.

RESUMEN

Em regiones de clima tropical, con alta descomposición de residuos vegetales, la aplicación de escoria de siderurgia puede constituir una alternativa para aumentar la durabilidad de la cobertura de rastrojo sobre el suelo en el sistema de siembra directa, influyendo en la disponibilidad de nutrientes para los cultivos. Así, el objetivo fue evaluar la producción, persistencia y reciclaje de la cobertura de *Brachiaria brizantha* (sinónimo: *Urochloa brizantha*), así como su descomposición y la velocidad de liberación de macronutrientes, sin y con la aplicación de escoria, con vistas al establecimiento de la siembra directa en la Amazonía. El trabajo se realizó en la Universidad Federal Rural de la Amazonía, Campus de Parauapebas (PA). El diseño experimental fue de bloques al azar con parcelas subdivididas y 4 repeticiones; las parcelas consistieron en épocas de muestreo (0, 14, 28 y 42 días después del manejo con herbicida) y las sub-parcelas fueron sin aplicación y con aplicación de escoria. La aplicación de 700 kg ha⁻¹ de escoria en pastos de *B. brizantha* aumenta la producción de M.S. de la parte aérea, prácticamente sin alterar el contenido de macronutrientes. Esta mayor producción resultó en una mayor cantidad de cobertura de rastrojo sobre el suelo a lo largo del tiempo, con un mayor reciclaje y liberación significativa de N, P, K, Ca y Mg. El K seguido del N son los nutrientes que se disponibilizan en mayor cantidad en el suelo.

Palabras clave: *Urochloa brizantha*, descomposición de residuos vegetales, reciclaje de nutrientes, sistema de siembra directa, silicio.

1 INTRODUÇÃO

Os resíduos vegetais, sobre o solo, têm por finalidade protegê-lo do impacto das gotas de chuva, do escoamento superficial e das erosões hídrica e eólica, diminuindo as perdas de solo. O tempo de permanência dos resíduos vegetais sobre o solo em sistema de plantio direto (SPD) e a dinâmica de liberação dos nutrientes são requisitos imprescindíveis para o sucesso do SPD, uma vez que o mesmo depende da capacidade de gerar massa seca (M.S.) suficiente para manter o solo coberto durante todo o ano (Kliemann *et al.*, 2006). Em regiões de clima tropical, o SPD se constitui em importante alternativa para a conservação e manutenção da capacidade produtiva dos solos, pois procura manter resíduos vegetais na cobertura do solo, diminuindo alterações nas propriedades físicas, químicas e biológicas (Torres *et al.*, 2005; Marchão *et al.*, 2007). Contudo, há um grande desafio para pesquisa, notadamente na implantação e estabelecimento do plantio direto na Amazônia, pois em regiões de clima tropical como, por exemplo, no sudeste do estado do Pará, as

altas temperaturas e a umidade elevada favorecem às maiores taxas de decomposição dos resíduos vegetais que foram obtidos por meio da dessecação das plantas de cobertura, diminuindo a persistência e durabilidade da palhada sobre a superfície do solo.

A palhada se constitui numa cobertura morta, cuja manutenção sobre a superfície do solo, é considerada essencial para o sucesso de todo e qualquer sistema de cultivo conservacionista. Como a persistência da palhada é um fator que depende, além da espécie vegetal, das condições climáticas, torna-se difícil uma recomendação generalizada da planta de cobertura a ser utilizada, devido a grande variação de clima no território brasileiro, justificando estudos de decomposição de palhada de diferentes espécies e em condições variadas de temperatura e precipitação (Calonego *et al.*, 2012). A palhada na superfície do solo também constitui reserva de nutrientes, com disponibilização rápida (Rosolem *et al.*, 2003) ou lenta (Pauletti, 1999), dependendo da espécie utilizada, do tipo de manejo da fitomassa aérea, do clima, da atividade de macro e microorganismos, da composição química da palhada e do tempo de permanência dos resíduos sobre o solo (Oliveira *et al.*, 1999).

Segundo Rocha *et al.* (2010), a escória de siderurgia pode ser utilizada em pastagens de *Brachiaria brizantha* (sinonímia – *Urochloa brizantha*) na dose de 400 kg ha⁻¹, havendo aumento na produção de M.S. da parte aérea. Também, a absorção de silício por gramíneas, aumenta a silificação e lignificação das plantas, tornando-as mais resistentes às condições de decomposição da M.S. (Fernandes, 2008). A escória de siderurgia é um subproduto do beneficiamento do ferro gusa, possui elevado teor de silício e pode ser utilizada como uma fonte do mesmo às plantas. O sudeste do estado do Pará apresenta a maior província mineral de extração de ferro (serra dos Carajás), onde diversas siderúrgicas encontram-se instaladas, principalmente com a finalidade de produção de ferro gusa. Neste contexto, o volume de escória gerada, com alto teor de Si, é evidente. Assim, este subproduto da indústria poderá ser utilizado como fonte de silício em pastagens de *B. brizantha*, em processo de degradação, visando aumentar a produção de M.S., persistência e durabilidade da palhada após dessecação, com o objetivo de implantação e estabelecimento do SPD.

Em plantio direto, algumas pesquisas visaram estudar a produção de M.S. e o teor de nutrientes dos resíduos vegetais, logo após o manejo da fitomassa (Crusciol *et al.*, 2005 e 2008). Todavia, poucos estudos acompanharam, em campo, o processo de degradação, assim como a quantidade e a velocidade dos elementos liberados às plantas subsequentes (Crusciol *et al.*, 2005, 2008). Portanto, o presente trabalho tem por objetivo avaliar a produção, persistência e reciclagem da palhada de *B. brizantha*, assim como, a sua decomposição e velocidade de liberação de macronutrientes (N, P, K, Ca e Mg) e micronutrientes (Mn, Cu, Fe e Zn), sem e com a aplicação de escória de siderurgia, visando à implantação e o estabelecimento do plantio direto (PD) na Amazônia.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado a campo em uma área de pastagem de *Brachiaria brizantha* (sinonímia – *Urochloa brizantha*) cv. Marandu, da Universidade Federal Rural da Amazônia - Campus de Parauapebas, região sudeste do estado do Pará, com as coordenadas geográficas 06°00'10" S e 49°57'43" W. Esta pastagem encontrava-se estabelecida há nove anos. Antes da implantação do experimento constatou-se a infestação do local por plantas daninhas, o que caracterizou o processo chamado de degradação agrícola (Dias-Filho, 2011). Apesar da presença de plantas daninhas a *B. brizantha* ainda apresentava produção elevada de M.S., onde os tratos culturais iniciais executados na área experimental foram o roço manual, com a utilização de foice, para retirada das plantas daninhas maiores e arbustivas.

