



CURSO DE AGRONOMIA

CÁSSIO WERMUTH

**EFEITO DA APLICAÇÃO DE RESÍDUO RUMINAL BOVINO COM CINZAS NA
FERTILIDADE DO SOLO**

**VILHENA
2019**

CÁSSIO WERMUTH

/

**EFEITO DA APLICAÇÃO DE RESÍDUO RUMINAL BOVINO COM CINZAS NA
FERTILIDADE DO SOLO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de graduação em Agronomia da Faculdade da Amazônia (FAMA), como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Agronomia.

Orientador: Profa. Dra. Edilene Pereira Ferreira

**VILHENA
2019**



FACULDADE DA AMAZÔNIA

PORTARIA CREDENCIAMENTO MEC Nº: 3.362, DE 19/10/2004


Mantenedor: INSTITUTO DE ENSINO SUPERIOR DA AMAZÔNIA S/C LTDA-ME - IESA
Rua: Wallison Junior Arrigo, (743), nº 2043 - Cristo Rei Cep:76983496
Vilhena-RO® (69) 21010850 GNPJ: 04.398.722/0001-05.

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

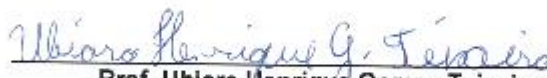
Aos nove dias do mês de dezembro do ano de dois mil e dezenove, na sala de defesa de monografias da Faculdade da Amazônia, às 19:00 horas, o acadêmico **Cássio Roberto Wermuth**, do Curso de **AGRONOMIA** dessa Instituição, defendeu o seu TCC - Trabalho de Conclusão de Curso, com o tema "**Efeito da Aplicação de Resíduo Ruminal Bovino com cinzas na Fertilidade do Solo**" na presença da Banca Examinadora formada pela professora **Edilene Pereira Ferreira** (Orientadora e presidente da banca), professor **Ubiara Henrique Gomes Teixeira** (1º membro) e professora **Priscila Fonseca Costa** (2º membro).

O trabalho foi julgado APROVADO, mediante nota igual a 9,7. E por não haver nada mais a tratar, foi lavrada esta ata que será assinada pelos presentes.

BANCA EXAMINADORA



Profa. Edilene Pereira Ferreira
(Presidente)



Prof. Ubiara Henrique Gomes Teixeira
(1º membro)



Profa. Priscila Fonseca Costa
(2º membro)



Cássio Roberto Wermuth
Acadêmico

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, pela simples oportunidade de estar aqui, neste momento. Pelos dons concedidos para que pudesse trilhar meus caminhos.

Agradeço aos meus pais Valdomiro Wermuth e Iria Wermuth, que sempre me incentivaram durante a graduação, não mediram esforços para que esse sonho se conclui-se.

A minha esposa, Juliana Souza de Paula Wermuth, que sempre esteve comigo me dando apoio e me ajudando de todas as formas cabíveis para que chegasse até aqui.

Aos meus colegas de curso, que juntos conseguimos chegar ao final, mesmo diante de dias difíceis. Persistimos e hoje vencemos!

Aos meus professores, que possibilitaram momentos importantes para o aprendizado e formação.

A minha orientadora, que jamais colocou obstáculos ou desacreditou em meu trabalho, pela disponibilidade e paciência na produção deste trabalho científico.

À Faculdade da Amazônia, pela infraestrutura, todo suporte e prontidão.

A todos os demais que, de alguma forma, direta ou indireta, contribuíram para minha formação

A todos, sou grato.

RESUMO

São importantes os estudos que tratam do uso de compostos orgânicos na agricultura, uma vez que promovem melhorias em atributos químicos, físicos e biológicos do solo. Dentre os materiais usados estão a cinza de madeira, importante fonte de P, K, Ca, Mg, e resíduo ruminal bovino, fonte de matéria orgânica e nitrogênio, principalmente. Com este estudo objetivou-se avaliar a capacidade da cinza e do resíduo ruminal bovino, misturados em diferentes proporções, e contribuir para a nutrição do solo. Cinco diferentes proporções de resíduo ruminal bovino e cinza foram misturados. O delineamento experimental utilizado inteiramente casualizado, disposto em esquema fatorial 5x3, correspondente a cinco tipos de compostos orgânicos (0; 25; 50; 75 e 100%) aplicadas em três doses (0, 12 e 24 g kg⁻¹ solo) em solos com texturas média coletado na Faculdade da Amazônia, com três repetições. O experimento foi conduzido no laboratório de solos da Faculdade da Amazônia, em potes plásticos contendo 400 g de solo que ficaram sob monitoramento por 45 dias. Decorrido o período, foram determinados os valores de pH em água e em solução de CaCl₂ e quantificados os teores de Ca, Mg, K, Al+H, P e Na e em seguida obtidos os parâmetros soma de bases, capacidade de troca de cátions do solo e saturação por bases segundo a metodologia preconizada pela Embrapa.

Palavras-chave: Compostagem; nutrientes do solo; resíduos orgânicos.

ABSTRACT

Studies addressing the use of organic compounds in agriculture are important as they promote improvements in chemical, physical and biological soil attributes. Among the materials used are wood ash, an important source of P, K, Ca, Mg and bovine ruminal residue, a source of organic matter and nitrogen, mainly. This study aimed to evaluate the capacity of ash and bovine ruminal residue, mixed in different proportions, and contribute to soil nutrition. Five different ratios of bovine ruminal residue and ash were mixed. A completely randomized experimental design, arranged in a 5x3 factorial scheme, corresponding to five types of organic compounds (0, 25, 50, 75 and 100%) applied in three doses (0, 12 and 24 g kg⁻¹ soil) in soils with average textures collected at the Amazon College, with three repetitions. The experiment was conducted in the soil laboratory of the Faculty of the Amazon, in plastic pots containing 400 g of soil that were under monitoring for 45 days. After the period, the pH values in water and CaCl₂ solution were determined and the levels of Ca, Mg, K, Al + H, P and Na were quantified and then the sum of bases, cation exchange capacity parameters were obtained of soil and base saturation according to the methodology recommended by Embrapa.

Keywords: Composting; soil nutrients; Organic waste.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	7
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	9
2.1	FERTILIDADE E MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO.....	9
2.2	USO DE CINZAS NA AGRICULTURA	11
2.3	ESTERCO E RESÍDUO RUMINAL BOVINO.....	12
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	14
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	16
5	CONCLUSÃO.....	23
	REFERÊNCIAS	24

1 INTRODUÇÃO

O interesse na produção de compostos provenientes de resíduos vem com a necessidade da redução dos custos com fertilizantes químicos, além da pressão social para ter sustentabilidade na agricultura, onde a biociclagem de nutrientes contribui também para a redução da poluição ambiental (MALAVOLTA, 1976; RAIJ, 1981; CONCEIÇÃO et al., 2005; RONQUIM, 2010).