O solo da área experimental é classificado como um Cambissolo Háplico (Embrapa, 2013). Na profundidade de 0 - 0,20 m foram coletadas 10 amostras simples para a formação de uma amostra de solo composta, visando a determinação da fertilidade do solo. O resultado da análise química do solo, na profundidade de 0 - 0,20 m apresentou: pH (H₂O) = 5,63; P (Mehlich⁻¹) = 0,64 mg dm⁻³; K⁺ (Mehlich⁻¹) = 1,7 mmol_c dm⁻³; Ca²⁺ (KCl 1 mol L⁻¹) = 12,9 mmol_c dm⁻³; Mg⁺² (KCl 1 mol L⁻¹) = 7,5 mmol_c dm⁻³; Al³⁺ (KCl 1 mol L⁻¹) = 1,0 mmol_c dm⁻³; H+Al (Ca(OAc)2 0,5 mol L⁻¹) = 36 mmol_c dm⁻³ e a partir dos resultados foram calculadas a soma da bases trocáveis (SB) = 22,1 mmol_c dm⁻³, CTC total = 42,9 mmol_c dm⁻³ e saturação por bases (V%) = 41,9 %.

Após a realização da coleta de amostras de solo para a análise química procedeu-se uma nova limpeza da área experimental com auxílio de uma roçadeira mecânica manual, rebaixando o pasto à altura de 0,25 m acima da superfície do solo, visando proporcionar a homogeneização da altura e uma rebrota mais uniforme. Após o rebaixamento, a área de pasto foi piqueteada para a implantação do presente trabalho.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso com parcela subdividida, com quatro repetições. As parcelas possuíam 5 m de largura e 5 m de comprimento, totalizando 25 m². Deste modo, as parcelas consistiram de cinco épocas de coleta de M.S. da parte aérea de *B. brizantha* após o manejo com herbicida (0, 14, 28, 42 e 56 dias). As parcelas foram divididas ao meio por carregadores de 0,5 m, no sentido do comprimento, formando-se assim duas subparcelas, onde uma permaneceu sem adubação e a outra recebeu a aplicação de escória de siderurgia de alto forno, em cobertura, na dosagem de 700 kg ha⁻¹.

A escória utilizada foi coletada na siderúrgica SINOBRAS S/A no município de Marabá – PA, ao final da etapa de transformação do minério de Fe em Ferro Gusa. Esta escória de Alto Forno, antes de ser utilizada no presente experimento, foi peneirada através de uma peneira com malha de 2,0 mm (ABNT n° 10), atingindo granulometria semelhante a dos corretivos comerciais. Com a taxa

de reatividade (RE) de 59,55% e o poder de neutralização (PN) de 32,00 %, o poder relativo de neutralização total (PRNT) foi igual a 19%, com umidade de 4,18%. Quanto à caracterização química, os teores médios foram: $\text{SiO}_2 = 41,44 \%$; $\text{CaO} = 25,86 \%$; $\text{MgO} = 4,15$; $\text{K}_2\text{O} = 3,82$; $\text{NaO} = 0,33\%$; $\text{P}_2\text{O}_5 = 3,06 \%$; $\text{S} = 0,09 \%$; $\text{FeO} = 0,20 \%$; $\text{Al}_2\text{O}_3 = 18,53 \%$; $\text{MnO} = 4,11 \%$; $\text{V}_2\text{O}_5 = 0,18 \%$; $\text{TiO} = 0,70 \%$; $\text{F} = - \%$ e $\text{Cr}_2\text{O}_3 = -\%$.

Após o rebaixamento do pasto foi efetuada a aplicação de. Quando as plantas de braquiária da área experimental estavam na fase de pleno crescimento vegetativo, antes do estágio de florescimento (aproximadamente 30 - 35 dias após a adubação com escória), foi realizada a aplicação de $5,0 \text{ L ha}^{-1}$ (1.920 g ha^{-1} de i.a.) de herbicida comercial à base de glyphosate. Sete (07) dias após a dessecação, período este necessário para a completa ação do herbicida sistêmico utilizado, realizou-se a primeira coleta do material vegetal dessecado (testemunha = tempo zero). A partir daí, o material dessecado (palhada) foi coletado de 14 em 14 dias, totalizando quatro coletas ao final do experimento: 0, 14, 28 e 42 dias após o manejo da fitomassa com a aplicação do herbicida. Durante o período experimental, foi registrada temperatura média de 26°C , Com umidade relativa do ar (URA) de 86%. A média de chuva girou em torno de 1.700 a $2.000 \text{ mm ano}^{-1}$, a qual se concentrou entre novembro a abril (70%), período este de condução do experimento.

Na repetição de cada uma das épocas de coleta, sem e com escória (amostras compostas), foram amostrados os resíduos contidos em três molduras quadradas de metal, com $0,0625 \text{ m}^2$ de área interna (amostras simples). A coleta foi feita manualmente, com auxílio de canivete, retirando-se toda palhada superficial contida na área interna da moldura. A amostragem foi realizada na diagonal, dentro das unidades experimentais, excluindo-se 1 m de cada extremidade como bordadura. No campo, foi realizado uma pré-limpeza dos resíduos vegetais, por meio de peneiras, para evitar solo aderido. Os materiais vegetais foram lavados, mediante agitação por alguns segundos em água deionizada, em três porções sucessivas, sendo a seguir colocados sobre papel absorvente (Malavolta *et al.*, 1997). Ressalta-se que a lavagem sem a utilização de detergente diminuiu o número de agitações e o tempo de exposição com a água, minimizando possíveis perdas de K.

As amostras foram acondicionadas em sacos de papel e secadas em estufa de circulação de ar a $60 - 65^\circ\text{C}$, até atingirem massa constante. A seguir as amostras postas em dessecador e após alcançarem temperatura ambiente foram pesadas em balança de precisão (5 g) para quantificar a M.S. da parte aérea. Posteriormente, os materiais foram moídos em moinho tipo Wiley e submetidos à análise química, no Laboratório de Solos da UFRA - Belém, para determinação dos teores dos macronutrientes (N, P, K, Ca e Mg) e micronutrientes (Mn, Cu, Fe e Zn), conforme Malavolta *et al.* (1997). A quantidade dos macro e micronutrientes acumulada na palhada foi determinada pelo produto da quantidade de M.S. e os teores de nutrientes do resíduo vegetal. De posse desses valores,

calculou-se a liberação de nutrientes para o solo e as porcentagens de liberação dos macro e micronutrientes do resíduo (Crusciol *et al.*, 2005 e 2008).

Os dados obtidos foram submetidos a análises de variância e de regressão polinomial, ajustando-se as equações matemáticas. Aplicando-se a derivada primeira às equações ajustadas aos dados de liberação acumulada de macronutrientes, calcularam-se as taxas diárias de decomposição e liberação dos nutrientes após o manejo da fitomassa (Rosolem *et al.*, 2003).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pela da análise de variância (Tabela 1), constatou-se que apesar de não ter havido interação entre épocas de coleta da fitomassa aérea após dessecação e aplicação de escória, houve efeito significativo e de forma isolada para estes dois fatores.

Tabela 1. Análise de variância do trabalho em parcelas subdivididas, onde a parcela (P) correspondeu épocas de coleta da fitomassa aérea dessecada e a subparcela (S) correspondeu à aplicação ou não de escória.

C.Variação (fatores)	G.L. (Grau de liberdade)	S.Q. (Soma dos quadrados)	Q.M. (Quadrados médios)	Teste F
(P)	3	59789464,0618	19929821,3539	14,97**
(S)	1	4908862,7778	4908862,7778	8,72*
(P x S)	3	755313,9136	251771,3045	0,45 ^{ns}

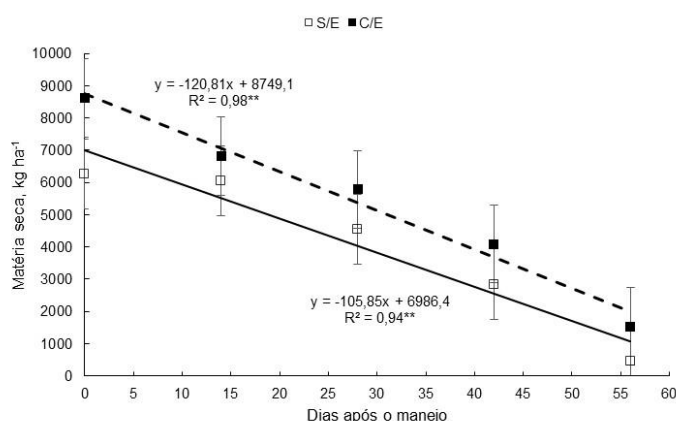
** significativo a 1%, * significativo a 5% e ns – não significativo pelo teste F.

C.V. para Parcela (P) = 20,82 e C.V. para Subparcela (S) = 13,54

3.1. MATÉRIA SECA (M.S.)

Apesar da dessecação da *Brachiaria brizantha* (sinonímia – *Urochloa brizantha*) ter sido efetuada no final do período chuvoso, ocorreram chuvas durante todo transcorrer de coleta das amostras de palhada. Sete dias após o manejo da fitomassa obteve-se a média de 8.622 kg ha⁻¹ de M.S. da parte aérea para o tratamento com aplicação de escória, superior ao valor observado de 6.250 kg ha⁻¹ sem aplicação (Figura 1).

Figura 1. Quantidade de palhada de *Brachiaria brizantha* (sinonímia – *Urochloa brizantha*) sobre o solo em função do tempo após o manejo da fitomassa, sem e com a aplicação de escória. ** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.



O Si presente na escória, ao ser absorvido pelas plantas, é facilmente translocado no xilema, e tem tendência natural a ser polimerizado (Korndörfer *et al.*, 2004). Isto ficou evidente no trabalho de Rocha *et al.* (2010), onde a aplicação de escória proporcionou aumento na produção de M.S. da parte aérea de *B. brizantha*, graças a elevação no percentual de fibra em detergente neutro (FDA) nas folhas. O aumento nos teores de FDA pode ter sido influenciado pela deposição de silício na lâmina foliar, sendo esse elemento contabilizado na fração fibrosa da gramínea (fibra), que se constitui em componente estrutural da parede celular.

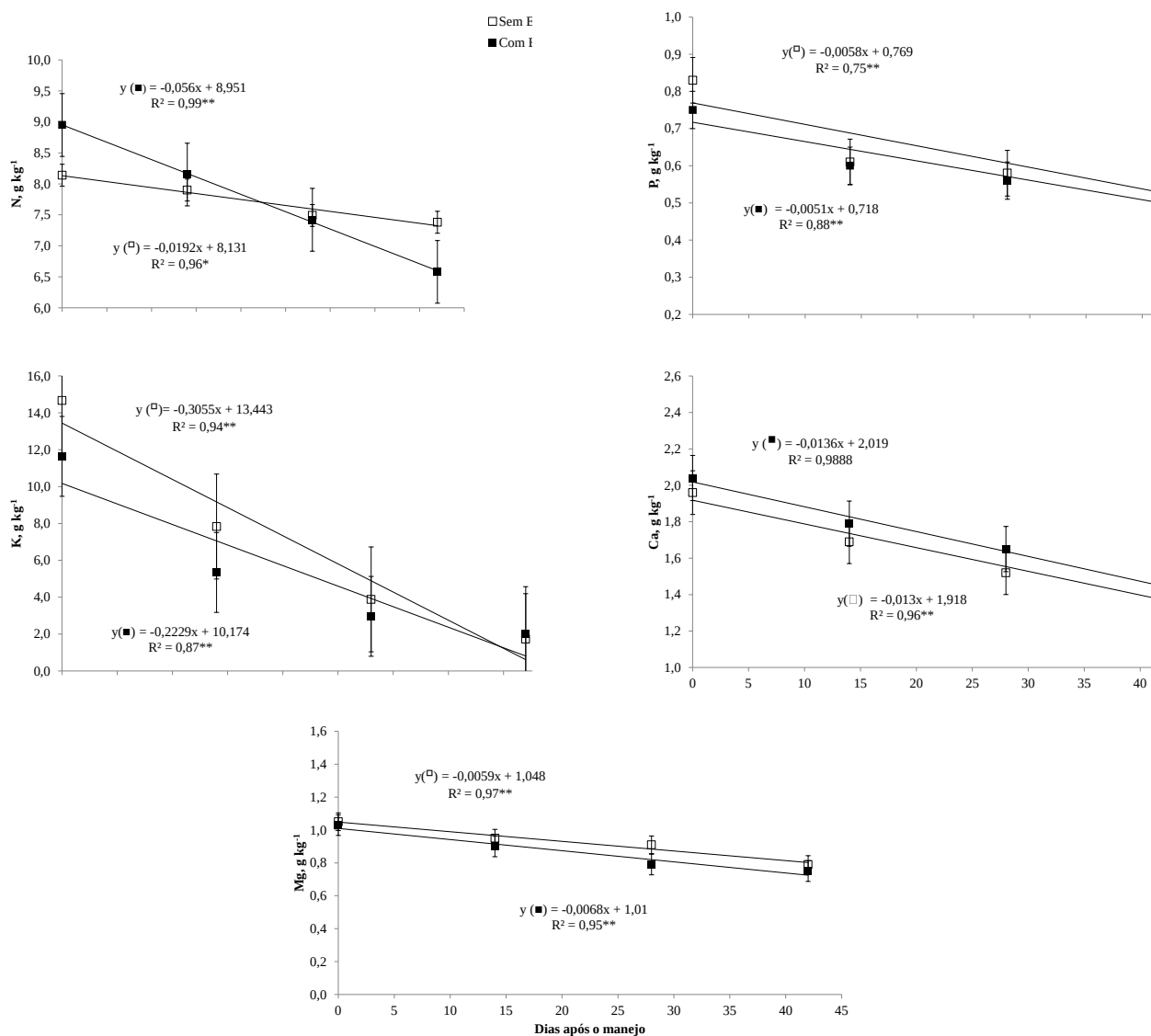
O comportamento de decomposição da palhada nos tratamentos sem e com escória ajustaram-se a função linear (Figura 1). No tratamento com a aplicação de escória, 56 dias após a dessecação da pastagem 17,73% da palhada inicial de *B. brizantha* ainda estava sobre a superfície do solo, enquanto que, no tratamento sem escória, havia somente 7,04% de palhada. Apesar de não ser constatada diferença estatística aos 14, 28, 42 e 56 DAM, os valores absolutos mantiveram uma diferença equivalente a mais de 1.000 kg ha⁻¹ de M.S. a favor do tratamento com escória (Figura 1).