Muitos resíduos das indústrias ainda não possuem destinação devida ou, se o fazem a mesma não é feita de forma eficiente (PILLON et al., 2003; ROSA, 2009). Uma vez descartados e acumulados incorretamente estes materiais podem se tornar um passivo ambiental, ou seja, conferem risco de contaminação do meio ambiente, seja pelo chorume derivado da decomposição, e que pode contaminar o lençol freático e cursos d'água, pela proliferação de insetos, além de causar desconforto em função da liberação de gases e maus odores.

O resíduo Ruminal Bovino (RRB) e Cinzas são provenientes da indústria frigorífica JBS do município de Vilhena - RO. O RRB é distribuído para os proprietários rurais, cabendo aos mesmos o melhor destino destes resíduos em sua propriedade, comumente a produção de compostos e incorporação ao solo. Alguns estudos (PEREIRA NETO, 2007; TRAUTMANN-MACHADO et al., 2012; SILVA et al., 2013; SALOMÃO et al., 2018) demonstram o potencial do RRB na melhoria das condições químicas e físicas do solo, uma vez que apresenta elevados teores de matéria orgânica.

A utilização do RRB como adubo orgânico ainda pode contribuir para uma gestão ambiental eficiente dos resíduos da indústria frigorífica, possibilitando mitigação de problemas ambientais (PEREIRA NETO, 2007; SILVA et al., 2013). A utilização adequada desse resíduo pode contribuir social e economicamente para os agricultores, pela possível redução do custo operacional de produção e da necessidade e uso de adubos minerais.

A cinza de caldeiras é um subproduto resultante da combustão incompleta da madeira e em sua composição existem elementos que podem favorecer o desenvolvimento de plantas, especialmente em solos com baixos índices de fertilidade (MAEDA et al., 2008; ARRUDA et al., 2016). A cinza de madeira é bastante utilizada na agricultura, principalmente pelos elevados teores de potássio.

Por apresentarem elevados teores de cálcio e o magnésio pode contribuir para a correção da acidez dos solos (ARRUDA et al., 2016).

A adubação orgânica com estes materiais tem grande potencial e ainda são escassos os estudos que tratam da formulação de compostos a partir da mistura de ambos, em diferentes proporções, uma vez que se tornaria uma alternativa para o incremento dos índices de fertilidade do solo e ainda promover o incremento de matéria orgânica, tendo a capacidade de melhorar as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (NASCIMENTO et al., 2003; COSTA et al., 2013).

Objetivou-se avaliar o potencial uso agrícola de dois resíduos e os efeitos da aplicação de diferentes doses dos compostos, formados a partir da mistura em diferentes proporções de cinza e resíduo ruminal bovino, na fertilidade dos solos.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1. FERTILIDADE E MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO

A fertilidade, na sua ampla concepção, pode ser definida como a capacidade do solo de reter elementos e fornecer nutrientes essenciais às plantas ao longo do tempo, permitindo assim o crescimento e desenvolvimento adequado das culturas (RAIJ, 1981; BRAGA, 1983; LOPES e GUILHERME, 2007). Além disso, não deve haver limitação ao fornecimento de nutrientes durante o ciclo da cultura, propiciando assim o máximo de desempenho das plantas, mesmo que esta deixe de absorver ou utilizar, numa determinada fase de seu ciclo (MALAVOLTA, 1976; RAIJ, 1981; LOPES e GUILHERME, 2007).

Nos trópicos, a expansão agrícola dependerá essencialmente do cultivo em solos já intemperizados, que em sua grande maioria possuem baixos índices de fertilidade natural. Os solos por vezes apresentam como principais limitações baixos teores de matéria orgânica, pequeno valor de capacidade de troca de cátions (CTC) e somas de base (SB), além da presença de Alumínio trocável (AL), que limita e desfavorecem o desenvolvimento das culturas (LOPES e GUILHERME, 2007). Diante destes fatores e peculiaridades da agricultura nas regiões tropicais, onde se insere o Brasil, é necessário conhecer as características e propriedades químicas e físicas dos solos, objetivando seu manejo adequado, o uso mais apropriado de insumos e produções mais rentáveis (CONCEIÇÃO et al., 2005; LOPES e GUILHERME, 2007; RONQUIM, 2010).

A reposição dos nutrientes é feita por meio da aplicação de insumos agrícolas, tais como os fertilizantes sintéticos e condicionadores, por meio da adição de biomassa e, ou, de compostos orgânicos ricos em matéria orgânica (RONQUIM, 2010).

A matéria orgânica em quantidades suficientes no solo é fator decisivo para a manutenção dos índices de fertilidade do solo, além de proporcionar melhorias na qualidade do solo e conseqüentemente nas condições para o cultivo (SILVA e MENDONÇA, 2007). Ela é capaz de modular as condições químicas, físicas e biológicas do solo, e conseqüentemente, a eficiência nutricional, sendo considerada uma importante indicadora da qualidade do solo. Portanto, o nível de matéria orgânica do solo é um dos principais fatores condicionantes para a produtividade e

equilíbrio do sistema agrícola (NASCIMENTO et al., 2003; SILVA e MENDONÇA, 2007; COSTA et al., 2013).

A matéria orgânica do solo desempenha papel fundamental na sustentabilidade dos sistemas agrícolas e é considerada a principal indicadora de qualidade do solo, servindo de base para sustentabilidade da produção (LAL, 2004; KHORRAMDEL et al., 2013, COSTA et al., 2013).

A matéria orgânica do solo é fonte primária de energia para microrganismos, favorecendo o aumento dos níveis e populações de microrganismos no solo, que atuam diretamente na ciclagem de nutrientes. É considerada fonte de nutrientes às plantas, influencia na infiltração e retenção de água no solo, atua na estruturação do solo, favorecendo a formação de agregados estáveis. A matéria orgânica atua também sobre outros atributos, tais como: capacidade de troca de cátions (CTC), manutenção do pH e complexação de elementos tóxicos do solo, como o alumínio (RAIJ, 1981; CONCEIÇÃO et al., 2005; SILVA e MENDONÇA, 2007; PAVINATO e ROSOLEM, 2008; COSTA et al., 2013). Em solos intemperizados de regiões tropicais a matéria orgânica têm importância fundamental, pois nesses solos a contribuição da CTC pelos minerais de argila é extremamente limitada (CONCEIÇÃO et al., 2005).

A matéria orgânica, dependendo da sua origem, pode conter praticamente todos os macro e micronutrientes essenciais, e com isso torna-se um importante aliado no aumento dos índices de fertilidade do solo. Além de melhorar as condições químicas do solo, capacidade de estruturação, ou seja, contribui para fortalecer as propriedades físicas do solo (RONQUIM, 2010; COSTA et al., 2013).

A adição de matéria orgânica ao solo pode ser feita por meio de diferentes compostos orgânicos. Estes compostos consistem de um produto oriundo da decomposição de uma mistura de materiais orgânicos, decompostos ou ainda em decomposição. Estes compostos podem conter em sua constituição diversos tipos de material orgânico, sejam eles de origem animal, vegetal ou agroindustrial. (Teixeira et al., 2002).

Os resíduos orgânicos de origem industrial, em sua grande maioria, apresentam um grande potencial de uso agrícola, mas não são utilizados de forma correta ou eficaz para agregação dos valores do solo e planta. Dessa forma, são armazenados, se transformando em grandes pilhas que podem se tornar um passivo

ambiental, além de liberação de gases de efeito estufa e também acarretando na perda de seus nutrientes (TRAUTMANN-MACHADO et al., 2009).

Dessa forma, pesquisas com resíduos orgânicos como o RRB e cinzas visam otimizar o uso dos fertilizantes naturais, reduzindo os custos e melhorias no rendimento de todo sistema produtivo (Sant'anna, 2019).

2.2 USO DE CINZAS NA AGRICULTURA

As indústrias alimentícias e usinas utilizam, em determinados setores, energia térmica para seu funcionamento, sendo a madeira o principal recurso utilizado para geração de energia e vapor em caldeiras e como consequência, uma grande quantidade de cinzas é gerada.

A cinza é resultante da combustão incompleta e variável de materiais vegetais, sendo a sua composição qualitativa e quantitativa dependente da biomassa utilizada e da temperatura de carbonização (MAEDA et al., 2008).

As cinzas possuem em suas composições minerais orgânicos que apresentam o potencial de aumentar os índices de fertilidade principalmente em solos tropicais e altamente intemperizados, onde a deficiência nutricional é maior (ARRUDA et al., 2016).

Durante muito tempo as cinzas eram depositadas em aterros, até se ter conhecimento do seu potencial como fonte de potássio (K) para a agricultura. Assim, a utilização agrícola da cinza de biomassa mostra-se como uma alternativa viável e ecologicamente correta, pois possibilita o aproveitamento do resíduo, além de devolver ao ambiente, parte dos nutrientes extraídos pelas plantas e armazenados na biomassa que fora retirada para queima (ZANÃO JÚNIOR et al., 2009).

O K é um dos principais nutrientes requeridos por aqueles que utilizam as cinzas na agricultura, uma vez que as concentrações de K nas cinzas variam de cerca de 5 a 20 g kg⁻¹, dependendo do material de origem e das condições de combustão. Além do K podem ser identificados teores apreciáveis de cálcio (18 a 390 g kg⁻¹) e o magnésio (2 a 10 g kg⁻¹). Esses dois elementos conferem à cinza uma ação alcalina, o que pode contribuir para a correção da acidez dos solos (ARRUDA et al., 2016).

Além dos macronutrientes, as cinzas contêm grande variação nos teores de micronutrientes, com amplitude de 50 a 250 mg kg⁻¹ de Zn, de 100 a 150 mg kg⁻¹ de Cu, e de 2.600 a 10.800 mg kg⁻¹ de Mn (ARRUDA et al., 2016).

Uma propriedade importante das cinzas é a ação alcalina, o que pode contribuir para a correção da acidez dos solos. O incremento de cinzas para fins de fornecimento de nutrientes e correção de acidez tem demonstrado uma alternativa de excelente qualidade. Com o aumento dos custos para aquisição de fertilizantes minerais, tem a crescido a procura por alternativa mais sustentável e de menor custo na produção com intuito de diminuir gastos e aumentar a produtividade (BONFIM-SILVA et al., 2015).

2.3 RESÍDUO RUMINAL BOVINO

O resíduo ruminal bovino (RRB) é um dos resíduos da indústria frigorífica gerados a partir do processamento de abate. O RRB é constituído por alimento consumido pelo animal em vários estágios de fermentação, pelo o qual permaneceu no rúmen destes, mesmo após a dieta líquida de 24 horas antes do abate. Esse resíduo deve receber tratamento específico para que sejam dispostos sem riscos de causar impactos ao meio ambiente (TRAUTMANN, 2011; MOREIRA e SANTOS, 2012). Como a quantidade gerada deste resíduo é muito grande podem representar sérios problemas, uma vez que possui além do alto teor de matéria orgânica, uma elevada carga microbiana, podendo atuar como focos de proliferação de insetos e de agentes infecciosos, como bactérias, fungos, entre outros (TRAUTMANN, 2011; SILVA, 2011).

Assim, o manejo, armazenamento e disposição inadequados dos resíduos podem contaminar o solo e as águas superficiais e subterrâneas, tornando-os impróprios para qualquer uso, bem como gerar problemas de saúde pública (PACHECO e YAMANAKA, 2008).

Por se tratar de um resíduo orgânico, o RRB pode ser usado com componente para compostagem, sendo essa técnica uma alternativa de tratamento mais eficaz, pois a mesma possui a capacidade de transformar o resíduo sólido potencialmente poluidor em adubo orgânico (TRAUTMANN, 2011; MOREIRA e SANTOS, 2012; SALOMÃO et al., 2018).

Trabalhos como os de SALOMÃO et al. (2018) e MOREIRA e SANTOS (2012) relatam o potencial uso de resíduos do rumem bovino na produção de compostagem.

Ainda, ressaltam-se as diferenças composicionais entre o RRB e esterco bovino, que pode ser explicada pelo fato do esterco ter sofrido todos os processos de fermentação microbiana e digestivos (digestão gástrica, absorção de nutrientes pelo intestino delgado e a absorção de eletrólitos pelo intestino grosso), enquanto no RRB o processo de fermentação e digestão não são completos, originando um material pouco alterado, com grande quantidade de hemicelulose e lignina, elevando a relação carbono/nitrogênio (relação C/N) (PEREIRA NETO, 2007).