A rebrota da *B. brizantha* após a aplicação de escória se deu no período chuvoso, sendo que após o manejo da fitomassa da parte aérea com o herbicida, apesar da pluviosidade ter diminuído, chuvas esparsas ainda se mantiveram durante as coletas da palhada. Assim, a condição de altas temperaturas (média de 26°C) e umidade elevada (URA = 86%) contribuíram de forma intensa para a degradação da palhada e liberação dos nutrientes. A velocidade de degradação está diretamente relacionada às condições de umidade e temperatura que atuam sobre a atividade dos organismos decompositores, ou seja, quanto mais elevada a temperatura e a umidade, maior será a fração da fitomassa degradada (Khatounian, 1999).

3.2 MACRONUTRIENTES

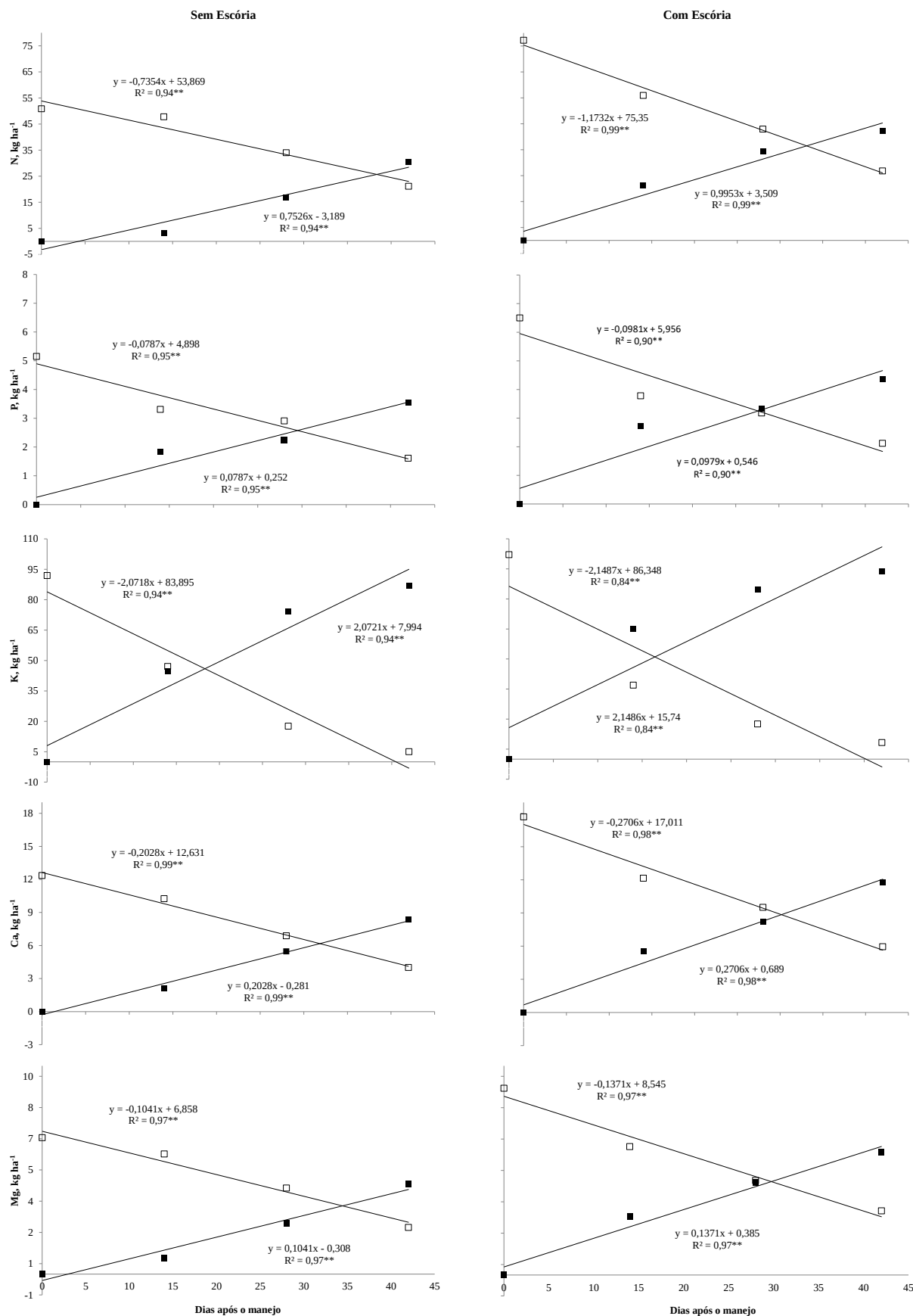
Com a degradação da M.S. sobre o solo, sem ou com escória, verificou-se que houve redução gradual nos teores de macronutrientes da palhada remanescente (Figura 2), sendo todos os dados ajustados à função linear. Ressalta-se que somente para o teor de N, na primeira e última coleta de palhada, houve diferença significativa. Isto se refletiu no comportamento das curvas apresentadas na Figura 2, onde inicialmente o teor de N para o tratamento com escória era maior, havendo uma interposição e inversão entre as curvas, no período de 15 a 20 dias após o manejo (DAM), culminando ao final com a manutenção dos maiores teores de N no tratamento sem escória. Este fato, em termos quantitativos, passa a ter pouca relevância ao se avaliar o acúmulo de N (Figura 3). Entretanto, não deixa de ser um primeiro indicativo de que apesar do menor acúmulo de N, em plantas não adubadas com escória, sua palhada promoverá uma liberação mais lenta e gradual.

Figura 2. Teor de macronutrientes na palhada de *Brachiaria brizantha* (sinonímia – *Urochloa brizantha*) em função da aplicação de escória e do tempo após o manejo da fitomassa.



Comparando-se os teores iniciais dos macronutrientes com os valores atingidos na penúltima avaliação, ou seja, aos 42 DAM, a maior redução foi verificada para o K, sendo da ordem de 88,2% para o tratamento sem escória e 82,5% para o com escória. A elevada liberação do K deve-se ao fato de que o mesmo não é metabolizado na planta, formando ligações com complexos orgânicos de fácil reversibilidade (Rosolem *et al.*, 2003). Assim que se inicia o processo de secagem e degradação, a concentração de K no tecido rapidamente diminui, pois é facilmente lavado da palhada pela água das chuvas (Khatounian, 1999).