3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no laboratório de solos da Faculdade da Amazônia, situada município de Vilhena-RO, no período de outubro 2018 a outubro de 2019. O clima da região é classificado como Am (tropical úmido e seco), de acordo com a classificação de Köppen (1936) e determinada por Alvarez et al. (2013). O município apresenta temperatura média anual de 20,8°C, pluviosidade anual média é de 2200 mm e umidade relativa do ar média de 74%.

O delineamento em blocos casualizado foi conduzido em um sistema fatorial 5x3, (tabela 1) onde o primeiro fator retrata o uso de cinco compostos e o segundo fator três diferentes doses 4; 10 e 20g dos compostos com o delineamento experimental. Também foi usado um tratamento controle. Todos os tratamentos com três repetições, totalizando 48 unidades experimentais.

Na primeira etapa do experimento foram adquiridos o RRB e a cinza na indústria frigorífica JBS, e foram usados para a preparação dos compostos orgânicos. Foram feitas misturas em diferentes proporções dos dois materiais, conforme exemplificado na Tabela 1.

Tabela 1. Proporções de resíduo ruminal bovino e cinzas, em volume, misturados formando os diferentes compostos analisados.

Compostos	Tratamento 1 (T1)	Tratamento 2 (T2)	Tratamento 3 (T3)	Tratamento 4 (T4)	Tratamento 5 (T5)
RRB ⁽¹⁾	0%	25%	50%	75%	100%
Cinza	100%	75%	50%	25%	0%

⁽¹⁾ RRB: resíduo ruminal bovino.

Estes compostos foram homogeneizados e condicionados em bandejas plásticas para que ocorresse a compostagem/fermentação e garantir a maturação dos compostos no período de 50 dias. Uma vez prontos, eles foram usados para a montagem do experimento de incubação juntamente com o solo.

Amostra do solo usado para o experimento foi coletado em um perfil localizado na área experimental da Faculdade da Amazônia, sendo caracterizado a campo, com base na descrição morfológica, como um Latossolo Vermelho-Amarelo. A coleta foi realizada a aproximadamente de 1,80 m de profundidade para reduzir

interferência de adubações anterior realizadas na área e devida o baixo teor de matéria orgânica.

Depois de coletados, a amostra foi seca em temperatura ambiente passadas em peneira com malha de 2 mm para a homogeneização e obtenção da terra fina seca ao ar (TFSA). Foram pesados 400g de solo em sacos plásticos e então adicionados os tratamentos referentes às diferentes doses dos compostos: 1; 2,5 e 5% de composto, calculados com base na massa seca de solo (4; 10 e 20 g dos compostos, respectivamente). Considerando um volume de solo de 2000 m³ (1 hectare, com profundidade de 0,2 m) e densidade de 1000 kg m⁻³, as doses aplicadas correspondem à aproximadamente 20, 50 e 100 t ha⁻¹.

Depois foram homogeneizados dentro dos sacos plásticos e colocados em potes plásticos de 500 ml. Os potes não foram furados para evitar perdas por lixiviação. Os potes foram distribuídos ao acaso sobre uma bancada e foram mantidos em laboratório, visando facilitar o monitoramento semanal. A manutenção da umidade foi feita com base no peso dos copos, aferido em balança.

Depois de 45 dias de incubação, o experimento foi desmontado, com a retirada do solo, secagem e destorroamento. Em seguida foram feitas as análises para a determinação da fertilidade do solo (pH em CaCl₂, Ca, Mg, Na, K, P, Al, Al+H, CTC e SB), segundo a metodologia preconizada pela Embrapa (DONAGEMMA et al., 2011). Estas análises foram feitas todas no laboratório de solos da FAMA. As análises estatística foram feitas pelo programa SISVAR (Ferreira, 2011).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Quando avaliados os tratamentos, dentro de uma mesma dose, é possível identificar efeitos distintos nas variáveis analisadas em função das proporções entre RRB e cinza (T2, T3 e T4), quando comparados com cada um individualmente (T1 e T5). Isso demonstra haver interações entre estes dois materiais quando formados os compostos (Tabela 2).

Tabela 2. Valores médios de características químicas de solos tratados com diferentes compostos.

Dose	Tratam	pH _{CaCl}	Ca	Mg	K	Al	H+Al	Na	P	SB	CTC	V
			cmol _c kg ⁻¹						mg kg ⁻¹		cmol _c kg ⁻¹	
	T0	6,3	0,5	1,2	<0,01	0,1	2,8	<0,01	2	1,7	4,5	38
D1	T1	7,3c	2,3a	1,4b	0,04a	0,0b	1,8c	0,01a	15 ^a	3,7ab	5,5a	68 ^a
	T2	7,7b	2,2ab	1,7a	0,04a	0,0b	1,7c	0,01a	12 ^a	4,0a	5,7a	70 ^a
	T3	7,8a	2,3a	1,0cd	0,06a	0,0b	2,0bc	0,01a	13 ^a	3,4bc	5,4a	63b
	T4	7,5b	2,0b	1,1bc	0,04a	0,0b	2,2b	0,01a	10 ^a	3,2c	5,4a	59c
	T5	6,0d	0,9c	0,7d	0,01b	0,1a	3,7a	0,01a	1b	1,6d	5,3a	31d
D2	T1	7,8a	2,7ab	1,4b	0,09a	0,0b	1,8b	0,01b	49 ^a	4,2b	6,1ab	70b
	T2	8,0a	2,7ab	2,2a	0,09a	0,0b	1,5c	0,01b	44 ^a	5,0a	6,5a	77 ^a
	T3	7,6b	2,6b	1,5b	0,08a	0,0b	1,8b	0,01b	38 ^a	4,3b	6,1ab	71b
	T4	7,4c	3,0a	0,8c	0,08a	0,0b	2,0b	0,02b	41 ^a	3,9c	5,8b	66c
	T5	5,6d	1,8c	0,3d	0,01b	0,1a	4,0a	0,03a	4b	2,1d	6,0b	35d
D3	T1	8,1a	2,7bc	2,9a	0,18a	0,0b	1,8bc	0,01c	117 ^a	5,7 ^a	7,5a	76 ^a
	T2	8,0b	2,7bc	1,8b	0,18a	0,0b	1,4b	0,02b	118 ^a	4,8b	6,2c	78 ^a
	T3	7,8c	2,9b	1,1c	0,15a	0,0b	1,6cd	0,02b	117 ^a	4,2c	5,8c	72b
	T4	7,5d	3,5a	1,2c	0,14b	0,0b	1,9b	0,02b	100b	4,9b	6,8b	72b
	T5	5,4e	2,5c	0,7d	0,02c	0,1a	4,6a	0,06a	14c	3,2d	7,9a	42c

Letras minúsculas diferentes entre tratamentos, na mesma dose, indicam diferença significativa a 10% pelo teste de Tukey. SB: soma de bases; CTC: capacidade de troca catiônica; V: Saturação por bases. T0: controle; T1: 100% cinza; T2: 75% cinza e 25% resíduo ruminal bovino (RRB); T3: 50% cinza e RRB; T4: 25% cinza e 75% RRB; T5: 100% RRB. D1: Dose 1 (4 g dos compostos); D2: Dose 2 (10 g dos compostos) e D3: Dose 3 (20 g dos compostos).

Dentro da menor dose (D1), T1 destacou-se com os maiores teores de Ca, K, P e V%; enquanto T2 apresentaram maiores teores de Mg, K, P, SB e V%. Já T3

foi quem apresentou maiores valores de pH. Na dose (D2), T2 prevalecem os maiores valores de pH, Mg, K, SB, CTC e V%, quando comparado aos demais tratamentos. E, para a D3, prevalecem melhores resultados para T1, com maiores valores de pH e Mg, além de K, P, SB, CTC e V%. Apenas em T4, para as doses D2 e D3, a disponibilidade de Ca foi maior quando comparado aos demais tratamentos, provavelmente em função da interação com o RRB.

Para todas as doses, os tratamentos com até 50% de cinza (T1 a T3), houve disponibilidade do K e P presentes na cinza, resultando em predominância nos teores desses elementos no solo. Arruda et al. (2016) fez uma compilação das características químicas de cinzas usadas por diferentes autores. Dessa forma, identifica valores de K variando de 4,5 a 17,5 g kg⁻¹; P de 1,1 a 3,5 g kg⁻¹; Ca de 18,4 a 391,0 g kg⁻¹ e Mg de 1,6 a 7,9 g kg⁻¹. Esses são os principais macronutrientes disponibilizados pelas cinzas, justificando assim os valores encontrados neste estudo para os tratamentos com maiores proporções de cinza.

Esses resultados corroboram com os obtidos por Guariz et al. (2009), que constatou que a incorporação das cinzas aumentou os níveis de pH e os teores de Ca, Mg, CTC, além de elevar a saturação por bases e reduzir os teores de Al. Arruda et al. (2016), também relatam que a aplicação de cinza elevou os teores de K trocáveis de próximo a zero para até 0,3 cmol_c dm⁻³, suficiente para considerar elevado o teor de K nesse solo. Neste estudo, para os tratamentos T1 e T2, na maior dose, os valores máximos ficaram próximos de 0,2 cmol_c kg⁻¹.

Os tratamentos T4 e T5, com predomínio de RRB, apenas os teores de Na foram maiores para as doses D2 e D3, em função da origem do material, uma vez que a dieta de bovinos inclui sal mineral. Também foram os tratamentos com menor valor de pH, maiores de H+Al e com presença de Al³⁺, uma vez que a presença da matéria orgânica favorece a liberação de íons H⁺, provenientes da deprotonação de radicais carboxílicos, na solução do solo, importante agente acidificante dos solos e que favorece o aumento dos teores de Al³⁺ trocáveis.

De acordo com Galvão et al. (2008), as dosagens seguidas de compostos proveniente do RRB, podem diminuir significativamente o valor do pH do solo. Com base nos estudos realizados por Silva et al. (2013), que realizou a caracterização de um RRB, identificou valor de pH de 6,1, além de pequenos teores de nutrientes, como Ca (5,5 g kg⁻¹), Mg (0,5 g kg⁻¹) e K (1,0 g kg⁻¹), que por sua vez justificam os resultados em T4 e T5 para esses elementos. Por outro lado, o autor relata 1,8 g kg⁻¹

de Na, que também explica a presença teores mais altos de Na em T5 na dose D2 e D3.

Não foi verificado efeito de interação entre as doses e tratamentos para as variáveis pH, Ca, CTC e V%, e, portanto, não foram determinadas as regressões com base na interação entre tratamentos e doses. Para o Mg, houve uma variação dos teores em função tanto da dose como dos tratamentos, resultando em T1 crescente em função da dose, mas em T2 e T3 com maiores teores na dose D2 (Figura 1). Já para os valores de SB, a tendência foi o aumento em função das doses crescentes (T1, T4 e T5).