Figura 3. Quantidade de macronutrientes acumulada na palhada de *Brachiaria brizantha* (sinonímia – *Urochloa brizantha*) e liberação acumulada, sem e com a aplicação de escória sobre o solo, em função do tempo após o manejo da fitomassa.



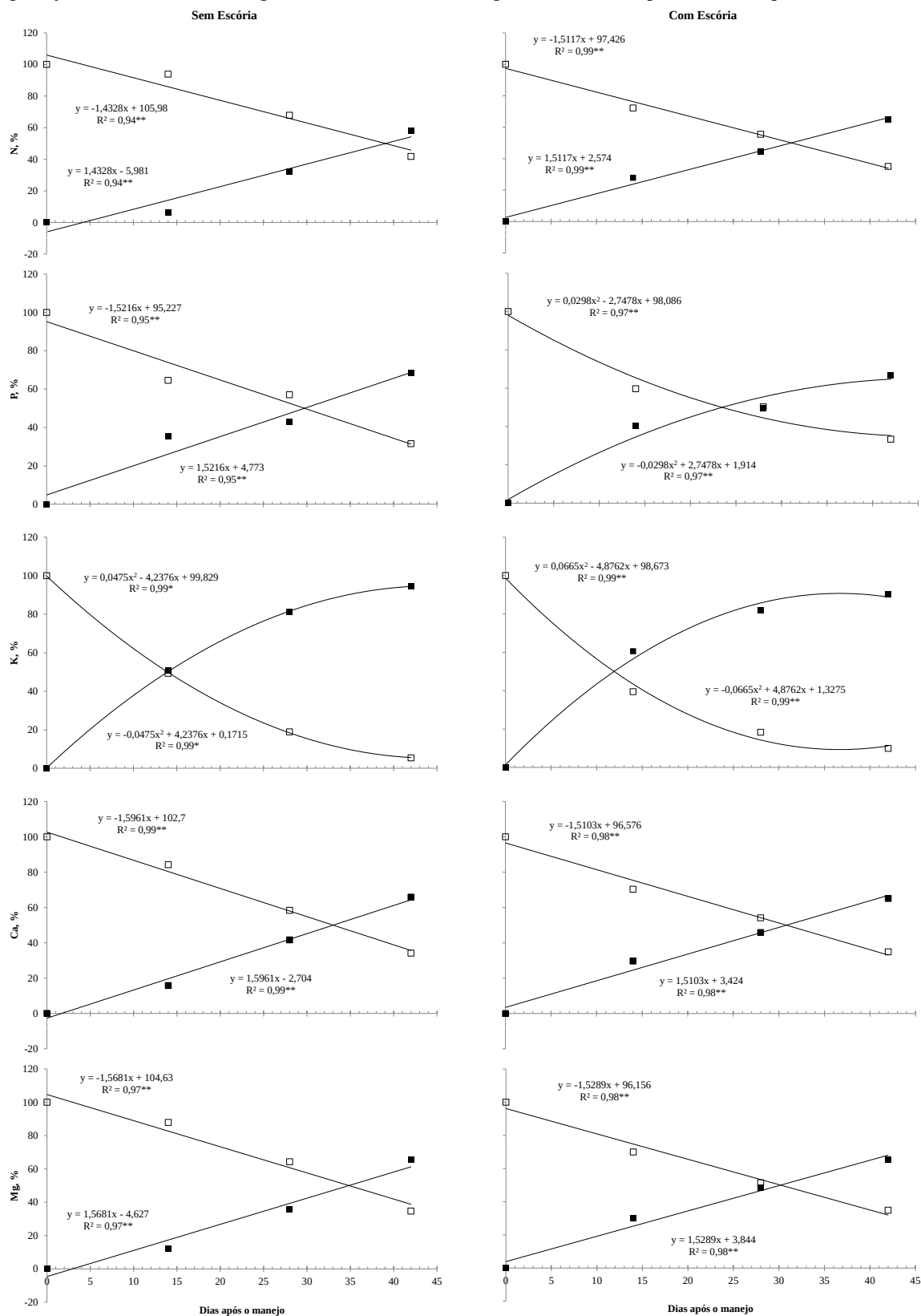
De modo geral, para os teores de macronutrientes e sua velocidade de liberação, praticamente não houve diferença entre os tratamentos sem e com escória. Contudo, a maior produção de M.S. do tratamento com escória (Figura 1), quando multiplicado pelos seus teores de macronutrientes (Figura 2), proporcionaram os maiores acúmulos de nutrientes na palhada e, conseqüentemente, maiores liberações acumuladas ao longo do tempo (Figura 3). Independentemente da aplicação de escória, o K seguido do N foram os nutrientes absorvidos em maior quantidade, o que proporcionou seus maiores acúmulos e posterior disponibilização no solo (Figura 3).

Todas as curvas de liberação acumulada dos nutrientes foram ajustadas a equações lineares, não se podendo ainda identificar os pontos de máxima liberação acumulada até os 42 DAM (Figura 3). Provavelmente, com maior número de pontos de coleta, por exemplo, as curvas se ajustariam a equações quadráticas. Este maior período de liberação crescente dos nutrientes para o solo no caso da palhada de *B. brizantha*, em comparação as espécies como o nabo forrageiro (Crusciol *et al.*, 2005) e a aveia preta (Crusciol *et al.*, 2008), deve-se a maior produção de M.S. (Figura 1), em função da pastagem dessecada ser constituída por uma gramínea perene já estabelecida, com todo o seu sistema radicular formado, que apenas rebrota sua parte aérea.

Comparando o ponto de intercessão em que a porcentagem dos macronutrientes acumuladas no resíduo foi igual à porcentagem dos macronutrientes liberados para o solo, sem e com escória, constatou-se menor velocidade de liberação do N, P e Mg da palhada quando não houve a aplicação de escória, sendo que para o K e o Ca houve similaridade entre os tratamentos (Figura 4). Assim, de modo geral, além da quantidade menor de macronutrientes a ser liberado do tratamento sem escória, esta leva mais tempo para liberar, pelo menos, metade daquilo que foi acumulado durante o processo de extração vegetal.