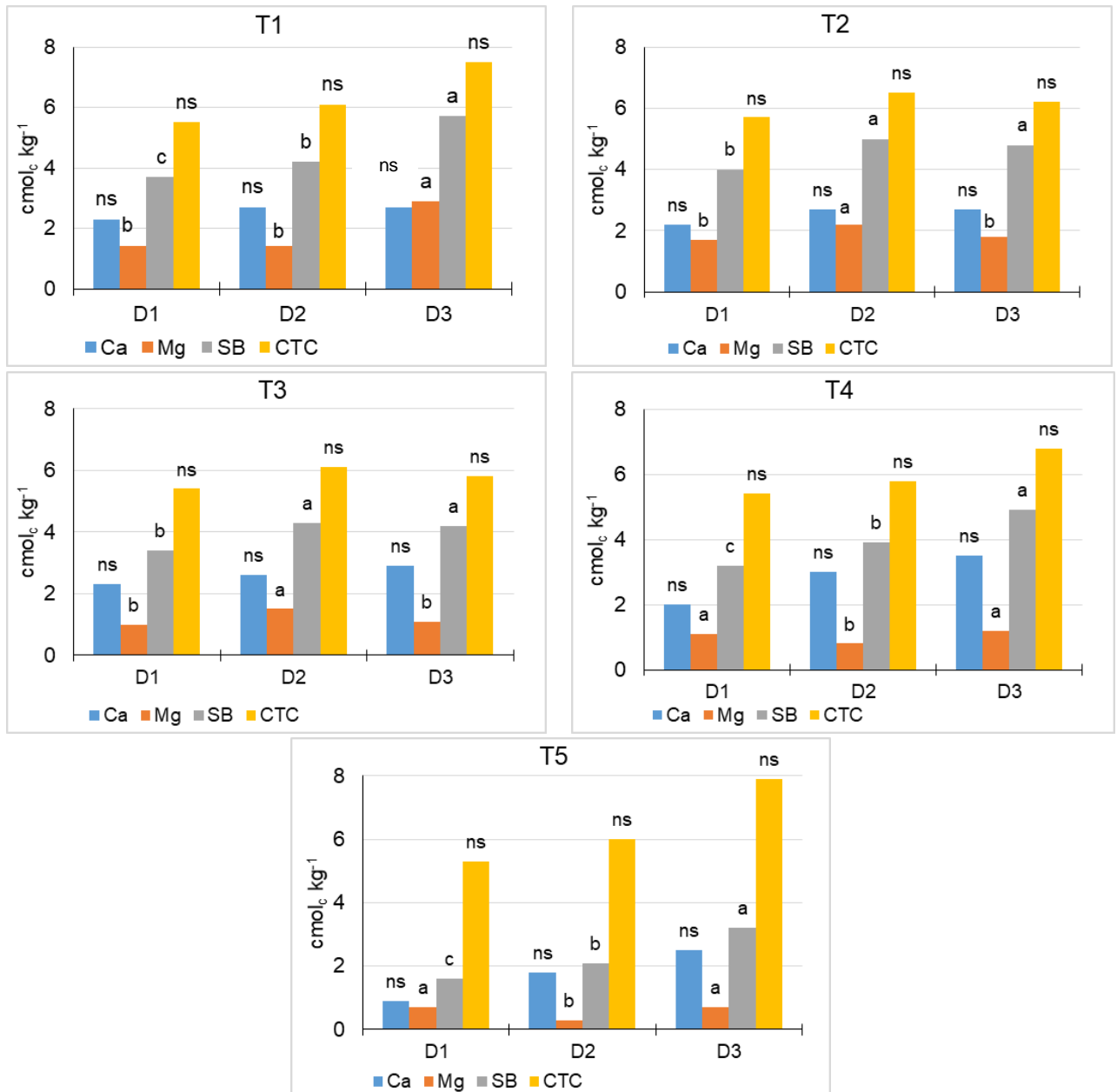


Figura 1. Teores de Ca, Mg e valores de soma de bases (SB) e capacidade de troca catiônica (CTC) de cada tratamento em função das doses. T0: controle; T1: 100% cinza; T2: 75% cinza e 25% resíduo ruminal bovino (RRB); T3: 50% cinza e RRB; T4: 25% cinza e 75% RRB; T5: 100% RRB. Letras diferentes entre doses indicam diferença significativa a 10% pelo teste de Tukey. NS: não significativo.

Para os teores de Na (Figura 2), o comportamento em função das doses, para os tratamentos T1 a T3, não apresentaram aumento em função das doses, uma vez que as cinzas não são principal fonte deste elemento, diferentemente do que foi observado em T4 e T5, onde a presença do RRB, em maior proporção, favoreceu o aumento da disponibilidade de Na com o aumento das doses aplicadas.

Os teores de K (Figura 2), para os tratamentos T1 a T4, apresentaram valores crescentes, com comportamento linear, em função do aumento das doses

aplicadas, evidenciando a importância das cinzas na disponibilidade deste nutriente e corroborando com outros estudos que também demonstram resultados semelhantes (MAEDA et al., 2008; BONFIM-SILVA et al., 2015; ARRUDA et al., 2016).

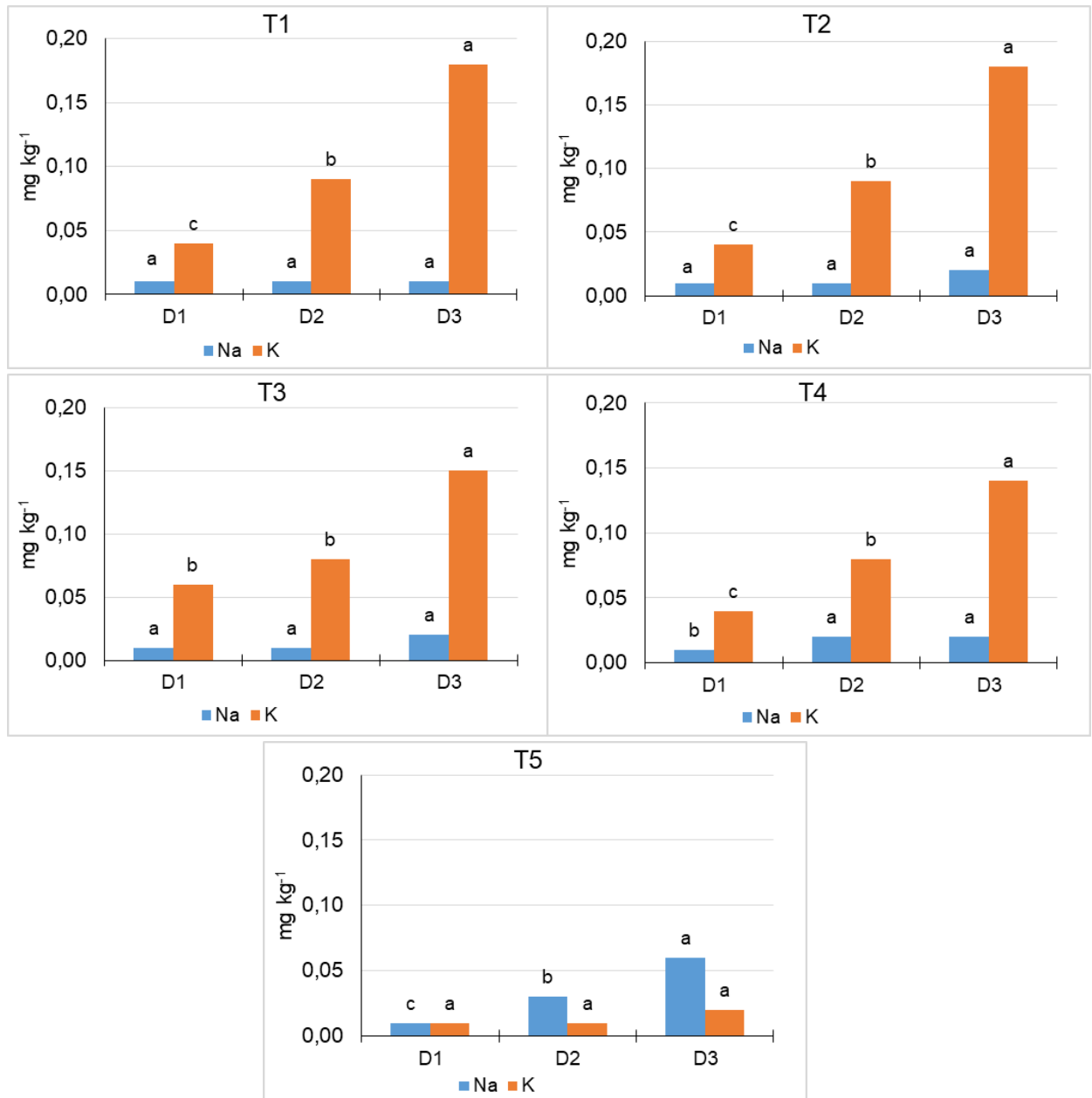


Figura 2. Teores de Na e K de cada tratamento em função das doses. T0: controle; T1: 100% cinza; T2: 75% cinza e 25% resíduo ruminal bovino (RRB); T3: 50% cinza e RRB; T4: 25% cinza e 75% RRB; T5: 100% RRB. Letras diferentes entre doses indicam diferença significativa a 10% pelo teste de Tukey.