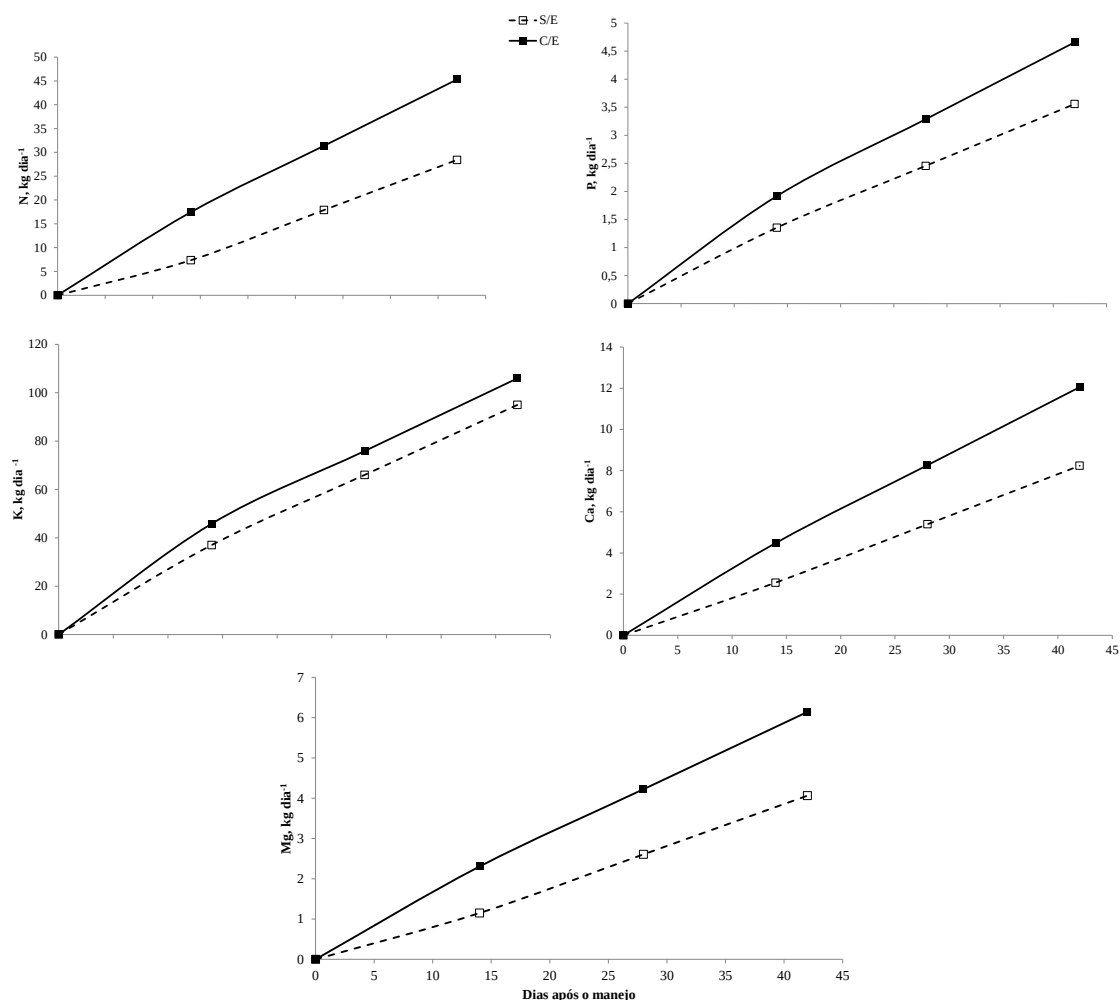
Analisando quando 50% do total acumulado de macronutrientes foram liberados, sem ou com escória, verificou-se a maior velocidade de liberação com o K, onde entre 10-15 DAM metade já tinha sido disponibilizado. Em contrapartida, o N somente liberou 50% do acumulado aos 35 DAM (Figura 4). Contudo, após estes 35 DAM, aproximadamente, 25 kg ha⁻¹ de N, para o tratamento sem escória, já havia sido liberado da palhada, sendo 38 kg ha⁻¹ de N com escória. Assim, ficou evidente que uma vez fixado em compostos orgânicos, o N fica à disposição da ciclagem no complexo planta-palha-solo, formado pelos agroecossistemas (Crusciol *et al.*, 2005).

Figura 4. Porcentagem do total de macronutriente acumulado na palhada de *Brachiaria brizantha* (sinonímia – *Urochloa brizantha*) (□) e porcentagem de liberação acumulada (■) em função do tempo após o manejo da fitomassa, sem e com a aplicação de escória. * e ** Significativo a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.



Quanto a velocidade de liberação diária dos macronutrientes (Figura 5), do manejo da fitomassa, a mesma se mostrou crescente, ainda não sendo possível identificar o dia de máxima liberação de cada nutriente e sua posterior tendência à estabilização em valores próximos a zero, como em Crusciol *et al.* (2005 e 2008). Entretanto, foi possível constatar que a maior produção de M.S. proporcionado pela aplicação de escória, além de elevar a quantidade acumulada de macronutrientes, estabeleceu uma maior quantidade diária de nutrientes liberados ao sistema.

Figura 5. Taxa diária de liberação dos macronutrientes da palhada de *Brachiaria brizantha* (sinonímia – *Urochloa brizantha*) em função do tempo após o manejo da fitomassa, sem e com a aplicação de escória.



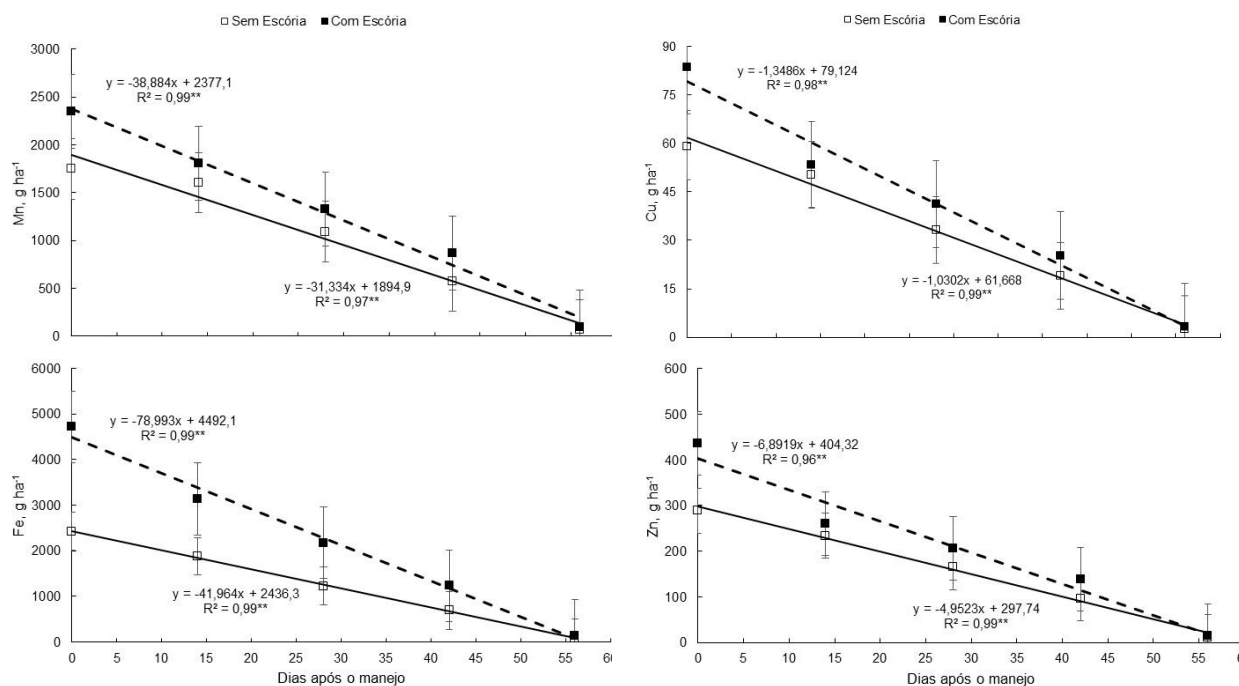
Com a aplicação de escória, no presente trabalho, não se pôde afirmar, de forma direta, que houve aumento na persistência da palhada de *B. brizantha* sobre o solo. Todavia, de forma indireta, por proporcionar aumento na produção de fitomassa, essa maior quantidade favorecerá na manutenção de solos cobertos por mais tempo, pois a M.S. a ser degradada é maior. Como consequência a reciclagem dos nutrientes também é maior. Assim, havendo maior acúmulo de macronutrientes na parte aérea do vegetal, seguramente maiores quantidades são disponibilizadas

no solo às culturas subsequentes. Portanto, ficou nítido que a escória de alto forno pode ser utilizada em pastagens degradadas de *B. brizantha* (sinonímia – *U. brizantha*), alterando a composição química da parte aérea desse material após rebrota, para ser dessecado e utilizado como palhada na implantação e estabelecimento de SPD nas condições da Amazônia, notadamente no sudeste do estado do Pará.

3.3 MICRONUTRIENTES

Na degradação da M.S. sobre o solo, sem ou com escória, observou-se que houve também redução gradual dos micronutrientes acumulados na palhada (Figura 6). Portanto, todos os dados componentes das curvas de liberação acumulada de Mn, Cu, Fe e Zn foram ajustados à equações lineares.

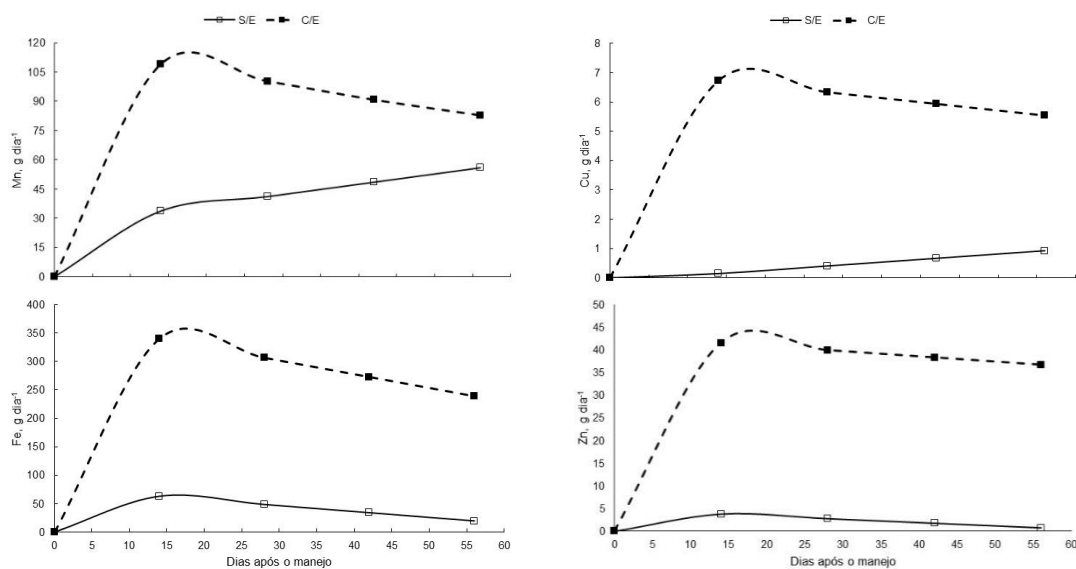
Figura 6. Quantidade de micronutrientes acumulada na palhada de *Brachiaria brizantha* (sinonímia – *Urochloa brizantha*) e liberação acumulada, sem e com a aplicação de escória sobre o solo, em função do tempo após o manejo da fitomassa.



Na última avaliação, apesar da liberação acumulada de micronutrientes praticamente não mais apresentar diferença entre os tratamentos sem e com escória (Figura 6), a maior produção de M.S. do tratamento com escória (Figura 1), quando multiplicado pelos seus teores de micronutrientes, proporcionaram os maiores acúmulos de nutrientes na palhada e consequentemente maiores liberações acumuladas ao longo do tempo (Figura 6).

Quanto a velocidade de liberação diária dos micronutrientes (Figura 7), foi possível constatar que a maior produção de M.S. proporcionado pela aplicação de escória, além de elevar a quantidade acumulada de micronutrientes, estabeleceu maior quantidade diária de nutrientes liberados ao sistema.

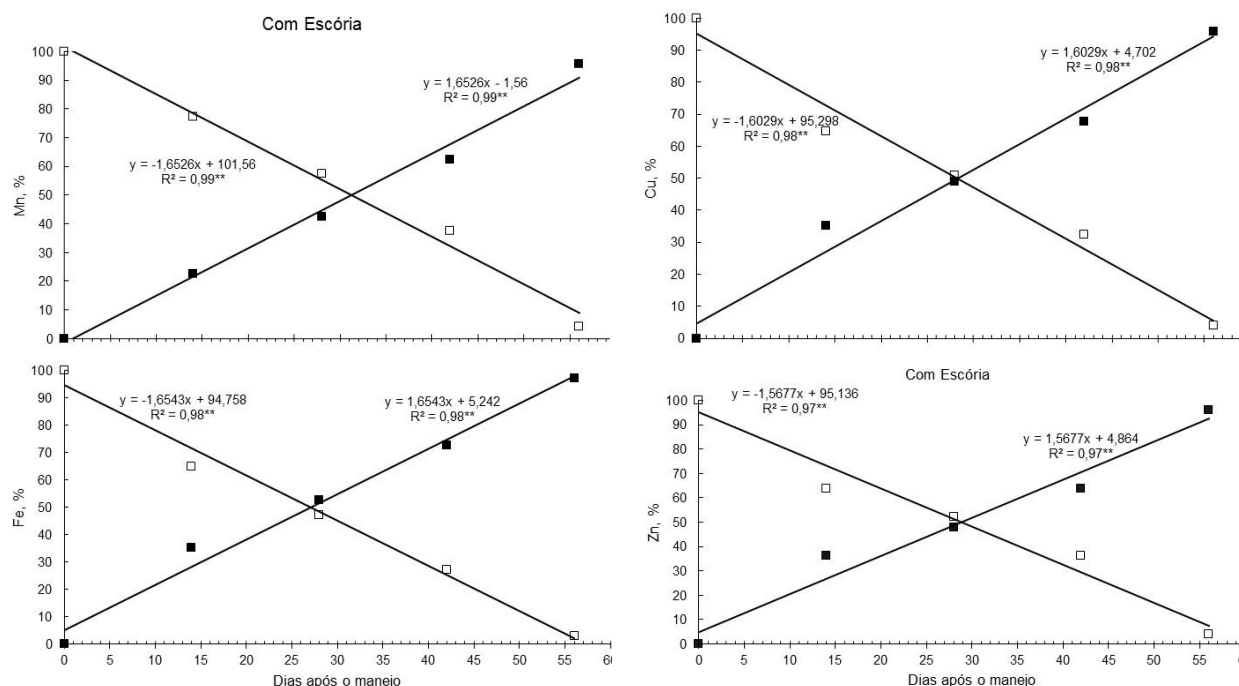
Figura 7. Taxa diária de liberação dos micronutrientes da palhada de *Brachiaria Brizantha* (sinonímia – *Urochloa brizantha*) em função do tempo após o manejo da fitomassa, sem e com a aplicação de escória.