Já para o P (Figura 3), o comportamento também foi linear, com incremento da disponibilidade com o aumento das doses aplicadas no solo. Em T1 a T4 os incrementos foram maiores quando comparado com o tratamento T5.

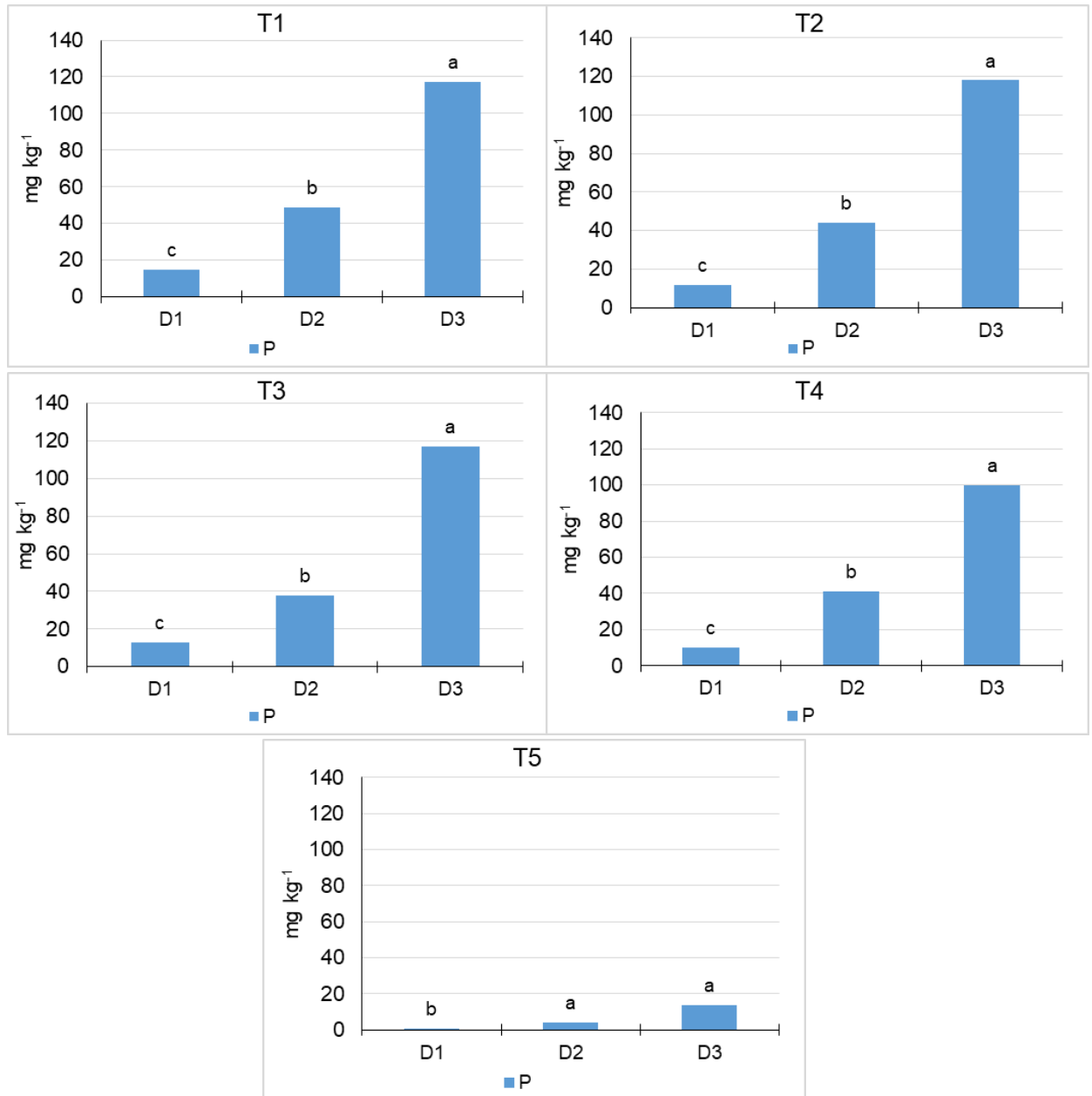


Figura 3. Teores fósforo (P) de cada tratamento em função das doses. T0: controle; T1: 100% cinza; T2: 75% cinza e 25% resíduo ruminal bovino (RRB); T3: 50% cinza e RRB; T4: 25% cinza e 75% RRB; T5: 100% RRB. Letras diferentes entre doses indicam diferença significativa a 10% pelo teste de Tukey realizado com auxílio do programa Sisvar.

Destaca-se que nos tratamentos avaliados o incremento dos teores de matéria orgânica pode ainda melhorar as propriedades físicas do solo, como agregação e retenção da umidade, que não foram o foco deste estudo.

Ademais, a quantidade de composto a ser aplicada no solo depende de fatores tais como, a composição e teor de matéria orgânica, classe textural e nível de fertilidade do solo, bem como das exigências nutricionais da cultura e das condições climáticas de cada região (SILVA et al., 2013). Ou seja, fatores que devem ser considerados no momento da escolha do tipo, da dosagem e frequência de aplicação.

5 CONCLUSÃO

Os tratamentos T1, T2 e T3 condicionaram ao solo resultados favoráveis, com incremento dos teores, principalmente, de potássio e fósforo.

Em comparação ao controle (T0), a menor dose, correspondente a aproximadamente 20 t ha⁻¹, já foi suficiente para promover incremento dos teores de potássio e fósforo no solo.