Na Figura 7, ressalta-se que a maior velocidade de liberação de todos os elementos estudados, para o tratamento com escória, ocorreu entre 15 e 20 dias após o manejo (DAM), indicando rápida liberação dos micronutrientes, assim como em Lima *et al.* (2005; 2008) para macronutrientes.

Analisando quando 50% do total acumulado de micronutrientes foram liberados, com escória, verificou-se a maior velocidade de liberação com o Cu, Fe e Zn, onde entre 25-35 DAM metade já tinha sido disponibilizado. Em contrapartida, o Mn somente liberou 50% do acumulado entre 30 a 35 DAM (Figura 8), assim como para os micronutrientes sem escória, que levaram mais tempo para serem liberados.

Figura 8 – Porcentagem do total de micronutriente acumulado na palhada de *Brachiaria brizantha* (sinonímia – *Urochloa brizantha*) (□) e porcentagem de liberação acumulada (■) em função do tempo após o manejo da fitomassa, sem e com a aplicação de escória. * e ** Significativo a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.



4 CONCLUSÕES

A aplicação de 700 kg ha⁻¹ de escória de alto forno em pastagens de *Brachiaria brizantha* (sinonímia – *Urochloa brizantha*) proporciona elevação na produção de massa seca da parte aérea, praticamente não alterando o teor de macronutriente.

A maior produção de massa seca da *Brachiaria brizantha* (sinonímia – *Urochloa brizantha*), em função da aplicação de escória, proporciona a permanência de uma maior quantidade de palhada sobre o solo ao longo do tempo avaliado (até 56 dias após o manejo da fitomassa), com maior reciclagem e maior velocidade de liberação dos macronutrientes (N, P, K, Ca e Mg).

O K seguido do N são os nutrientes disponibilizados em maior quantidade no solo para as culturas subsequentes, logo após a dessecação da fitomassa aérea de *Brachiaria brizantha* (sinonímia – *Urochloa brizantha*).

Para os micronutrientes, a maior produção de massa seca da *Brachiaria brizantha* e a maior quantidade de palhada permanecida sobre o solo ao longo do tempo, em função da aplicação de escória, proporciona, também maior reciclagem e maior velocidade de liberação de Mn, Cu, Fe e Zn.

AGRADECIMENTOS

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Pará – FAPESPA, pela concessão da Bolsa de Iniciação Científica: PIBIC UFRA/FAPESPA.

REFERÊNCIAS

- CALONEGO, J. C. *et al.* Persistência e liberação de nutrientes da palha de milho, braquiária e labelle. **Biosci. J.**, Uberlândia, v. 28, n. 5, p. 770-781, 2012.
- CRUSCIOL, C. A. C. *et al.* Persistência de palhada e liberação de nutrientes do nabo forrageiro no plantio direto. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.40, n.2, p. 161-168, 2005.
- CRUSCIOL, C. A. C. *et al.* Taxas de decomposição e de liberação de macronutrientes da palhada de aveia preta em plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v.67, n.2, p.481-489, 2008.
- DIAS-FILHO, M. B. **Degradação de pastagens**: processo, causas e estratégias de recuperação. 4.ed. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2011. 215p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3.ed. Brasília, 2013. 353p.
- FERNANDES, F. A. **Persistência de palhada de plantas de cobertura em função de doses de silício e resposta do feijoeiro em sucessão**. 2008. 92p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP – Campus de Botucatu, Botucatu, 2008.
- KHATOUNIAN, C. A. O manejo da fertilidade em sistemas de produção. In: CASTRO FILHO, C.; MUZILLIO, O. (Ed.). **Uso e manejo dos solos de baixa aptidão agrícola**. Londrina: IAPAR, 1999. p.179-221. (Circular, 108)
- KLIEMANN, *Huberto José*; BRAZ, Antonio Joaquim Pereira Braga; SILVEIRA, P. M. Taxas de decomposição de resíduos de espécies de cobertura em Latossolo Vermelho distroférrico. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 36, n. 1, p. 21-28, 2006.
- KORNDÖRFER, G. H.; PEREIRA, H. S.; NOLLA, A. **Análise de silício: solo, planta e fertilizante**. Uberlândia, GPSi-ICIAG-UFU, Boletim Técnico; 02. 2004. 50f.
- LIMA, E. do V. L. *et al.* Persistência da palhada e liberação de nutrientes de *Brachiaria brizantha*, sem e com escória de siderurgia no sudeste do Pará. In: **AMAZON SOIL**, 1., Gurupi, 2014. Anais. Gurupi, UFT, 2014.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. de. **Avaliação do estado nutricional de plantas**: princípios e aplicações. Piracicaba: Potafos, 1997. 308p.
- MARCHÃO, R. L. *et al.*, Qualidade física de um Latossolo Vermelho sob sistemas de integração lavoura-pecuária no Cerrado. **Pesq. Agropecuária Brasileira**, v.42, p.873-882, 2007.
- OLIVEIRA, M. W *et al.* Decomposição de nutrientes da palhada de cana-de-açúcar em campo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 12, p. 2359-2362, 1999.
- PAULETTI, V. **A importância da palhada e da atividade biológica na fertilidade do solo**. In: CURSO SOBRE ASPECTOS BÁSICOS DE FERTILIDADE E MICROBIOLOGIA DO SOLO EM PLANTIO DIRETO, 3., 1999, Cruz Alta. Palestras. Passo Fundo: Aldeia Norte, 1999. p. 56-66.
- ROCHA, I. J. *et al.* **Composição química de *Brachiaria brizantha* adubada com escória de siderurgia no Sudeste do Pará**. In: SEMINÁRIO ANUAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 8.; SEMINÁRIO DE PESQUISA DA UFRA, 2., Belém, 2010. Anais. Belém, Universidade Federal Rural da Amazônia, 2010. CD-ROM.

ROSOLEM, C. A.; CALONEGO, J. C.; FOLONI, J. S. S. Lixiviação de potássio da palhada de espécies de cobertura de solo de acordo com a quantidade de chuva aplicada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 2, p. 355-362, 2003.

TORRES, J. L. R. *et al.* Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura em um solo de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, p.609-618, 2005.