REFERÊNCIAS

- ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; PAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, 711-728, 2013.
- ARRUDA, J. A.; AZEVEDO, T.A.O.; FREIRE, J.L.O.; BANDEIRA, L. B.; ESTRELA, J. W. M.; SANTOS, S. J. A. Uso da cinza de biomassa na agricultura: efeitos sobre atributos do solo e resposta das culturas. *Revista Principia - Divulgação Científica e Tecnológica do IFPB*, n. 30, p. 18-30, set. 2016.
- BONFIM-SILVA, E. M.; CABRAL, C. E. A.; SILVA, T. J. A.; MOREIRA, J. C. F.; CARVALHO, J. C. S. Cinza vegetal: características produtivas e teor de clorofila do capim-marandu. *Bioscience Journal*, v. 29, n. 5, p. 1215-1225, 2013.
- BRAGA, J. M. Avaliação da fertilidade do solo (ensaios de campo). Viçosa, Imprensa Universitária: UFV, 1983. 101 p.
- CONCEIÇÃO, P.C.; AMADO, T.J.C.; MIELNICZUK, J.; SPAGNOLLO, E. Qualidade do solo em sistemas de manejo avaliada pela dinâmica da matéria orgânica e atributos relacionados. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.29, p.777-788, 2005.
- COSTA, E. M. da; SILVA, H. F.; RIBEIRO, P. R. A. Matéria orgânica do solo e o seu papel na manutenção e produtividade dos sistemas agrícolas. *Enciclopédia biosfera, Centro Científico Conhecer - Goiânia*, v.9, n.17; p. 2013.
- DONAGEMA, G.K.; CAMPOS, D.V.B de; CALDERANO, S.B.; TEIXEIRA, W.G.; VIANA, J.H.M. (Org.). *Manual de métodos de análise de solo*. 2.ed. rev. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230p. (Embrapa Solos. Documentos, 132)
- GALVÃO, S. R. S.; SALCEDO, I. H.; OLIVEIRA, F. F. Acumulação de nutrientes em solos arenosos adubados com esterco bovino. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.43, n.1, p. 99-105, 2008.
- GUARIZ, H. R.; PICOLI, M. H. S.; CAMPANHARO, W. A.; RODRIGUES, B. P. Uso de cinzas de fornos de cerâmica como fonte de nutrientes para aproveitamento na agricultura. In: *CONGRESSO BRASILEIRO DE RESÍDUOS ORGÂNICOS*, 1, 2009, Vitória. Anais... Vitória: Incaper, 2009. 1 CD-ROM.
- KHORRAMDEL, S.; KOOCHKEKI, A.; MAHALLATI, M.N.; KHORASANI, R.; GHORBANI, R. Evaluation of carbon sequestration potential in corn fields with different management systems. *Soil & Tillage Research*, v.133, p.25-31, 2013.

LAL, R. Soil Carbon Sequestration Impacts on Global. Science, v.304, p.1623, 2004.

LIMA, R. L. S. de; SEVERINO, L. S.; ALBUQUERQUE, R. C.; FERREIRA, G. B.; SAMPAIO, L. R.; BELTRÃO, N. E. M. Capacidade da cinza de madeira e do esterco bovino para neutralizar o alumínio trocável e promover o crescimento da mamoneira. Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas, Campina Grande, v.13, n.1, p.9-17, jan/abr. 2009.

LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G. Fertilidade do solo e produtividade agrícola. In: Fertilidade do solo. NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (Ed.). Viçosa: SBCS, 2007. 1017 p.

MACHADO, R. J. T. Uso de resíduo do rúmem bovino como fonte de nutrientes na agricultura – benefícios agrônômicos e conhecimento popular. Dissertação de mestrado. Cáceres/MT: UNEMAT, 2011. 123 f.

MAEDA, S.; SILVA, H. D.; CARDOSO, C. Resposta de *Pinus taeda* à aplicação de cinza de biomassa vegetal em Cambissolo Húmico, em vaso. Pesquisa Florestal Brasileira, n. 56, p. 43-52, jan.jun. 2008.

MALAVOLTA, E. Manual de química agrícola: Nutrição de plantas e fertilizantes do solo. São Paulo, Editora Agronômica Ceres, 1976. 528 p.

MOYIN-JESU, E. I. Use of plant residues for improving soil fertility, pod nutrients, root growth and pod weight of okra (*Abelmoschus esculentus* L.). Bioresources Technology, n. 98, v. 11, p. 2057-2064, 2007.

NASCIMENTO, J. T.; SILVA, I. F.; SANTIAGO R. D.; SILVA NETO, L. F. Efeito de leguminosas nas características químicas e matéria orgânica de um solo degradado. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.7, n.3, p.457-462, 2003.

PACHECO, J. W. F.; YAMANAKA, H. T. Guia Técnico Ambiental de abate (bovino e suíno). Série P+L. São Paulo: CETESB, 2008.

PAVINATO, P.S.; ROSOLEM, C.A. Disponibilidade de nutrientes no solo – decomposição e liberação de compostos orgânicos de resíduos vegetais. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.32, p.911-920, 2008.

RAIJ, B. VAN. Avaliação da fertilidade do solo. Piracicaba, Instituto de Potassa & Fosfato, Instituto Internacional da Potassa, 1981. 142 p.

RONQUIM, C. C. Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 8). Embrapa Monitoramento por Satélite: Campinas, SP, 2010, 30p.

ROSA, A. P. Avaliação da viabilidade técnica e ambiental do uso do conteúdo ruminal bovino como biocombustível. 2009. 90 f. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

SANT'ANNA, F. Compostagem. 2001. Disponível em: <http://www.ibam.org.br/publique/media/Boletim5rs.pdf>. Acesso em 05 de novembro de 2019.

MOREIRA, M. F.; SANTOS, P. R. Tratamento orgânico de resíduos de rúmen bovino. 2012. 61f. Trabalho de conclusão do curso (Graduação em Engenharia Ambiental) - Júlio de Mesquita Filho, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente – SP, 2012.

SILVA, A. N. Manejo de resíduos sólidos industriais: Frigorífico de Araguaína – TO. 2011. 57 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Administração a distância). Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de Brasília-UnB, Brasília.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n.6, p. 1039-1042, 2011.

SILVA, I. R; MENDONÇA, E. S. Matéria orgânica do solo. In: Fertilidade do solo. NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (Ed.). Viçosa: SBCS, 2007. 1017 p.

SALOMÃO, F. L.; FARIAS, S. D.; ESTURARO, L. M. C. Tratamento do resíduo ruminal bovino por processo de compostagem convencional. *Colloquium Exactarum*, v. 10, n.4 ,2018, p. 70 – 76.

TRAUTMANN, R. J. M. Uso de Resíduo do Rúmen bovino como fonte de nutrientes na agricultura – Benefícios agronômicos e conhecimento popular. 2011. 123 p. Dissertação (Pós-graduação em Ciências Ambientais) – Universidade Do Estado do Mato Grosso, Mato Grosso, 2011.

TEIXEIRA, R.F.F. Compostagem. In: HAMMES, V.S. (Org.) Educação ambiental para o desenvolvimento sustentável. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002, v.5, p.120-123.